

QATTIQ JISM URILISHI.

Reja.

1. Mexanik energiyani saqlanish qonuni.
2. Qattiq jism urilishi.
3. Absolyut noelastik urilish.
4. Absolyut elastik urilish.

Tayanch so'z va iboralar: kinetik, potensial, Konservativ, nokonservativ, energiya dissipatsiyasi, markaziy urilish, elastik, noelastik, tiklanish koeffitsiyenti, deformatsiya.

Mexanik energiyaning saqlanish qonuni. N ta jismda iborat tizim yopiq tizimni tashkil etayotgan bo'lsin. Tizimdagi jism masalarini m_1, m_2, \dots, m_n , har bir jismning fazodagi vaziyatini aniqlovchi radius-vektorlarni $\vec{r}_1, \vec{r}_2, \dots, \vec{r}_n$ va har bir i-jismga tizimdagi boshqa jismlarning ko'rsatayotgan ta'sir kuchlarini $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$ deb belgilaylik va bu kuchlar faqat konservativ kuchlardan iborat bo'lsin, i-jism uchun Nyutonning ikkinchi qonunini tadbiiq etilsa, quyidagi ifodaga ega bo'linadi:

$$m_i \frac{d\vec{g}_i}{dt} = \vec{F}_{i1} + \vec{F}_{i2} + \vec{F}_{i3} + \dots + \vec{F}_{in} \quad (1)$$

Kuzatilayotgan i-jism shu ta'sir etayotgan kuchlar tufayli dt vaqt ichida $d\vec{r}_i$ siljigan bo'lsin, (1) ning ikkala qismini $d\vec{r}_i$ ga skalyar ko'paytiramiz:

$$m_i \frac{d\vec{g}_i}{dt} d\vec{r}_i = (\vec{F}_{i1} + \vec{F}_{i2} + \vec{F}_{i3} + \dots + \vec{F}_{in}) d\vec{r}_i \quad (2)$$

bunda, $\frac{d\vec{r}_i}{dt} = \vec{g}_i$ ekanligini e'tiborga olib (2) formulani quyidagicha yozamiz:

$$m_i g_i d g_i - (\vec{F}_{i1} + \vec{F}_{i2} + \vec{F}_{i3} + \dots + \vec{F}_{in}) d\vec{r}_i = 0 \quad (3)$$

bunday formulalarni tizimdagi barcha jismlar uchun yozib, ularni mos ravishda qo'shib chiqsak:

$$\sum_{i=1}^N m_i g_i d g_i - \sum (\vec{F}_{i1} + \vec{F}_{i2} + \vec{F}_{i3} + \dots + \vec{F}_{in}) d\vec{r}_i = 0 \quad (4)$$

hosil bo'ladi. Bu formuladagi $m_i \vec{g}_i d\vec{g}_i$ i-jism kinetik energiyasining, $\sum_{i=1}^N m_i \vec{g}_i d\vec{g}_i$

esa, tizim kinetik energiyaning o'zgarishini ifodalaydi, ya'ni:

$$\sum_{i=1}^N m_i \vec{g}_i d\vec{g}_i = dE_k \quad (5)$$

(4) ifodadagi $(\vec{F}_{i1} + \vec{F}_{i2} + \dots + \vec{F}_{in}) d\vec{r}_i$ i- jismga ta'sir qilayotgan konservativ kuchlarning bajargan ishi bo'lib, bu kattalik ikkinchi tomondan jism potensial energiyasining o'zgarishiga teng.

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

$$-(\vec{F}_{i1} + F_{i2} \dots + \vec{F}_{in}) d\vec{r}_i = dE_p$$

natijada (4) ifodani quyidagicha yozish mumkin.

$$dE_k + dE_p = 0, d(E_k + E_p) = 0, E_k + E_p = \text{const} \quad (6)$$

Bunda, $E_k + E_p = 0$ - tizimning to`la mexanik energiyasi.

Demak, berk tizimda faqat konservativ kuchlar mavjud bo`lsa, tizimning to`la mexanik energiyasi o`zgarmas qiymatga ega bo`lib qoladi. Bu mexanik energiyaning saqlanish qonunidir.

Agar berk tizim konservativ kuchlardan tashqari nokonservativ kuchlar (misol uchun ishqalanish kuchlari) ham mavjud bo`lsa, tizimning to`la mexanik energiyasi vaqt o`tishi bilan kamayib boradi.

Nokonservativ kuchlarning bajargan ishi tufayli tizim mexanik energiyasining kamayishi energiyaning dissipatsiyasi (isrof bo`lishi) deyiladi.

Qattiq jism urilishi. Jismning boshqa bir jism bilan to`qnashishi natijasida xarakat holatini to`satdan o`zgarishi urilish deyiladi.

Urilish jarayonini 2 fazaga bo`lib qarash mumkin.

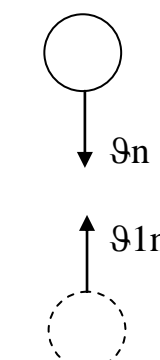
1. Urilgan jismlar deformatsiyalanib bir-biriga yaqinlasha borguncha.

2. Deformatsiyalangan jismlar bir-biridan ajralib ilgarigi holatiga qaytib kelguncha davom etadi.

Agar jismning urilishidan oldingi tezligi ϑ_n , urilishidan keyingi tezligi ϑ_n^1 bo`lsa, $\varepsilon = \vartheta_n^1 / \vartheta_n$ kattalik tiklanish koeffitsiyenti deb ataladi.

Absolyut noelastik urilish. Absolyut noelastik jismlar urilishi uchun tiklanish koeffitsiyenti nolga teng, ya`ni $\varepsilon = 0$.

Massalari m_1 va m_2 urilishga qadar tezliklari ϑ_1 va ϑ_2 urilishdan keyingi tezliklari esa ϑ_1^1 va ϑ_2^1 bo`lgan sharlar to`g`ri markaziy to`qnashganda impulsni saqlanish qonuniga asosan:



$$m_1 \vartheta_1 + m_2 \vartheta_2 = m_1 \vartheta_1^1 + m_2 \vartheta_2^1 \quad (1)$$

Har ikkala jism urilishdan so`ng, bir butun jismdek bir hil tezlik $\vartheta_1^1 = \vartheta_2^1 = u$ bilan xarakatlanadi, shuning uchun (1) dan urilishdan so`ng sharning tezligi:

$$u = \frac{m_1 \vartheta_1 + m_2 \vartheta_2}{m_1 + m_2} \quad (2)$$

elastik bo`lmagan jismlar urilishigacha kinetik energiya $E_k = \frac{m_1 \vartheta_1^2}{2} + \frac{m_2 \vartheta_2^2}{2}$

bo`lsa, urilishdan so`ng : $E_k = \frac{(m_1 + m_2)u^2}{2}$ ga teng bo`lib qoladi.

Demak, kinetik energiyaning sarflangan qismi yoki deformatsiya ishi

$$E = E_k - E_k^1 = \frac{m_1 \vartheta_1^2}{2} + \frac{m_2 \vartheta_2^2}{2} - \frac{(m_1 \vartheta_1 + m_2 \vartheta_2)^2}{2(m_1 + m_2)} = \frac{m_1 m_2}{2(m_1 + m_2)} \cdot (\vartheta_1 - \vartheta_2)^2 \quad (3)$$

Amalda urilish ikki hil maqsad uchun qo`laniladi.

1. Jism shaklini o`zgartirish (deformatsiyalash) maqsadida masalan, shtampovka qilish, jismni har xil shakl berish va xokazo. Formuladan ko`rinib

turibdiki, bu maqsad uchun qo'zg'almas jismning massasi m_1 , uruvchi jismning massasidan (m_2) dan kattaroq bo'lgani qulayroq.

2. Urilishdan so'ng jismlarni siljishi va shu orqali qarshiliklarini yengish maqsadida, masalan, qoziqni qo'ib yerga kiritish, mix qo'yish va xokazo.

Absolyut elastik jismlar urilishi. Bunday urilishda $\varepsilon=1$, Masalalar m_1 va m_2 tezliklari V_1 va V_2 bo'lgan absolyut elastik jismlar bir hil yo'nalishda ilgarilanma harakat qilayotgan bo'lsin. Energiyani saqlanish qonuniga asosan:

$$\frac{m_1 \mathcal{G}_1^2}{2} + W_{\Pi_1} + \frac{m_2 \mathcal{G}_2^2}{2} + W_{\Pi_2} = \frac{m_1 \mathcal{G}_1^{12}}{2} + W_{\Pi_1} + \frac{m_2 \mathcal{G}_2^{12}}{2} + W_{\Pi_2} \quad (5)$$

Sharlar gorizontall tekislikda harakatlangani uchun ularni potentsial energiyalari o'zgarmaydi.

$$W_{P1} + W_{P2} = W_{P1}^1 + W_{P2}^1 \quad (6)$$

U holda (5) dan

$$m \mathcal{G}_1^2 + m_2 \mathcal{G}_2^2 = m_1 \mathcal{G}_1^1 + m_2 \mathcal{G}_2^1 \quad (7)$$

Impulsni saqlanish qonuniga asosan:

$$m \mathcal{G}_1 + m_2 \mathcal{G}_2 = m_1 \mathcal{G}_1^1 + m_2 \mathcal{G}_2^1 \quad (8)$$

(7) va (8) dan

$$v_1^1 = \frac{v_1 (m_1 - m_2) + 2m_2 \mathcal{G}_2}{m_1 + m_2}$$

$$v_2^1 = \frac{v_2 (m_2 - m_1) + 2m_1 \mathcal{G}_1}{m_1 + m_2}$$

Ba'zi bir xususiy hollarini ko'raylik.

1. Ikkala jismning massalari bir-biriga teng ($m_1=m_2$). U holda

$$v_1^1 = v_2 \quad \text{va} \quad v_2^1 = v_1$$

ya'ni, sharlar urilishdan so'ng o'z tezliklarini ayirboshlaydilar.

2. $m_1 \gg m_2$ va $v_1=0$ bo'lsin.

U holda $v_2^1 = -v_1$ va $v_1^1 = 0$.

Demak, qo'zg'almay turgan katta jism tinch holatini saqlab qoladi, unga urilgan kichik jism avvalgi tezligi bilan sapchib orqaga qaytadi.

NAZORAT SAVOLLARI.

1. Mexanik energiyani saqlanish qonuni.
2. Energiya dissipatsiya.
3. Qattiq jismlarning absolyut elastik urilishi.
4. Qattiq jismlarning absolyut noelastik urilishlari.

ADABIYOTLAR

- | | |
|--------------------------|-----------------|
| 1. A-1. 67-99. | 5. A-5. 24-30. |
| 2. A-2. 109-112, 149-154 | 6. A-6. 24-26 |
| 3. A-3. 58-70 | 7. A-7. 133-164 |
| 4. A-4. 70-84 | 8. A-8. 34-39 |

6- MA'RUZA
AYLANMA HARAKAT DINAMIKASI.

Reja

1. Jismning aylanma harakati.
2. Kuch momenti.
3. Inersiya momenti.
4. Aylanma harakat dinamikasining asosiy qonuni.
5. Impuls momenti va uni saqlanish qonuni.

Tayanch soʻz va iboralar: aylanma harakat, qattiq jism, kuch yelkasi. Shteyner teoremasi, kuch momenti, impuls, inersiya momenti, burchakli tezlik, ogʻirlik kuchi, koriolis kuchi.

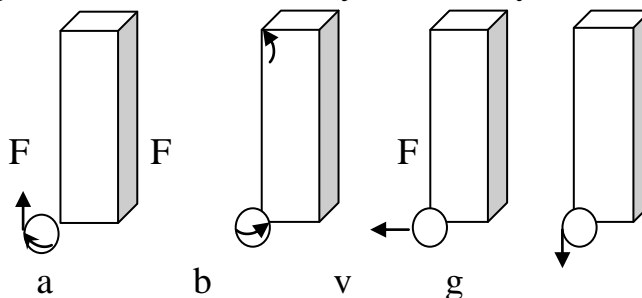
Jismni aylanma harakati. Aylanma harakat deb shunday harakatga aytiladiki, bunda jism barcha nuqtalarining traektoriyalari, markazi aylanish oʻqi deyiluvchi bitta chiziqda boʻlgan konsentrik aylanalardan iborat boʻladi. Qattiq jismni aylanma harakatga keltirish uchun unga biror kuch taʼsir etishi kerak. Lekin qattiq jism har qanaday yoʻnalishidagi kuch taʼsirida ham aylanavermaydi:

A) jism soat strelkasi boʻylab aylanadi.

B) soat strelkasiga qarshi yoʻnalishda jism aylanadi

V)

G) jism aylanmaydi.



Qattiq jismning aylanma harakatini dinamika nuqtai nazardan tekshirilganda kuch tushunchasi bilan bir qatorda kuch momenti tushunchasi, massa tushunchasi bilan bir qatorda inersiya momenti tushunchasi ham kiritiladi.

Kuch momenti. Aylanish oʻqiga ega boʻlgan biror jismga kuch taʼsir etganda uning qanday harakat qilishi faqat bu kuchning son qiymatiga bogʻliq boʻlmay, uning yoʻnalishi va qoʻyilishiga ham bogʻliq. Bularning hammasini birgalikda hisobga olish uchun kuch momenti kattaligi qabul qilingan.

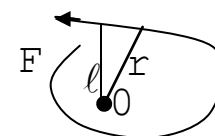
Kuchning ixtiyoriy qoʻzgʻalmas 0 nuqtaga nisbatan momenti (M) deganda 0 nuqtadan kuchning qoʻyilish nuqtasiga oʻtkazilgan radius vektor (r) va F kuchning vektor koʻpaytmasi tushuniladi, yaʼni

$$M = [\mathbf{r} \cdot \mathbf{F}]$$

M vektorining moduli $M = Fr \sin \alpha = F \ell$

Bunda $\ell = r \sin \alpha$ boʻlib u kuchning taʼsir chizigʻiga

0 nuqtadan oʻtkazilgan perpendikulyardir, buni F kuchning 0 nuqtaga nisbatan yelkasi deyiladi.



Inersiya momenti. Biror m massali nuqtaviy jismning aylanish oʻqiga nisbatan inersiya momenti deb uning massasini

aylanish radiusining kvadratiga ko'paytmasi bilan ifodalanuvchi kattalikka aytiladi. $I=mR^2$ qattiq jismning inersiya momenti uning qismlari inersiya momentlarining yig'indisiga teng.

$$I = \sum_{i=1}^n \Delta I_i = \sum \Delta m_i \cdot R_i^2$$

Jismning massalar markazidan o'tmaydigan ixtiyoriy o'qa nisbatan inersiya momenti I shu o'qa paralel bo'lgan va jismning massa markazi orqali o'tuvchi o'qa nisbatan inersiya momenti I_0 bilan jismning m massasining o'qlar orasidagi ℓ masofa kvadratiga ko'paytmasining yig'indisiga teng

$$I=I_0+m\ell^2$$

bu Gyuygens-Shteyner teoremasi.

Turli shakldagi jismlar inersiya momentlari.

1. Devori juda yupqa trubaning OO^1 semmetriya o'qiga nisbatan inersiya momenti (a) $I=mR^2$

2. Devori qalin trubaning OO^1 semmetriya o'qiga nisbatan inersiya momenti (b) $I=m(R_1^2 + R_2^2)/2$

3. Butun sharning massalar markazidan o'tuvchi o'qa nisbatan inersiya momenti $I=2mR^2$

4. Yupqa devorli ichi bo'shqa sharning massalari markazidan o'tuvchi o'qa nisbatan inersiya momenti $I = \frac{2}{3}mR^2$

5. ℓ uzunlikdagi ingichka sterjenning uzunligiga tik va massalar markazidan o'tuvchi OO^1 o'qa nisbatan inersiya momenti $I=ml^2/12$

6. ℓ uzunlikdagi ingichka sterjenning uzunligiga tik va uning bir uchidan o'tuvchi OO^1 o'qa nisbatan inersiya momenti $I=ml^2/3$

Aylanma harakat dinamikasining asosiy qonuni.

Massasi m bo'lgan nuqtaviy jism tangensial kuch F ta'sirida radiusi R bo'lgan aylana bo'ylab harakatlanayotgan bo'lsin. Nyutonning II-qonuniga asosan

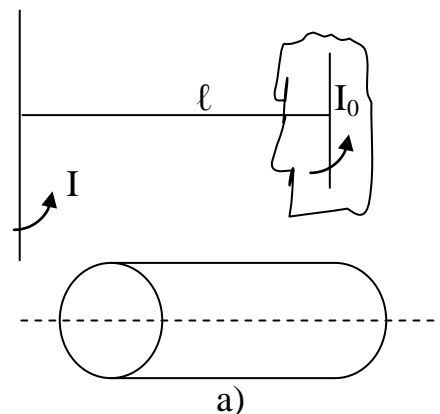
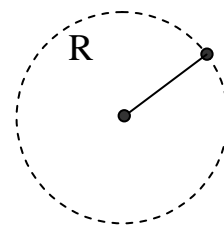
$$F=ma_t \quad (1)$$

Bunda $a_t = R$ bo'lgani uchun

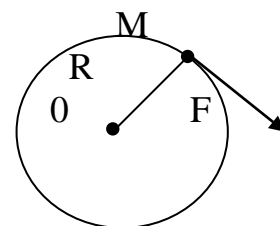
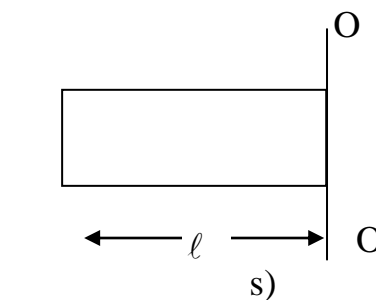
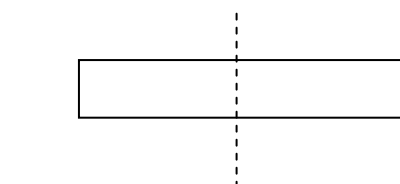
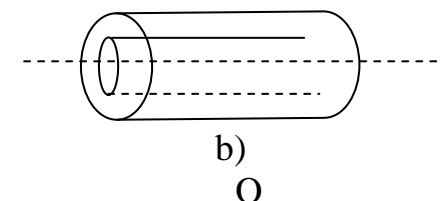
$$F=mr \quad (4)$$

Bu ifodani ikkala tamonini radius R ga ko'paytiramiz.

$$FR=mR^2$$



nisbatan inersiya momenti



Ma'lumki $M = I\varepsilon$ kuch momenti, $mR^2 = I$ inersiya momenti bo'lgani uchun

$$M = I\varepsilon$$

Bu aylanma harakat dinamikasining asosiy qonuni yoki aylanma harakat uchun Nyutonni II- qonuni deyiladi

Impuls momenti va uni saqlanish qonuni. qo'zg'almas o'q atrofida aylanma harakat qiladigan jism berilgan bo'lsin. Shu jismga F kuch qo'yilgan bo'lsa, kuch momenti $M = I\varepsilon$ $\varepsilon = \Delta\omega / \Delta t$ bo'lgani uchun $M = \frac{I\Delta\omega}{\Delta t}$ u holda

$$M\Delta t = I\Delta\omega = \Delta(I\omega)$$

$$M\Delta t = \Delta(L)$$

bunda $M\Delta t$ qattiq jismga ta'sir qilayotgan kuchlar momentining impulsi deyiladi. $L = I\omega$ qo'zg'almas o'q atrofida aylanayotgan qattiq jismning impuls momenti deyiladi.

$$M\Delta t = \Delta L \quad \text{yoki} \quad M dt = dL$$

bunda $M = \frac{dL}{dt}$ bo'lib, jismning aylanish o'qiga nisbatan impuls momentining hosilasi qo'sha o'qa nisbatan kuch momentiga teng. Ma'lumki biror o'q atrofida aylanayotgan qattiq jism uchun dinamikasining asosiy qonuni

$$M = \frac{dL}{dt}$$

bu yerda $L = I\omega$ agar tashqi kuchlar momenti M nolga teng bo'lsa u holda

$$\frac{dL}{dt} = 0, \quad L = \text{const}, \quad I\omega = \text{const} \quad (2)$$

ya'ni impuls momenti o'zgarmas bo'ladi (2) ga asosan berilgan tizimning inersiya momenti necha marta ortsa burchak tezligi ham shuncha kamayadi yoki aksincha. Bu impuls momentining saqlanish qonuni deyiladi.

Nazorat savollari

1. Aylanma harakat va uni harakterlovchi kattaliklar.
2. Kuch momenti, nima va nimalarga bog'liq
3. Inersiya momenti, u nimalarga bog'liq.
4. Aylanma harakat dinamikasining asosiy qonuni
5. Impuls momenti
6. Impuls momentini saqlanish qonuni.

ADABIYOTLAR

- | | |
|-------------------------|----------------------|
| 1. A-1. 46-58, 100-142. | 5. A-5. 31-40, 46-50 |
| 2. A-2. 56-67, 78-84. | 6. A-6. 27-32. |
| 3. A-3. 75-92 | 7. A-7. 165-203 |
| 4. A-4. 85-129 | 8. A-9. 40-54 |