

5-MAVZU. MEHANIKADA ENERGIYANING SAQLANISH QONUNI

1.Mexanik ish.

2.Mexanik tismning kinetik energiyasi

3.Potensial energiyaning ish va kuch bilan bogliqligi

4.Mexanikada energiyaning saqlanish qonuni

1. Mexanik ish

Real sharoitda jismlarning kochishlari kuchlarning tasiri o'ctidagina sodir boladi. Mexanikada bundai jarayonning asosiy harakteristikasi bolib ish tushunchasi hisoblanadi. Ish faqat son qiymat bilangina harakterlanadi, bu esa u skalyar kattalikligini korsatadi.

Energiya – barcha turdagi moddalarning harakati va o‘zaro ta’sirining universal miqdoriy o‘lchovidir.

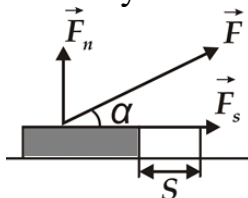
Modda harakatining shakliga qarab, energiyaning har xil turlariga: mexanik energiya, issiqlik energiyasi, elektromagnit energiya, quyosh energiyasi va h.k.ga ega bo‘lamiz.

Ayrim hodisalarda moddaning harakat shakli o‘zgarmaydi, (masalan, qizigan jism sovuq jismni isitadi) boshqa hodisalarda harakat boshqa shaklga o‘tadi. Ammo barcha hollarda boshqa jismga uzatilgan energiya, ikkinchi jism olgan energiyaga teng bo‘ladi. Jism mexanik harakatining o‘zgarishi unga boshqa jismlar tomonidan ta’sir etgan kuchlar hisobiga bo‘ladi. Shu sababli, o‘zaro ta’sirlashayotgan jismlar orasidagi energiya almashuvi miqdorini baholash uchun, kuzatilayotgan jismga qo‘yilgan kuchning bajargan ishi ko‘rib chiqiladi.

Agar, jism to‘g‘ri chiziqli harakat qilayotgan bo‘lsa va unga ko‘chish yo‘nalishi bilan α burchak hosil qilgan doimiy \vec{F} kuch ta’sir etsa, shu kuchning bajargan ishi kuchning harakat yo‘nalishiga proyeksiyasining kuch qo‘yilgan nuqtaning siljishiga ko‘paytmasiga tengdir

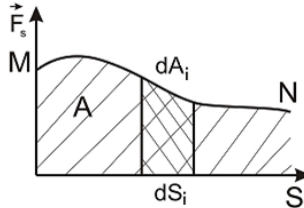
$$A = F_s \cdot S = F \cdot S \cdot \cos \alpha \quad (5.1)$$

Umumiy hollarda, kuch moduli va yo‘nalishi bo‘yicha o‘zgarib turadi.



5.1 - rasm. F kuch ta'sirida to'g'ri chiziqli harakat qilayotgan jismning ko'chishi

O'zgaruvchan kuch bajargan ishni aniqlash uchun, bosib o'tilgan yo'lni shunday kichik bo'lakchalarga bo'lamizki, ularning har birini to'g'ri chiziqdan iborat va ulardagi ta'sir kuchini o'zgarmas, deb hisoblaymiz (5.1-rasm).



5.2 - rasm. O'zgaruvchi tashqi kuch ta'sirida jismning ko'chishda bajargan ishi

U holda elementar ish

$$dA_i = F_{Si} dS_i = F_i dS_i \cos \alpha_i \quad (5.2)$$

o'zgaruvchan kuchning MN ko'chishida bajargan ishi esa,

$$A = \int_M^N F_S dS_i = \int_M^N F_i dS_i \cos \alpha_i \quad (5.3)$$

ga teng bo'ladi. Bu integralni hisoblash uchun F_s kuchning S trayektoriya bilan bog'liqligini bilish zarur. Bu kuchning bajargan ishi S trayektoriya ostidagi maydon yuziga tengdir.

Agar jism to'g'ri chizikli harakat qilsa, ta'sir etuvchi kuch va α - burchak o'zgarmas bo'ladi.

Shu sababli

$$A = F \cos \alpha \int_M^N dS = F \cdot S \cos \alpha \quad (5.4)$$

ga ega bo'lamiz. Bu yerda S – jismning bosib o'tgan yo'li. (4) – ifodadan:

$\alpha < \frac{\pi}{2}$ bo'lganda, kuchning bajargan ishi musbat;

$\alpha > \frac{\pi}{2}$ bo'lganda, kuchning bajargan ishi manfiy;

$\alpha = \frac{\pi}{2}$ bo'lganda, kuchning bajargan mexanik ishi nolga teng bo'ladi.

Ish birligi – 1 jouldan iborat:

$$1J = 1N \cdot m$$

Bajarilayotgan ishning jadalligini tavsiflash uchun quvvat tushunchasidan foydalaniladi. N – quvvat deb, ΔA bajarilgan ishning, shu ishni bajarish uchun ketgan Δt vaqtga nisbatiga teng fizikaviy kattalikka aytiladi.

$$N = \frac{\Delta A}{\Delta t} \quad (5.5)$$

Agarda jism \vec{F} kuch ta'sirida \vec{v} o'zgarmas tezlik bilan harakatlansa, quvvat quyidagicha ifodalanadi:

$$N = \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{F_s \cdot \Delta S}{\Delta t} = F_s \cdot v \quad (5.6)$$

va kuchning harakat yo'nalishiga proyeksiyasi F_s ni jismning tezligiga ko'paytmasiga teng bo'ladi.

Quvvat o'zgaruvchan bo'lganda oniy quvvat tushunchasidan foydalaniladi

$$N_{on} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{dA}{dt} \quad (5.7)$$

Agarda oniy quvvat o'zgaruvchan bo'lib Δt vaqt noldan sezilarli farq qilsa, u holda o'rtacha quvvat tushunchasi o'rinli bo'ladi.

Quvvat birligi – W bilan o'lchanadi $1W = \frac{1J}{s}$

Ish va quvvat kattaliklarining amaliy ahamiyati juda katta bolganligi uchn ularni olchashda juda kop hil birliklar tarixan vujudga kelgan. Masalan, 1 dina kuchning 1sm yolda bajaradigan ichi 1 *erg* boladi.

erg dan katta qiymatga bolgan va juda keng qollaniladigan ishning birligi Joule (j) xisoblanadi. 1j 1N kuchning 1m masofada bajargan ishi xisoblanadi. Quvvatning xosirgi vaqtda keng qollaniladigan birligi kilovatt-soat xisoblanadi. 1 kilovatt-soat=3,6.10⁶ Joule ga teng.

2.Mexanik tisingning kinetik energiyasi

Kinetik energiya jism mexanikaviy harakatining o'lchovidir va buharakatni vujudga keltirish uchun bajarilgan ish bilan baholanadi.

Agar \vec{F} kuch tinch turgan jismga ta'sir etib, u jismga \vec{v} harakat tezligini bersa, u holda, dA ish bajarib, jismning harakat energiyasini shu bajarilgan ish miqdoriga oshiradi. Shunday qilib, bu bajarilgan ish jismning kinetik energiyasining ortishiga olib keladi.

$$dA = dW_k \quad (5.8)$$

Nyuton II qonunining skalyar ko‘rinishidan foydalansak

$$F = m \frac{dv}{dt} \quad (5.9)$$

bajarilgan ishni quyidagicha ifodalashimiz mumkin:

$$dA = F \cdot dS = m \frac{dv}{dt} \cdot dS \quad (5.10)$$

$v = \frac{dS}{dt}$ bo‘lgani uchun

$$dA = mdv \cdot \frac{dS}{dt} = mv \cdot dv = dW_k \quad (5.11)$$

To‘la kinetik energiya ifodasi esa,

$$W_k = \int_0^v mv \cdot dv = m \cdot \int_0^v v \cdot dv = \frac{mv^2}{2} \quad (5.12)$$

ga teng bo‘ladi.

Shunday qilib, v – tezlik bilan harakatlanayotgan m – massali jismning kinetik energiyasi

$$W_k = \frac{mv^2}{2} \quad (5.13)$$

Mustahkam o‘q atrofida aylanayotgan qattiq jismning kinetik energiyasi

$$E_k = \frac{mv_c^2}{2} + \frac{1}{2} \sum_i m_i v_i^2 = \sum_i \frac{m_i (R_i \omega)^2}{2} = \underbrace{\sum_i m_i R_i^2}_I \cdot \frac{\omega^2}{2} = \frac{I \omega^2}{2}. \quad (5.14)$$

Qattiq jismning, uning massa markazi fikslangan tekislikda ko‘chadigandagi harakati, uning massa markazidan o‘tadigan jismning aylanish o‘qi ushbu tekislikka perpendikulyarligicha qolsa, yassi harakat deb ataladi. Bunda yassi harakatni amalga oshiradigan harakat deb ataladi. Yassi harakatni amalga oshiradigan jismning kinetik energiyasi:

$$dE_k = dA = \underbrace{M}_{M} d\varphi = I \beta d\varphi = I \frac{d\omega}{dt} d\varphi = I d\omega \frac{d\varphi}{dt} = I \omega d\omega$$

$$E_k = \int_0^\omega I \omega d\omega = \frac{I \omega^2}{2} \quad (5.15)$$

ga teng ekan. Kinetik energiya m – massaga bog‘liq bo‘lishi bilan birga harakat tezligining funksiyasi hamdir.

3. Potensial energiya va uning ish va kuch bilan bogliqligi

Potensial energiya – umumiy mexanik energiyaning bir qismi bo‘lib, jismlarning bir-biriga nisbatan qanday holatda turishi va ular orasidagi ta’sir kuchlarining xarakteriga bog‘liqdir.

Agarda jismlarning o‘zaro ta’siri kuch maydonlari orqali bajarilsa (masalan, elastik kuch maydoni, gravitatsiya kuchi maydoni, elektr ta’sir kuchi maydoni) bu holda jismni ko‘chishida bajarilgan ish, bir nuqta bilan ikkincha nuqta orasidagi trayektoriyaga bog‘liq bo‘lmay, jismning boshlang‘ich va oxirgi holatiga bog‘liqdir. Bunday ish bajaradigan maydonlar *potensial maydonlar* deb ataladi va ularda ta’sir qiluvchi kuchlar *konservativ kuchlar* deb ataladi.

Agarda kuch bajargan ish harakat trayektoriyasiga bog‘liq bo‘lsa, bunday kuchlar dissipativ kuchlar deb ataladi.

Kuchning potensial maydonida turgan jism W_n – potensial energiyaga ega bo‘ladi. Odatda, jismning ma’lum bir holatdagi potensial energiyasini nol deb hisoblab, uni hisob boshi deb, belgilashadi. Boshqa holatdagi energiya hisob boshidagi holatga nisbatan aniqlanadi. Shuning uchun ayrim vaqtlarda potensial energiyalar farqi degan tushunchadan foydalaniladi. Jismga qo‘yilgan konservativ kuchlar bajargan ish, shu jism potensial energiyasining o‘zgarishiga tengdir.

$$dA = -dW_n \quad (5.16)$$

Bunda potensial energiya sarf bo‘lishi natijasida ish bajarilgani uchun minus ishora paydo bo‘ldi. Bajirilgan ish $dA = Fdr$ bo‘lgani uchun

$$Fdr = -dW_n \quad (5.17)$$

Agarda $W_n(r)$ – funksiya aniq bo‘lsa, kuchning moduli va yo‘nalishini aniqlash mumkin.

$W_n(r)$ funksiyaning aniq ko‘rinishi kuch maydonining xarakteri bilan aniqlanadi. Masalan, Yer sirtidan h balandlikka ko‘tarilgan jismning potensial energiyasi

$$W_n = \int dW_n = \int_0^h Pdh = mgh \quad (5.18)$$

ga tengdir. Bu yerda potensial energiya h balandlikdan tushayotgan m massali jismning bajargan ishiga tengdir.

Tizimning to‘liq energiyasi, doimo mexanik harakat va o‘zaro ta’sir energiyalarning yig‘indisidan iboratdir:

$$W = W_k + W_n \quad (5.19)$$

4. Mexanikada energiyanning saqlanish qonuni

Energiyaning saqlanish qonuni – ko‘pgina tajribaviy ma’lumotlarning umumlashgan natijasidir. Bu qonunni miqdor jihatdan nemis vrachi Yu.Mayer va nemis tabiatshunosi G.Gelmgolslar ifodalab berishgan.

Massalari m_1, m_2, \dots, m_n va v_1, v_2, \dots, v_n tezlik bilan harakatlanayotgan moddiy nuqtalardan iborat bo‘lgan yopiq tizimni olaylik. Har bir moddiy nuqtaga f_1, f_2, \dots, f_n teng ta’sir etuvchi ichki konservativ kuchlar va $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$ teng ta’sir etuvchi tashqi kuchlar ta’sir etayotgan bo‘lsin. $v \ll c$ bo‘lganda, moddiy nuqtalar massalari o‘zgarmaganligi sababli, ularga Nyutonning II qonunini tatbiq etish mumkin

$$\begin{aligned} m_1 \frac{d\vec{v}_1}{dt} &= \vec{f}_1 + \vec{F}_1 \\ m_2 \frac{d\vec{v}_2}{dt} &= \vec{f}_2 + \vec{F}_2 \\ &\dots\dots\dots \\ m_n \frac{d\vec{v}_n}{dt} &= \vec{f}_n + \vec{F}_n \end{aligned}$$

Barcha nuqtalar qandaydir dt vaqt oralig‘ida dx_1, dx_2, \dots, dx_n masofalarga ko‘chgan bo‘lsin. Shu ko‘chishlarni tezlik orqali, skalyar ko‘rinishda ifodalasak, quyidagilarga ega bo‘lamiz

$$\begin{aligned} m_1(v_1 dv_1) - (f_1 + F_1) dx_1 &= 0 \\ m_2(v_2 dv_2) - (f_2 + F_2) dx_2 &= 0 \\ &\dots\dots\dots \\ m_n(v_n dv_n) - (f_n + F_n) dx_n &= 0 \end{aligned}$$

Yopiq tizim uchun, uning moddiy nuqtalariga ta’sir etuvchi tashqi kuchlar yig‘indisi nolga tengdir:

$$F_1 + F_2 + \dots + F_n = 0 \quad .$$

Shu sababli yuqoridagi tenglamalarni jamlasak, quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$\sum_{i=1}^n m_i v_i dv_i - \sum_{i=1}^n f_i \cdot dx_i = 0$$

Bu yerda

$$\sum_{i=1}^n m_i v_i dv_i = \sum_{i=1}^n d\left(m_i \frac{v_i^2}{2}\right) = dW_k \quad (5.20)$$

dW_k – tizim kinetik energiyasining cheksiz kichkina o‘zgarishidir, $-\sum_{i=1}^n f_i \cdot dx_i = 0$ Yopiq tizim ichida moddiy nuqtalarning ichki konservativ kuchlarga qarshi bajargan ishidir va u tizim potensial energiyasining o‘zgarishiga tengdir:

$$dA = -dW_n$$

Butun yopiq tizim uchun

$$dW_k + dW_n = 0 \quad (5.21)$$

ga teng. Demak, yopiq tizimning to‘liq mexanik energiyasi

$$W_k + W_n = W = const \quad (5.22)$$

ga ega bo‘lamiz. (21) ifoda mexanik energiyaning saqlanish qonunidir.

Jismlarning yopiq tizimida faqat konservativ kuchlar ta’sir etsa, mexanik energiya saqlanib qoladi yoki vaqt bo‘yicha o‘zgaras bo‘ladi.

Nazorat test savollari

1. Nuqta togri chisiq boylab $x=3+6t^2-t^3$ ga muvofiq harakatlanmoqda. Qanday daqiqada uning tezlanishi nolga teng boladi (t, c)?

A 1 B* 2 C 3 D 4

2. Moddiy nuqta tezligi $at + bt^2$ qonun boyicha ozgaragi (a va b doimiy sonlar). Uning massasi m. Jismga tasir qiluvchi kuchni aniqlang.

A* $F=m(a+2bt)$ B $F=m(at+2bt)$ C $F=mb/2$ D mb

3. v tezlik bilan harakatlanayotgan m massali plastilinli sharcha tinch turgan $2m$ massali plastilinli sharchaga uriladi. Urillgandan so‘ng sharchalar yopishgan holda birgalikda harakatlanadilar. Ularning harakat tezligi qanday boladi?

A* $v/3$ B $2v/3$ C) $v/2$ D Javob berish

uchun ma’lumot etarli emas

4. Keltirilgan holatlarning qaysi birida jismni kochirishda bajarilgan ishni $A=F\cos\alpha$ ifoda orqali aniqlash mumkin?

A $F=const$ $\alpha = f(S)$ B $F=f(t)$ $\alpha=const$
 C* $F=const$ $\alpha=f(t)$ D $F=const$ $\alpha = const$

5. Massasi 12kg bolgan jismga 2 s davomida 6 m/s teslik bera olgan kuch nyutonlarda qancha son qiymatida boladi?

- A* 36 B 18 C 108 D 6
6. Erkin tushayotgan jismning 2 s da tezligining ozgarishi «m/s»larda qanday qiymatga ega boladi?
A* 20 B 12 C 15 D 24
7. Jism 10 m balandlikdan erkin tushmoqda. Jismning potensiyal va kinetik energiyalari osaro teng bolgan nuqtadagi tezligi nimaga teng?
A 20 B* 15 C 10 D 5
8. Jism yuqoriga 40 m/s tezlik bilan vertical otildi. Qancha vaqtdan keyin unihg tezligi 2 marta kamayadi?
A* 2 B 1,5 C 1 D 0,5
- 9 Jism tortishish maydonida yopiq trayektoriya chizadi. Tortishish maydonida natijaviy A ish uchun qaysi ifoda o‘rinli?
A* A=0 B A<0 C A>0. D A>>0
- 10 Poyezd g‘ildiraklarining ishqalanish kuchi $F(x) = 0.2x$ qonun bo‘yicha o‘zgaradi. Ishqalanish kuchining ishi 1km yo‘lda ... ga teng.
A* 100kJ B 10kJ C 200J D 200kJ

Foydalanish mumkin bolgan adabiyotlar

- 1 Frish S.E, Timoreva A.B. Umumiy fizika kursi. tom 1. Oqituvchi nashriyoti.1965.
- 2 Savelev I.B. Umumiy fisika kursi. Mehanika.T. Oqituvchi nashriyoti. Tom1.1973.
- 3 Abdurahmahov K.P., Hamidov V.S., Ahmedova N.A. Fizika. Aloqachi. 2018
- 4 www.fizika.uz