

3-Ma'ruza.

Mexanikada saqlanish qonunlari.

1. Mexanik ish;
2. Quvvat;
3. Kinetik energiya;
4. Yerning tortishish maydoni;
5. Moddiy nuqtani gravitatsiya maydonida ko'chirishda bajarilgan ish;
6. Mexanik energiyaning saqlanish qonuni;
7. Absolyut elastik va noelastik urilishlar.

Tayanch iboralar: Mexanik ish; Quvvat; Kinetik energiY. Yerning tortishish maydoni. Potensial. Potensial energiY. Mexanik energiyaning saqlanishi. Elastik va noelastik to'qnashishlar.

Adabiyotlar: [1;2;3;4.]

3.1. Mexanik ish

Mexanik ish ko'chish bilan bog'liq bo'lib u o'zgarmas kuch yoki og'irlik kuchi ta'sirida bajarilishi mumkin. Ish bir jismdan boshqa jismga harakatni uzatish yoki energiyaning bir jismdan boshqa jismga o'tishning miqdoriy ifodasidir. Jismlar sistemasi muayyan energiyaga egadirlar. Barcha jarayonlar va hodisalarda energiya bir jismdan ikkinchi jismga yoki jismning bir qismidan boshqa qismiga o'tadi. Fizika kursini o'rganishda harakatni asosiy omil deb qaraymiz. Jism harakatining shakllari mexanikaviy, issiqlik, elektromagnit va boshqa turlarga bo'linishi mumkin. Energiya – barcha shakllarda namoyon bo'luvchi materiya harakatining yagona miqdoriy o'lchovidir.

O'zgarmas kuchning bajargan ishi. Kuchning bosib o'tilgan yo'l davomida ta'siri energiyaning mexanikaviy ishga aylanishini ifodalaydi. Mexanik ish bajarilishi uchun birinchidan jisimga ta'sir qilish va ikkinchidan jism ko'chishi shart.

Mexanik ish bajarilish jarayonida materiya harakatining bir ko'rinishi ikkinchi ko'rinishga o'tadi.

Mexanik ish skalyar kattalik bo'lib, kuch bilan kuch ta'siri yo'nalishida jism bosib o'tgan yo'lning ko'paytmasiga teng, ya'ni:

$$A = FS \quad (3.1)$$

bunda A- bajarilgan ish, F– jismga ta'sir qiluvchi o'zgarmas kuch, S-ko'chish.

Agar ta'sir qiluvchi kuch ko'chish yo'nalishi bilan α burchak tashkil qilsa bu kuchning bajargan ishi quyidagicha bo'ladi:

$$A = FScos\alpha \quad (3.2)$$

O'zgarmas kuchning bajargan ishi kuchni jism bosib o'tgan yo'lga va kuch bilan harakat yo'nalishi orosidagi burchak kosinusi ko'paytmasiga teng.

(3.2) formuladagi α burchakning qiymatiga qarab bajarilgan ishning xususiy hollari har xil bo'ladi. Shu xollarni qarab chiqaylik:

1. Agar $\alpha = 0$ bo'lsa, $cos\alpha = 1$ bo'ladi va o'zgarmas kuchning bajargan ishi maksimal bo'ladi, ya'ni:

$$A_{\text{maks}} = FS \quad (3.3)$$

2. Agar $\alpha < \pi/2$ bo'lsa, $\cos\alpha > 0$ va bajarilgan ish musbat bo'ladi.

3. Agar $\alpha = \pi/2$ bo'lsa, $\cos\alpha = 0$ bo'lib, o'zgarmas kuchning bajarilgan ishi nol bo'ladi. Masalan jismning aylana bo'lib harakatida, jism bog'langan ipning taranglik kuchi (markazga intilma kuch) ish bajarilmaydi.

4. Agar $\alpha = \pi$ bo'lsa, $\cos\alpha = -1$ bo'lib, kuch siljishga qarama - qarshi yo'nalgan bo'ladi va kuchning bajarilgan ishi manfiy bo'ladi.

Og'irlik kuchining bajarilgan ishi. Yer sirtida yaqin balandliklarda jismga Yer tomonidan $P = mg$ og'irlik kuchi ta'sir etadi va ratijada mexanikaviy ish bajariladi. Yer sirtidan biror Δh balandlikda jismning vertikal sath boylab ko'chishida bajarilgan ishi quyidagicha ifodalanadi:

$$A = P\Delta h = mgh = mg(h_1 - h_2) \quad (3.4)$$

Bu yerda P - jismning og'irligi, m - uning massasi, g - erkin tushish tezlanishi, Δh - vertikal boylab, h_1 va h_2 satxlar orasidagi masofa.

Og'irlik kuchining bajarilgan ishi yo'lining shakliga bog'liq bo'lmasdan, faqat tushish balandligiga bog'liqdir. Shuning uchun ham og'irlik kuchi konservativ kuch bo'lib hisoblanadi.

Jism pastga harakatlenganda og'irlik kuchining bajarilgan ishi musbat yuqoriga harakatlenganda esa manfiy bo'ladi. Shuning uchun ham og'irlik kuchi ta'sirida jism ko'chib yana boshlang'ich vaziyatiga qaytgan holatdagi ish nolga teng bo'ladi.

Quvvat

Amalda faqat bajarilgan ishining o'zigina emas, shu bilan birga bu ish qancha vaqtda bajarilganligi katta ahamiyatga ega. Shuning uchun turli mashinalarning ish unumdorligi dvigatelning ish bajarish sur'atidan iborat bo'lgan quvvat deb ataluvchi fizik kattalik bilan harakterlanadi.

Mexanik quvvat deb, vaqt birligi ichida bajarilgan ishga miqdor jixatdan teng bo'lgan fizik kattalikka aytiladi, ya'ni:

$$N = \frac{A}{t} \quad (3.5)$$

Bu yerda A – bajarilgan ish, t – shu ishni bajarish uchun ketgan vaqt. Quvvatning o'lchov birligi $\text{Vatt} = \text{J/s}$ bo'ladi. $1 \text{ kilovatt} = 1000 \text{ vatt}$.

Agar jismning tekis siljishida haraktlantiruvchi kuch ish bajarayotgan bo'lsa, quvvatni harakat tezligi orqali ifodalash mumkin, ya'ni:

$$N = \frac{A}{t} = \frac{FS}{t} = Fg \quad (3.6)$$

Bu yerda F - haraktlantiruvchi kuch, g – tekis harakat tezligi.

Tekis harakatda quvvat haraktlantiruvchi kuch bilan harakat tezligi ko'paytmasiga teng.

Agar harakat o'zgaruvchan bo'lsa quvvat ham vaqt o'tishi bilan o'zgarib turadi. Shuning uchun o'zgaruvchan harakatda quvvat o'rtacha qiymati bilan harakterlanadi.

$$N_{ypr} = F g_{ypr} \quad (3.7)$$

Bajarilgan ishning yoki quvvatning samaradorligini baholash uchun foydali ish koeffitsienti tushinchasini kiritamiz. Va uni η harfi bilan belgilaymiz.

$$\eta = \frac{A_{\phi}}{A} \quad (3.8)$$

Demak foydali ish koeffitsienti bu sarflangan umumiy (A) ishning qancha qismini foydali (A_f) ish qilishini bildirar ekan.

Foydali ish koeffitsientini quvvat orqali ham ifodalash mumkin. Unda formula quyidagi ko'rinishni oladi:

$$\eta = \frac{N_{\phi}}{N} \quad (3.9)$$

Kinetik energiya

Kinetik energiya deb, jismning mexanik harakat energiyasi tushiniladi.

Harakatlanayotgan har qanday jism kinetik energiyaga ega bo'lib, uning energiyasi tezlikka bog'liqdir. Tekis haraktlanayotgan jismning tezligi o'zgarmaganligi uchun kinetik energiyasi ham o'zgarmaydi.

Kuch ta'sirda jism kinetik energiyasining o'zgarishi, shu kuchning bajargan ishiga teng:

$$W_{kin} = A = Fds = F \frac{d g}{dt} = \frac{m g^2}{2} \quad (3.10)$$

Ko'rinib turibdiki, jismning harakat energiyasi jismning tezligiga bog'liq ekan.

3.4.Yerning tortishish maydoni

Yer ellipsoid shaklida bo'lib, uning ekvatorial va qutbiy radiuslari o'zaro farq qiladi. Bu farq juda kichik ekanligi uchun uni e'tiborga olmasa ham bo'ladi. Yer atrofidagi fazoda Yer, Quyosh, quyosh sistemasiga kirgan sayyoralar va Oyning tortish maydonlari mavjud. Mazkur maydonlar kuchlanganliklarining vektor yig'indisi Yer atrofidagi fazo nuqtalaridagi gravitatsion maydon kuchlanganligi G ni vujudga keltiradi. Yer sirti yaqinidagi fazo sohalarida faqat Oyning va Quyoshning tortish maydonlarigina sezilarli bo'ladi. Lekin ular ham anchagina zaif. Shuning uchun katta aniqlik talab qilinmaydigan hisoblarda Yer sirtiga yaqin nuqtalarda natijaviy gravitatsion maydon Yerning tortish maydonidir, deb hisoblanadi. Yer sirtida yoki unga juda yaqin nuqtalarda Yerning tortish maydoni kuchlanganligining miqdori, quyidagicha ifodalanadi:

$$|G| = \gamma \frac{M_{Ep}}{R_{Ep}^2} \quad (3.11)$$

Yer sirtida yoki sirtga juda yaqin bo'lgan nuqtada t massali jismga, butun olam tortishishi qonuniga asosan, miqdori

$$|F| = \gamma \frac{m M_{Ep}}{R_{Ep}^2} \quad (3.12)$$

bo'lgan kuch ta'sir qiladi. Mazkur kuchni, ya'ni jismning Yerga tortilish kuchini jismning og'irlik kuchi deb ataladi va R harfi bilan belgilanadi. Og'irlik kuchi ta'sirida jism

$$|g| = \frac{|P|}{m} = \frac{|F|}{m} = \gamma \frac{M_{Ep}}{R_{Ep}^2} \quad (3.13)$$

Erkin tushish tezlanish bilan Yer markazi tomon yo'nalgan to'g'ri chiziqli harakat qiladi. (3.12) va (3.14) ifodalarni taqqoslasak va g bilan G ning yo'nalishi bir xil ekanligini e'tiborga olsak, $\mathbf{g}=\mathbf{G}$ degan xulosaga kelamiz. Bundan erkin tushish tezlanishining fizik ma'nosi kelib chiqadi.

Jismning erkin tushish tezlanishi miqdor jihatdan Yer tortish maydonining shu jism joylashgan nuqtasidagi kuchlanganligini anglatadi.

Yer sirtidan uzoqlashilgan sari g ning qiymati kamayib boradi. Xususan, Yer sirtidan h balandlikda uning qiymati

$$g_h = \gamma \frac{M_{Ep}}{(R_{Ep} + h)^2} \quad (3.14)$$

ifoda bilan aniqlanishi mumkin. Erkin tushish tezlanishining Yer sirtidagi va sirtidan h balandlikdagi qiymatining nisbati

$$\frac{g}{g_h} = \frac{(R_{Ep} + h)^2}{R_{Ep}^2} \quad (3.15)$$

b'eladi. $h \ll R_{Ep}$ b'elgan zaralarda (ya'ni Yer sirtiga ancha yaqin b'elgan nuqtalarda) yuqoridagi ifoda

$$\frac{g}{g_h} \approx 1 + \frac{2h}{R_{Ep}} \quad (3.16)$$

Yer sirtiga yaqin sohalarda erkin tushish tezlanishining balandlikka bog'liqligi hisobga olinmaydi. Lekin h ning anchagina katta qiymatlarida g ning qiymatlaridagi o'zgarish hisobga olinishi kerak. Shuni ham qayd qilaylikki, Yer sirtining barcha nuqtalarida g ning qiymati bir xil emas. g ning dengiz satxidagi qiymati 9,7805 m/s² dan (ekvatorida) 9,8222 m/s² gacha (qutblarda) intervalda o'zgaradi. g ning qiymatlaridagi bu farq quyidagi ikki sabab tufayli vujudga keladi:

1) Yer sirtida tinch yotgan jism Yerning sutkalik harakatida ishtirok etadi. Bu harakat tufayli vujudga keladigan markazdan qochma kuch ekvatorida eng katta qiymatga, qutblarda esa nolga teng bo'ladi. Shunday qilib, g ning qiymatlari Yerning geografik kengligiga bog'liqlik ekan.

2) Yer ellipsoid shaklida, uning ekvatorial radiusi qutbiy radiusidan 21km ga ortiq. Bu son Yer o'lchamiga nisbatan juda kichik bo'lganligi uchun uni hisobga olmasa ham bo'ladi.

Yuqorida bayon etilgan mulohazalarga asoslanib Yer sirtining bir xil geografik kenglik va dengiz satxidagi bir xil balandlikdagi barcha nuqtalarda g ning qiymatlari aynan bir xil bo'ladi, degan xulosa kelib chiqadi. Lekin aniq o'lchashlar asosida g ning qiymatida chetga chiqishlar, ya'ni anomalialar kuzatiladi. Buning sababi o'tkazilayotgan nuqta yaqinidagi Yer qobig'ida massa taqsimotining bir jinsli emasligidir, Xususan, o'lchash o'tkazilayotgan Yer nuqtasi yaqinida

zichligi katta bo'lgan ruda joylashgan bo'lsa, g ning qiymati nazariy qiymatdan kattaroq bo'ladi. Bundan Yer qobig'ida geologik- qidiruv ishlar olib borishda keng foydalaniladi.

Shunday qilib, Yerning tortish maydonidagi jismning og'irlik kuchi, muayyan nuqtadagi erkin tushish tezlanishi bilan aniqlanadi:

$$P = mg \quad (3.17)$$

Jismning og'irlik kuchi Yerning tortish maydonining mazkur nuqtasi uchun o'zgarmas kattalik boshqacha qilib aytganda, muayyan nuqtadagi jism biror tayanch ustida tinch turgan bo'lsa ham, biror ipga osilgan bo'lsa ham, yoki ixtiyoriy yo'nalishda harakatlanayotgan bo'lsa ham uning og'irlik kuchi o'zgarmaydi.

Jismning og'irlik kuchi uning vaznidan (og'irligidan) farq qiladi. Jismning vazni deganda jism tomonidan o'zi osilib turgan ipga yoki o'zi bosib turgan tayanchga ta'sir etadigan kuch tushuniladi. Agar jism biror taglikka qoyilgan va taglik Yerga nisbatan tinch turgan jismning og'irlik kuchi va vazni teng bo'ladi.

$$Q = p = mg. \quad (3.18)$$

Agar biror liftni vertikal ravishda yuqoriga $a = -g$ tezlanish bilan harakatlantirilsa liftidagi yukning vazni tinch turgan pytidagidan ortadi.

Bundan quyidagi xulosaga kelamiz: biror $a = -g$ tezlanish bilan harakatlanayotgan jismning vazni "Og'irlik kuchiga teng bo'lmaydi. Ya'ni uning vazni

$$Q = m(g - a) \quad (3.19)$$

ifoda bilan aniqlanadi. Haqiqatdan, $a = g$ bo'lganda $Q = m(g - g) = 0$, ya'ni vazn yo'qotadi. Bunday holat vaznsizlik deb ataladi. $a = -g$ bo'lganda esa $Q = m[g - (-g)] = 2mg$, ya'ni vazn og'irlik kuchidan ikki marta oshib ketadi. Umuman, vazn og'irlik kuchidan ortib ketgan holatlarni *o'ta yuklanish* deb ataladi. *Vaznsizlik holatida ham, o'ta yuklanish holatida ham jismning og'irlik kuchi Yer tortishish maydonining muayyan nuqtasi uchun o'zgarmasdan qolaveradi.*

3.5. Potensial maydonda moddiy nuqtani ko'chirishda bajarilgan ish

Biror kuch ta'siri mavjud bo'lgan fazo qismi shu kuchning maydoni deyiladi. Xususan, Yer atrofidagi fazo kesimining har bir nuqtasida moddiy nuqtaga og'irlik kuchi ta'sir etadi, shuning uchun Yer atrofidagi fazo qismini og'irlik kuchining maydoni deb ataladi. Mazkur maydonning xarakterli xususiyati shundan iboratki, bunday maydonning ixtiyoriy nuqtasida joylashgan moddiy nuqtaga ta'sir etadigan kuch og'irlik kuchi yoki gravitatsiya kuch bo'lib hisoblanadi. Shunday maydonda, masalan, Yerning tortish maydonida t massali moddiy nuqtani bir holatdan ikkinchi holatga ko'chirishda bajarilgan ishni xisoblaylik. Mazkur hisobda koordinata boshini Yer markazida deb olaylik. Mazkur ko'chirishda bosib o'tilgan yo'lni elementar ds bo'lakchalarga xayolan ajrataylik. Ana shu elementar yo'llardan birida bajarilgan ish

$$dA = F_T ds \cos\alpha = F_r dr \quad (3.20)$$

bo'ladi. Bunda $dr = ds \cos\alpha$ ekanligini hisobga oldik. Moddiy nuqtaning 1 holati r_1 , ikkinchi holati esa r_2 radius-vektorlar bilan belgilansa, 1 holatdan 2 holatga ko'chirishda bajarilgan to'la ish

$$A_{12} = \int_{r_1}^{r_2} F \cdot dr \quad (3.21)$$

orqali ifodalanadi. Bu yerda F gravitatsiya kuchi ekanligini hisobga olsak va butun olam tortilish qonuni bo'yicha uning ifodasini shu tenlamala qoysak quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$A_{12} = \gamma M \cdot m \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r^2} = \left(-\gamma \frac{M \cdot m}{r_2}\right) - \left(-\gamma \frac{M \cdot m}{r_1}\right) \quad (3.22)$$

Formuladagi hadlar ta'sirlashuvchi jismlar massalari va jismlarning o'zaro joylashishiga bog'liq. Uni potentsial energiya deb ataladi va U harfi bilan belgilanadi:

$$U = -\gamma \frac{M \cdot m}{r}. \quad (3.23)$$

U holda bajarilgan ish moddiy nuqtaning oxirgi va boshlang'ich holatlardagi potentsial energiyalarining ayirmasi shaklida ifodalanadi:

$$A_{12} = U_2 - U_1. \quad (3.24)$$

Demak, Yerning mopmush maydonida moddiy nuqtani ko'chirishda bajarilgan ish ko'chirilish yo'lining uzunligi va shakliga bog'liq emas, balki ko'chirilishi boshlanganda va tugallanganda Yer va moddiy nuqtaning bir-biriga nisbatan egallagan vaziyatiga bog'liq, Shuning uchun potentsial energiyani quyidagicha ta'riflash mumkin:

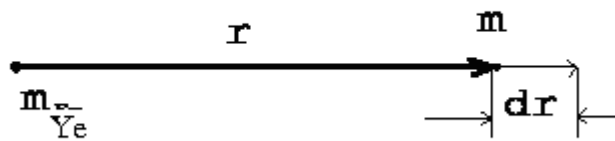
Potentsial energiya- o'zaro ta'sirlashuvchi jismlarning bir-biriga nisbatan joylashishiga bog'liq energiyadir, uning miqdori shu jismlar kinetik energiyalarini o'zgarishsiz saqlagan holda ularning o'zaro joylashishini bir vaziyatdan ikkinchi vaziyatga o'zgartirish uchun tashqi kuchlar bajarishi lozim bo'ladigan ish bilan o'lchanadi.

Umuman, bajargan ishi yo'l shakliga bog'liq bo'lmagan kuchlarni konservativ yoki potentsial kuchlar deb, bu kuchlar maydonini esa potentsial maydon deb ataladi. Xususan, Yerning tortilish maydoni — potentsial maydon, og'rlik kuchi esa konservativ (potentsial) kuchdir. Potentsial maydonni harakterlash uchun potentsial deb ataladigan skalyar kattalikdan foydalaniladi.

Maydon ixtiyoriy nuqtasining potentsiali deganda mazkur nuqtaga kiritilgan birlik massali «snov jism»ning ipotentsial epergiyasiga teng bo'lgan kattalik tushuniladi:

$$\varphi = \frac{U}{m} = -\gamma \frac{M}{r} \quad (3.25)$$

Potentsial maydonning kuch xarakteristikasi, kuchlanganlik va energetik xarakteristikasi va potentsial orasidagi bog'lanishni



3.1- rasm.

topaylik. Maydon markazidan uzoqligi g radius-vektor bilan aniqlanadigan moddiy nuqtani radius boylab elementar dr masofaga siljitishda (3.2-rasm) bajarilgan ish Fdr ga teng. Mazkur ish moddiy nuqta potentsial energiyasini $-dU$ ga o'zgartiradi. Demak,

$$Fdr = -dU \quad (3.26)$$

yoki

$$F = -\frac{dU}{dr}. \quad (3.27)$$

Mazkur ifodaning ikkala tomonini ko'chirilayotgan moddiy nuqtaning massasi t ga bo'laylik:

$$\frac{F}{m} = -\frac{d\left(\frac{U}{m}\right)}{dr}. \quad (3.28)$$

Bu tenglikning chap tomonidagi kattalik, ifodaga asosan, maydonning ayni nuqtasining kuchlanganligi G bo'lib, o'ng tomondagi U/m – esa, (3.25) ifodaga asosan, shu nuqtaning potentsiali bo'lib hisoblanadi. Shuning uchun (3.28) ni

$$G = -\frac{d\varphi}{dr} \quad (3.29)$$

ko'rinishda yozish mumkin. Bunday $d\varphi/dr$ gravitatsion maydon potentsialining radius vektor (r) yo'nalishidagi o'zgarish tezligini ifodalaydi. Uni vektorlar nazariyasida potentsialning gradienti ($\text{grad } \varphi$) deb ataladi.

$$\mathbf{G} = -\text{grad } \varphi \quad (3.30)$$

Bu ifodanang fizik ma'nosi shuki, gravitatsion maydon potentsiali, maydon markazidan cheksiz uzoq bo'lgan nuqtalarda nolga teng. Maydon markaziga yaqinlashilgan sari (ya'ni r kichraygan sari) potentsialning qiymati kamayib boradi. **Demak, gravitatsion maydon ixtiyoriy nuqtasining kuchlanganligi shu nuqtadagi potentsial gradientining teskari ishora bilan olingan qiymatiga teng.**

Agar jism Yer sirtidan biror h balandlikda turgan bo'lsa potentsiali quyidagicha ifodalanadi:

$$U = -\gamma \frac{M \cdot m}{R_{Ep} + h}. \quad (3.31)$$

Jism Yer sirtida bo'lsa $h=0$ deb qaraladi va Yer sirtida turgan jismning potentsial energiyasi quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$U_0 = -\gamma \frac{M \cdot m}{R_{Ep}} \quad (3.32)$$

Ko'rinib turibiki, Yer sirtidan uzoq masofalarda turgan jismlarning potentsial energiyasi quyidagi ko'rinishda ifodalanar ekan:

$$U = U_0 + mgh \quad (3.33)$$

Yer sirtidagi gorizont tekislikka nisbatan moddiy nuqtaning potentsial energiyasi haqida mulohaza yurgizilganda U_0 ni nolga teng deb olinadi va natijada masalalar yechish uchun quyidagi ifoda o'rinli bo'ladi:

$$U = mgh. \quad (3.34)$$

3.6. Mexanik energiyaning saqlanish qonuni

Agar moddiy nuqtaga faqat konservativ kuchlar ta'sir etsa, bu kuchlarning elementar dr ko'chishda bajarilgan ishi moddiy nuqta potentsial energiyasining kamayishiga olib keladi, ya'ni

$$dA = -dU. \quad (3.35)$$

Ikkinchi tomondan, moddiy nuqtaning bu ko'chishida bajarilgan ish uning kinetik energiyasining ortishiga teng, ya'ni

$$dA = dE \quad (3.36)$$

Ko'rinib turibdiki, moddiy nuqta konservativ kuchlar ta'sirida ish bajarganda uning kinetik energiyasi potentsial energiyaning kamayishi hisobiga ortib borar ekan.

$$dE = -dU \quad (3.37)$$

yoki

$$d(E+U) = 0 \quad (3.38)$$

Bundagi $d(E+U)$ moddiy nuqtaning to'la mexanik energiyasi, ya'ni kinetik va potentsial energiyalarining yig'indisi bo'lib hisoblanadi va o'zgarmas sonning differentsiali nolga teng ekanligini hisobga olsak (3.34) ifodani quyidagicha yozishimiz mumkin:

$$W = E + U = \text{const} \quad (3.35)$$

Demak, moddiy nuqtaning konservativ kuchlar maydoni, (potentsial maydon) dagi har qanday, ko'chishlarida mexanik energiyasi o'zgarmaydi.

Bu qonuniyat Yerning tortish maydoni uchun quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$W = \frac{m g^2}{2} + mgh = \text{const.} \quad (3.36)$$

Endi, moddiy nuqtalar sistemasini qarab chiqaylik. Agar biror sistemada bir moddiy nuqta ajratib olsak bu sistemada boshqa moddiy nuqtalar tomonidan ta'sir etadigan konservativ ichki kuchlar va nokonservativ ichki kuchlar va shu moddiy nuqtaga ta'sir etadigan tashqi kuchlar yig'indisi mavjud bo'ladi. U holda mazkur moddiy nuqtalar sistemasi uchun to'la mexanik energiya quyidagicha bo'ladi:

$$dW_c = \sum_{i=1}^n f_i^1 \cdot ds_i + \sum_{i=1}^n F_i \cdot ds_i \quad (3.37)$$

Ko'rinib turibiki, moddiy nuqtalar sistemasi uchun to'la mexanik energiyaning o'zgarishi ichki nokonservativ kuchlar f_i^1 va tashqi kuchlar F_i bajargan ishlarning yig'indisiga teng. Bu ta'rif berk bo'lmagan sistemalar uchun o'rinlidir. Berk sistemada tashqi kuchlarning bajargan ishi nolga teng bo'ladi. Shuning uchun (3.37) ifoda

$$dW_c = \sum_{i=1}^n f_i^1 \cdot ds_i \quad (3.38)$$

ko'rinishda yoziladi. Demak, moddiy nuqtalar berk sistemasi uchun mexanik energiyaning o'zgarishi sistemadagi moddiy nuqtalar orasida ta'sir etadigan nokonservativ kuchlar bajaradigan ishga teng. Nokonservativ kuchlar (masalan, ishqalanish kuchlari) ning bajargan ishi tufayli sistema mexanik energiyasi kamayadi. Mazkur holda energiya yo'qolmaydi, balki mexanik energiyaning bir qismi boshqa turdagi energiyalarga (masalan, issiqlik harakat energiyasiga) aylanadi. Berk sistemadagi moddiy nuqtalar orasida nokonservativ kuchlar ta'sir etmasa yoki nokonservativ kuchlarning ishi e'tiborga olinmaydigan darajada kichik bo'lsa, (3.38) ifoda quyidagi ko'rinishga keladi: $dW_c = 0$. Shunga asosan quyidagini yozishimiz mumkin:

$$W_c = E_c + U_c = \text{const.} \quad (3.39)$$

Mazkur tenglama faqat konservativ kuchlar bilan o'zaro ta'sirlashadigan moddiy nuqtalar birlik sistemasi uchun mexanik energiyaning saqlanish qonunini ifodalaydi. U quyidagicha ta'riflanadi:

Moddiy nuqtalari orasida faqat konservativ kuchlar ta'sir etadigan berk sistemaning to'la mexanik energiyasi o'zgarmaydi. Bunday sistemalarda kinetik va potentsial energiyalarning bir-biriga aylanishi sodir bo'ladi, xolos. Shuni ta'kidlab o'tishimiz lozimki, buning uchun sistema ideal berk bo'lishi kerak bo'ladi albatta. Xususan, berk sistemadagi jismlar orasida ishqalanish kuchlari ta'sir etadigan holda mexanik energiyaning kamayishi, ya'ni mexanik harakat energiyasini qisman issiqlik harakat energiyasiga aylanishi kuzatiladi. Binobarin, bunday hollarda sistema ichki energiyasi ortishi kerak, chunki ichki energiya deganda sistemani tashkil etgan jismlar mikrozarralarining issiqlik harakat energiyalari va o'zaro ta'sir energiyalarining yig'indisi tushuniladi. Shuning uchun energiyaning saqlanish qonuni eng umumiy shaklda quyidagicha ta'riflanishi mumkin:

Energiya hech qachon yo'qolmaydi va yo'qdan paydo bo'lib qolmaydi, balki bir ko'rinishdagi energiya boshqa ko'rinishdan energiyaga aylanadi.

3.7. Absolyut elastik va noelastik to'qnashishlar

Fazoning kichik sohasida jismlarning qisqa vaqtli o'zaro ta'sirlashish jarayonlari to'qnashishlar deb ataladi. Masalan ikkita kichik o'lchamdagi po'lat sharchalarning to'qnashishlarini ko'radigan bo'lsak to'qnashish jarayonida sharlarning bir biriga tegish sohasida nihoyat katta kuchlar namoyon bo'ladi. Urilish chog'ida jismlar deformatsiyalanadi. Natijada bir biriga urilayotgan jismlar kinetik energiyalarining barchasi yoki bir qismi elastik deformatsiyaning potentsial energiyasiga va jismlarning ichki energiyasiga aylaniishi mumkin. Ichki energiyaning ortishi jismlar temperaturasining ko'tarilishida namoyon bo'ladi. Jismlar o'rtasida ikki turdagi absolyut noelastik va absolyut elastik to'qnashishlar mavjud bo'ladi.

Absolyut noelastik to'qnashish, Loy, plastilin, qo'rg'oshin kabi moddalardan iborat jismlarning urilishi absolyut noelastik urilishga misol bo'ladi. Absolyut noelastik urilishda:

- a) urilishda vujudga kelgan jismlar deformatsiyasi saqlanadi;
- b) deformatsiya potentsial energiyasi vujudga kelmaydi;
- v) jismlar kinetik energiyalarining bir qismi jismlarning deformatsiyalanishiga sarf bo'ladi.
- g) urilishdan so'ng jismlar umumiy tezlik bilan harakatlanadi yoki nisbiy tinch holatda bo'ladi.

Deformatsiya saqlanganligi tufayli energiyaning mazkur qismi kinetk energiya tarzida tiklanmaydi, balki jismlar ichki energiyasiga aylanadi. Odatda, energiyaning bu qismini deformatsiya ishi deb ataladi;

Shuning uchun absolyut noelastik urilishda faqat impulsning saqlanish qonuni bajariladi. Mexanik energiyaning saqlanish qonuni bajarilmaydi.

Massalari m_1 va m_2 bo'lgan sharlar v_1 va v_2 tezlik bilan harakatlanib absolyut noelastik to'qnashsin. v_1 va v_2 lar sharlarning markazlarini birlashturuvchi to'g'ri chiziq bo'lib yo'nalgan. Urilishdan keyingi tezlikni u bilan belgilab ikki shardan iborat berk sistema uchun impulsning saqlanish qonunini yozaylik:

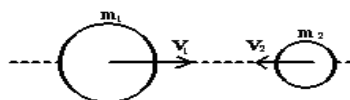
$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2)u \quad (3.40)$$

Bundan

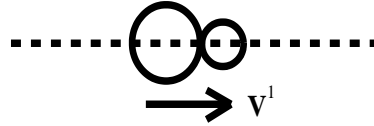
$$u = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}. \quad (3.41)$$

Bu ifodadan quyidagi xulosalarga kelimiz:

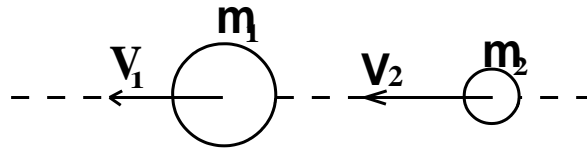
a) sharlar bir biriga qarab harakatlansa (3.3- rasm), urilishdan so'ng ikkala sharning birgalikdagi harakatining yo'nalishi $m_1 v_1$ va $m_2 v_2$ larga bog'liq ya'ni urilishgacha impulsning miqdori kattaroq bo'lgan shar harakatlanayotgan tomonga yo'nalgan:



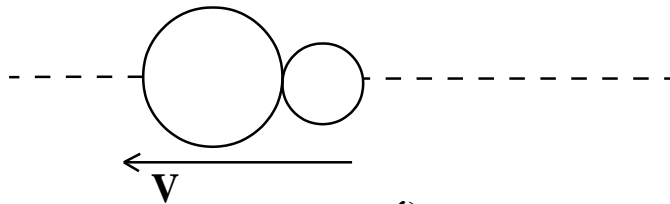
3.2 rasm



3.3- rasm.



à)



á)

3.4-rasm

b) sharlar bir-biri tomon harakatlansa, $|m_1\vartheta_1| = |m_2\vartheta_2|$ bo'lsa (3.4- rasm), urilishdan so'ng sharlar to'xtab qoladi, ya'ni $u=0$;

v) sharlar bir tomonga harakatlansa (3.5-rasm), urilishdan so'ng ham ular o'sha tomon harakatlarini davom ettiradi.

Urilishgacha sharlar ega bo'lgan umumiy kinetik energiya va urilishdan keyingi umumiy kinetik energiyaning farqi (A_d) deformatsiya ishiga teng:

$$A_{\pi} = \frac{m_1\vartheta_1^2}{2} + \frac{m_2\vartheta_2^2}{2} - \frac{m_1 + m_2}{2} u^2 \quad (3.42)$$

Bundagi u o'rniga uning (3.41) dagi qiymatini qoysak, bir qator matematik amallardan so'ng

$$A_{\pi} = \frac{m_1 m_2}{2(m_1 + m_2)} (\vartheta_1 + \vartheta_2)^2 \quad (3.43)$$

ifodani hosil qilamiz. Agar to'qnashayotgan jismlardan biri qo'zg'almas bo'lsa, (3.43) ifoda yanada soddaroq ko'rinishga keladi. Masalan, $\vartheta_2 = 0$ deb olsak,

$$A_d = \frac{m_1 m_2}{2(m_1 + m_2)} \vartheta_1^2 = \frac{m_2}{m_1 + m_2} \cdot \frac{m_1 \vartheta_1^2}{2} \quad (3.44)$$

bo'ladi. Yoki bu tenglamani quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$A_d = \frac{m_2}{m_1 + m_2} Y E_1. \quad (3.45)$$

Demak, ikkinchi jism qo'zg'almas bo'lgan hollarda bu yoki jismdan iborat sistema kinetik energiyasi ($Y_{es} = Y_{E1} + Y_{E2} = Y_{E1}$ chunki $Y_{E2} = 0$) (3.45) ning $m_2/(m_1+m_2)$ qismi deformatsiyaga sarflanadi, qolgan qismi esa jismlarning urilishdan keyingi kinetik energiyalari tarzida namoyon bo'ladi. Shuning uchun kattaroq deformatsiyalarni hosil qilish lozim bo'lgan hollarda qo'zg'almas jism massasi (m_2) uruvchi jismning massasi (m_1) dan kattaroq bo'lishi kerak.

Absolyut elastik urilish. Po'lat, fil suyagi kabi modalardan iborat jismlarning urilishi absolyut elastik urilishga ancha yaqin bo'ladi. Absolyut elastik urilishning harakterli xususiyatlari quyidagilar:

a) urilish chog'ida jismlarning elastik deformatsiyalanishi vujudga keladi, lekin urilishdan so'ng u butunlay yo'qoladi, ya'ni jismlarning shakli tiklanadi;

b) jismlarning deformatsiyalanishida kinetik energiya qisman (yoki to'liq) elastik deformatsiyaning potentsial energiyasiga aylanadi, jismlar o'z shakllarini tiklayotganda esa u yana kinetik energiyaga aylanadi, kinetik energiya boshqa turdagi energiyalarga, xususan ichki energiyaga aylanmaydi;

v) urilishdan so'ng jismlar birgalikda harakatlanmaydi.

Absolyut elastik urilishda sistema impulsining saqlanish qonuni va sistema mexanik energiyasining saqlanish qonuni bajariladi. Mazkur qonunlar massalari m_1 va m_2 bo'lgan sharlar uchun quyidagicha yoziladi:

$$m_1 \mathcal{G}_1 + m_2 \mathcal{G}_2 = m_1 \mathcal{G}_1^1 + m_2 \mathcal{G}_2^1 \quad (3.46)$$

$$\frac{m_1 \mathcal{G}_1^2}{2} + \frac{m_2 \mathcal{G}_2^2}{2} = \frac{m_1 \mathcal{G}_1^{12}}{2} + \frac{m_2 \mathcal{G}_2^{12}}{2} \quad (3.47)$$

Bu tenglamalardagi \mathcal{G}_1 va \mathcal{G}_2 sharlarning to'qnashishdan oldingi, va \mathcal{G}_1^1 va \mathcal{G}_2^1 lar esa urilishdankeyingi tezliklar.

Bu tenglamalarni birgalikda yechib urilishdan keyingi tezliklari ifodalarni hosil qilamiz.

Sharlardan biri tinch turgan bo'lsin, ya'ni $\mathcal{G}_2 = 0$. U holda (3.46) va (3.47) ifodalar quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\mathcal{G}_1^1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} \mathcal{G}_1, \quad (3.48)$$

$$\mathcal{G}_2^1 = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} \mathcal{G}_1 \quad (3.49)$$

Urilishdan keyingi tezliklar kattaliklari sharlar massalarining nisbatiga xam bog'liq bo'ladi. Ikki holni ko'raylik.

1. Agar sharlardan birining massasi ikkinchisiga nisbatan juda katta, ya'ni $m_2 \gg m_1$ shart bajarilsa, $\mathcal{G}_1^1 = -\mathcal{G}_1$ $\mathcal{G}_2^1 = 0$ Bunga massasi katta bo'lgan devorga urilayotgan shar misol bo'la

oladi. Shuning uchun devorga urilgan shar tezligining qiymati saqlanadi, yo'nalishi esa teskarisiga o'zgaradi. Boshqacha qilib aytganda, shar devordan elastik ravishda orqasiga qaytib ketadi.

2. Massalari teng (ya'ni $t_1 = t_2$) bo'lgan sharlar bir-biri bilan to'qnashgan holda $\mathcal{Q}_1^1 = \mathcal{Q}_2$, $\mathcal{Q}_2^1 = \mathcal{Q}_1$ ko'rinishga keladi. Demak, sharlar tezliklarini ayriboshlaydi.

Savollar:

1. Mexanik ish nimaga bog'liq?
2. Mexanik quvvat nima?
3. Jismning potentsial energiyasi?
4. Deformatsiyalangan jismning potentsial energiyasi?
5. Og'irlik kuchining bajargan ishi?
6. Jismning kinetik energiyasi?
7. Yerning tortishish maydoni?
8. Jismning potentsiali?
9. Mexanik energiyaning saqlanishi?
10. Qanday holda mexanikaning saqlanish qonuni bajarilmaydi?