

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI

GULISTON DAVLAT UNIVERSITETI

Fizika yo'nalish 3-kurs talabasi Toshmurodov Orifning

Ish va energiya.

***Elastiklik va noelastiklik to'qnashuvlar
mavzusida yozgan***

R E F E R A T I

GULISTON-2014

Ish va energiya. Elastiklik va noelastiklik to'qnashuvlar.

*Energiya – harakat va o'zaro ta'sirlarning universal o'lchovi. Materiyaning ajralmas xususiyati bo'lgan harakatning mexanik harakat deb nomlangan turidan boshqa turlari ham mavjud: modda atom va molekulalarining betartib harakati, yani issiqlik harakati; elektromagnit maydonlarning o'zgarishi; atom, yohud yadro ichida sodir bo'ladigan hodisalardagi harakatlar. Kuzatishlarning ko'rsatishicha, bir turdagi harakat ikkinchi turdagi harakatga, u esa yana boshqacha turdagi harakatga o'tib turishi mumkin. Masalan, ilgari ilganma harakat qilayotgan futbol to'pining havoga ishqalanishi tufayli asta – sekin mehanik harakati to'xtaydi. Xuddi shuningdek, stolning gorizontol sirtida turtki olib ilgari ilganma harakat qilayotgan bir bo'lak yog'och stol sirtining va havoning tormozlovchi ta'siri tufayli biroz vaqtdan so'ng to'xtaydi. Bu misollarda mexanik harakat o'zaro ishqalanayotgan jismlarning isishiga sarf bo'ladi. Boshqacha qilib aytganda, ishqalanish tufayli harakat yo'qolgani yo'q, balki harakatning boshqacha turiga, yani ishqalanayotgan jismlarning issiqlik harakatiga aylandi. Ba'zi hollarda, aksincha, issiqlik harakati mehanik harakatga aylanishi mumkun. Kundalik hayotimizga singib ketgan elektr tokini hosil qilish va undan foydalanish jarayonlaridagi harakatlarning bir turdan boshqa turga o'tishini ko'rib o'taylik. Balandlikdan tushayotgan suvning harakati (gidroelektrostansiyalarda), issiqlik harakati (issiqlik elektrostansiyalarda) yoki yadro ichidagi harakat (atom elektrostansiyalarida) bir qator oraliq harakatlar orqali elektr zaryadlarning harakati (yani elektr tokini) vujudga keltiradi. Elektr asbob- uskunalarida esa materiya harakatining bir turi, yani elektr zaryadlarning harakati issiqlik harakatiga (masalan, elektr plita yoki elektr dazmollarda), yoki mehanik harakatga (masalan, elektr ustara yoki elektr go'shtqiymalagichda) aylanadi. Bayon etilgan bu misollarda materiya harakatining bir turi miqdoriy jihatdan ortayotgan bo'lsa, ikkinchi turining miqdoran kamayishi kuzatilyapti. Harakatlarning bu o'zgarishlari haqida fikr yuritish uchun materiya harakatlarining turli ko'rinishlarini miqdoriy jihatdan o'lchash muammosini hal qilish lozim. Ma'lumki, mehanik harakatning o'lchovi sifatida impuls deb ataluvchi kattalikdan foydalangan edik. Lekin bu kattalikdan harakatning barcha turlarini miqdoran o'lchashda foydalanish mumkun emas. Haqiqatdan, harakatlanayotgan jismning ishqalanishi tufayli mehanik harakat tezligining nolga teng bo'lib qolishi, ya'ni jism ilgari ilganma harakatining to'xtashi ($p=mv=0$) sodir bo'lgan holda harakat yoqoldi, deb soxta xulosa chiqargan bo'lar edik. Aslida mehanik harakat issiqlik harakatiga aylanyapti. Shuning uchun materiya harakati barcha turlarining universal o'lchovi sifatida **energiya** deb ataluvchi kattalikdan foydalanamiz. U holda jismning mexanik energiyasi o'zaro ta'sirlashayotgan (yani ishqalanayotgan) jismlarning issiqlik energiyasiga aylandi, degan iboralarni ishlatamiz.*

Umuman, jismlar orasida mexanik harakat almashinishi yoki mexanik harakatni boshqa turdagi harakatga o'tishi jismlarning o'zaro ta'sirlashishlari orqali sodir bo'ladi. Harakatning qanday miqdori bir turdan boshqa turga o'tganligini aniqlash uchun jismning ta'sirlashishgacha va ta'sirlashishdan keyingi holatlarining energiyalarini hisoblash lozim. So'ng ularning farqini olish lozim. Energiyaning bu farqi – **ish** deb ataladigan kattalikdir.

Demak, materiya harakatining barcha turlarining miqdoriy universal o'lchovi – energiya, jismlarning o'zaro ta'sirlashishida mexanik harakatni bir jismdan ikkinchi jismga uzatilishi yoki boshqa turdagi harakatlarga o'tishining o'lchovi – ishdir. Shuning uchun quyida ish va energiyaga oid batafsil mulohazalar yuritamiz.

Ish va Quvvat

Mexanik ish jismga ta'sir etuvchi kuch va shu kuch ta'sirida jismning ko'chish masofasiga bog'liq. Masalan, doimiy F kuch (yani vaqt o'tishi bilan miqdori va yo'nalishi o'zgarmaydigan kuch) ta'sirida jismning s masofaga to'g'ri chiziqli trayektoriya bo'yicha ko'chishida bajarilgan ish

$$A = F_s s \cos \alpha = F_s s$$

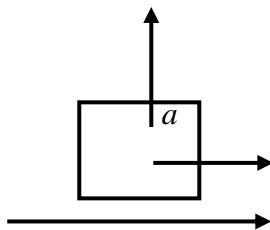
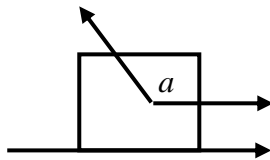
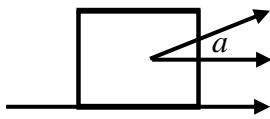
ga teng bo'ladi. Bunda α – kuch va ko'chish yo'nalishlari orasidagi burchak, $F_s = F \cos \alpha$ esa F kuchning ko'chish yo'nalishiga proyeksiyasi. Bajarilgan ish α burchakka bog'liq:

1) agar $\alpha < \frac{\pi}{2}$ bo'lsa, $\cos \alpha > 0$ bo'ladi. Natijada F_s ning yo'nalishi ko'chish yo'nalishi bilan mos tushadi va u jism tezligini oshiradi. Demak, mazkur holda kuch bilan ta'sir etayotgan jismdan kuch ta'siriga uchrayotgan jismga energiya o'tadi, ya'ni kuch musbat ish bajaradi;

2) agar $\alpha > \frac{\pi}{2}$ bo'lsa, $\cos \alpha < 0$ bo'ladi. Bu holda F_s ning yo'nalishi ko'chish yo'nalishiga teskari. Shuning uchun kuch jism harakatiga tormozlovchi ta'sir ko'rsatadi, yani uning tezligini kamaytiradi. Masalan, ishqalanish kuchi ko'chish yo'nalishiga teskari va u manfiy ish bajaradi. Boshqacha qilib aytganda, harakatlanuvchi jism ishqalanish kuchlariga qarshi ish bajaradi. Demak, mazkur holda kuch ta'siriga uchrayotgan jismdan kuch bilan ta'sir etayotga jismga energiya o'tadi;

3) agar $\alpha = \frac{\pi}{2}$ bo'lsa, $\cos \alpha = 0$ bo'ladi, ya'ni F_s ning yo'nalishi ko'chish yo'nalishiga perpendikulyar. Shuning uchun kuch mexanik ish bajarmaydi va hech qanday energiya uzatilishi sodir bo'lmaydi.

Umuman, mexanikada "ish" tushunchasi biz kundalik turmushda ish deb atashga odatlangan tushunchadan farqlanadi. Xususan, odam og'ir toshni siljitish maqsadida itaradi. U toshni qo'zg'ata olmagan bo'lsa-da, chiranishi tufayli mushaklari zo'riqib charchaydi. Mexanika nuqtai nazaridan odam ish bajarmagan hisoblanadi, chunki mexanik ish bajarishi uchun kuch ta'sirida jismning ko'chishi amalga oshishi shart.



Shuningdek, aqliy mehnat (chunonchi, mutolaa qilish, masala yechish, fikr yuritish va hakoza) qilayotgan odam haqida “u ish bajaryapti” degan ibora qo’llaniladi. Lekin bu holda ham bajarilayotgan ish mexanik ishdan mohiyatan tubdan farqlanadi.

Agar skalyar ko’paytma tushunchasidan foydalansak (ikki vektorning skalyar ko’paytmasi deganda shu vektorlar modullarini vektorlar orasidagi burchak kosinusiga ko’paytmasi tushuniladi.)ni quyidagicha ko’rinishda ham yozish mumkun:

$$A = F \cdot s.$$

Demak mexanik ish kuch vektori va ko’chish vektorining skalyar ko’paytmasiga teng.

Endi o’zgaruvchan kuch ta’sirida jism egari chiziqli trayektoriya bo’yicha harakatlanayotgan umumiy holni ko’raylik. Bu holda yo’lni xayolan cheksiz kichik elementlar ds bo’lakchalarga ajratamiz. Biz elementar yo’l va elementar ko’chishning modulini o’zaro teng deb hisoblash mumkunligiga ishonch hosil qilgandik. Shuning uchun trayektoriya egri chiziqdan iborat bo’lgan holda uni elementar ds ko’chishlarning yig’indisidan iborat deb hisoblaymiz. Har bir elementar ko’chish davomida jismga ta’sir etayotgan kuchning shu elementar ko’chish yo’nalishiga proyeksiyasi o’zgarmas deb hisoblash mumkin. Binobarin, elementar ko’chishda bajarilgan ishni

$$A = F ds = F_s ds$$

Ifoda yordamida aniqlay olamiz. Jismni egri chiziqli trayektoriya bo’yicha 1 nuqtadan 2 nuqttagacha ko’chishida F kuchning bajargan ishini topish uchun barcha delementar ko’chishlarda bajarilgan elementar ishlarning yig’indisini, yani

$$A = \int F_s ds$$

integralni hisoblash kerak. Buning uchun, albatta, F_s ning s ga bog’liqligi ma’lum bo’lishi kerak. Rasmda absissa o’qi bo’ylab yo’l uzunligi (s)ning qiymatlari, ularga mos bo’lgan F_s ning qiymatlari esa ordinata o’qi bo’ylab joylashtirilgan, ya’ni $F_s = \Psi(s)$ funksiyaning grafigi tasvirlangan. ds elementar ko’chishda bajarilgan elementar ishning miqdori rasmdagi ikki marta shtrixlangan yuzchaning qiymatiga teng. Jismning 1 nuqtadan 2 nuqttagacha ko’chishida bajarilgan ishning qiymati esa rasmda chap tomonga qiyalatib shtrixlangan.

Umuman, jismni chekli s masofaga ko'chirishda bajarilgan ish jismga ta'sir etuvchi kuchning tabiyatiga ham bog'liq. Makroskopik mexanikada uchraydigan barcha kuchlarni konservativ va nokonservativ kuchlarga ajratish mumkin. Konservativ kuchning biror jismni ko'chirishida bajarilgan ishi ko'chirish jarayonida jism bosib o'tgan yo'lining shakliga bog'liq bo'lmay, balki jismning ko'chirish boshlangan va tugallangan paytlardagi vaziyatlari bilangina aniqlanadi. Jismning og'irlik kuchi, deformatsiyalangan prujinaning elastiklik kuchi, elektrostatik kuchlar (bir xil ishorali zaryadlar orasidagi o'zaro itarishish va qarama – qarshi ishorali zaryadlar orasidagi o'zaro tortishish kuchlari) konservativ kuchlarga misol bo'ladi. Haqiqatan, biror masofa pastroqqa tushish jarayonida jismning og'irlik kuchi bajarilgan ish yo'l boshida va oxirida jismning ixtiyoriy satxidan boshlab hisoblanadigan balandliklari orasidagi farqqa bog'liq, yo'lining shakliga esa bog'liq emas. Bajarilgan ish jism bosib o'tadigan yo'lining shakliga bog'liq bo'ladigan kuchlar nokonservativ kuchlar deb ataladi. Suyuqlik yoki gazda harakatlanayotgan jismga ko'rsatiladigan qarshilik kuchi, biror jismning boshqa jism sirti bo'ylab sirpanishida yuzaga keladigan ishqalanish kuchlari nokonservativ kuchlarga misol bo'la oladi.

Amalda bajarilgan ishning qiymatigina emas, balki bu ish qanday muddatda bajarilganligi ham muhim ahamiyatga ega. Shuning uchun quvvat deb ataladigan kattalikdan foydalaniladi: quvvat – kuchning birlik vaqtda bajarilgan ishi bilan xarakterlanadigan kattalik, yani

$$N = \frac{dA}{dt}$$

Agar $A = F ds = F_s ds$ formulasidan foydalansak, quvvat ifodasini quyidagicha o'zgartirib yozish mumkin:

$$N = \frac{dA}{dt} = F_s \frac{ds}{dt} = F_s v = Fv$$

Demak, har bir ondagi quvvat ta'sir etuvchi kuch va harakat tezligi vektorlarning skalyar ko'paytmasiga teng. SI tizimida ish birligi sifatida joul (J) qabul qilingan: 1 joul – 1 nyuton kuch ta'sirida jismni (ta'sir etuvchi kuch yo'nalishida) 1 metr masofaga ko'chirishda bajarilgan ishning miqdoridir.

Absolyut elastik va noelastik urilishlar

Urilish – fazoning kichik sohasida jismlarning qisqa vaqtli o'zaro ta'sirlashish jarayonidir. Masalan, diametri 10 sm dan bo'lgan ikki po'lat shar bir-biriga qarab 5m/s tezlik bilan yaqinlashib to'qnashganda o'zaro ta'sir 0,0005 s chamasi davom etadi. Lekin to'qnashish jarayonida sharlarning bir-biriga tegish sohasida nihoyat katta kuchlar namoyon bo'ladi. Xususan, yuqorida qayd qilingan misolda urilish chog'ida ta'sir etadigan kuchning miqdori 40000 N dan ortib ketadi. Urilish chog'ida jismlar deformatsiyalanadi. Natijada bir-biriga urilayotgan jismlar kinetik energiyalarining barchasi yoki bir qismi elastik deformatsiyaning potensial energiyasiga va

jismlarning ichki energiyasiga aylanishi mumkin. Ichki energiyaning ortishi jismlar temperaturasining ko'tarilishida namoyon bo'ladi. Urilishlarning ikki chegaraviy ko'rinishlari bilan tanishaylik.

Absolyut noelastik urilish. Loy, plastilin, qo'rg'oshin kabi moddalardan iborat jismlarning urilishi absolyut noelastik urilishga anchagina yaqin misol bo'la oladi. Absolyut noelastik urilishning xarakterli xususiyatlari quyidagilar: a) urilishda vujudga kelgan jismlar deformatsiyasi saqlanadi; b) deformatsiya potensial energiyasi vujudga kelmaydi; v) jismlar kinetik energiyalarining bir qismi jismlarning deformatsiyalanishiga sarf bo'ladi. Deformatsiya saqlanganligi tufayli energiyaning mazkur qismi kinetik energiya tarzida tiklanmaydi, balki jismlar ichki energiyasiga aylanadi. Odatda, energiyaning bu qismini deformatsiya ishi deb ataladi; g) urilishdan so'ng jismlar umumiy tezlik bilan harakatlanadi yoki nisbiy tinch holatda bo'ladi.

Shuning uchun absolyut noelastik urilishda faqat impulsning saqlanish qonuni bajariladi. Mexanik energiyaning saqlanish qonuni bajarilmaydi (lekin "mexanik energiya" va oddiygina "energiya" so'zlarining farqini unutmaylik). Barcha jarayonlar kabi absolyut noelastik urilishda ham tabiatning universal qonuni – energiyaning (barcha turdagi energiyalarning) saqlanish qonuni bajariladi, albatta.

Massalari m_1 va m_2 bo'lgan sharlar v_1 va v_2 tezliklar bilan harakatlanib absolyut noelastik to'qnashsin. v_1 va v_2 lar sharlarning markazlarini birlashtiruvchi to'g'ri chiziq bo'ylab yo'nalgan. Urilishdan keyingi tezlikni v' bilan belgilab ikki shardan iborat berk sistema uchun impulsning saqlanish qonuni yozaylik:

$$m_1v_1 + m_2v_2 = (m_1+m_2) v'.$$

Bundan

$$v' = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}$$

mazkur ifoda asosida quyidagi xulosalarga kelamiz: a)sharlar bir-biriga qarab harakatlansa, urilishdan so'ng ikkala sharning birlikdagi harakatining yo'nalishi $|m_1v_1|$ va $|m_2v_2|$ larga bog'liq, yani urilishgacha impulsning miqdori kattaroq bo'lgan shar harakatlanayotgan tomonga yo'nalgan; b) sharlar bir-biri tomon harakatlansa, va $|m_1v_1| = |m_2v_2|$ bo'lsa urilishdan so'ng sharlar mexanik harakatlarini davom ettirmaydi, yani $v'=0$; v) sharlar bir tomonga harakatlansa urilishdan so'ng ham ular o'sha tomon harakatlarini davom ettiradi.

Urilishgacha sharlar ega bo'lgan umumiy kinetik energiya $\left(\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2}\right)$ va urilishdan

keyingi umumiy kinetik energiya $\left(\frac{m_1 + m_2}{2} V'^2\right)$ ning farqi deformatsiya ishiga (A_D) teng:

$$A_D = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} - \frac{m_1 + m_2}{2} V^2$$

Bundagi v' o'rniga uning qiymatini (2.65 ga q.) qo'ysak, bir qator matematik amallardan so'ng

$$A_D = \frac{m_1 m_2}{2(m_1 + m_2)} (v_1 + v_2)^2$$

ifoda hosil bo'ladi. Agar to'qnashayotgan jismlardan biri qo'zg'almas bo'lsa, bu ifoda yanada soddaroq ko'rinishga keladi. Masalan, $v_2=0$ deb olsak,

$$A_D = \frac{m_1 m_2}{2(m_1 + m_2)} v_1^2 = \frac{m_2}{m_1 + m_2} \frac{m_1 v_1^2}{2}$$

bo'ladi. Agar urilishgacha birinchi jism kinetik energiyasi $E_1 = \frac{m_1 v_1^2}{2}$ ekanligini e'tiborga olsak, bu formulani quyidagicha yozish mumkun:

$$A_D = \frac{m_2}{m_1 + m_2} E_1$$

Demak, ikkinchi jism qo'zg'almas bo'lgan hollarda bu ikki jismdan iborat sistema kinetik energiyasi ($E_S = E_1 + E_2 = E_1$, chunki $E_2=0$) ning $m_2/(m_1+m_2)$ qismi deformatsiyaga saqlanadi, qolgan

$1 - \frac{m_2}{m_1 + m_2} = \frac{m_1}{m_1 + m_2}$ 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'lgani qulayroqdir. Haqiqatdan, etibor bergan bo'lsangiz, metalni toblayotgan temirchi bolg'asining massasi (m_1) sandon massasi (m_2) dan ancha kichik, yani $m_2 > m_1$. Aksincha, urilishdan so'ng jismlarni mumkun qadar ko'proq siljitish lozim bo'lgan hollarda uruvchi jism massasi urilayotgan jismlardan kattaroq bo'lishi qulayroqdir. Masalan, mix yoki qoziq qoqishda bolg'aning massasi (m_1) mix yoxid qoziqnikidan kattaroq bo'lgani maqul.

Absolyut elastik urilish. Po'lat, fil suyagi kabi moddalardan iborat jismlarning urilishi absolyut elastik urilishga ancha yaqin bo'la oladi. Absolyut elastik urilishning xarakterli xususiyatlari quyidagilar: a) urilish chog'ida jismlarning elastik deformatsiyalanishi vujudga keladi, lekin urilishdan so'ng u butunlay yoqoladi, yani jismlarning shakli tiklanadi; b) jismlarning deformatsiyalanishida kinetik energiya qisman yoki to'liq elastik deformatsiyaning potensial energiyasiga aylanadi, jismlar o'z shaklini 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 impulsning saqlanish qonuni bajariladi. Mazkur qonunlar massalari m_1 va m_2 bo'lgan sharlar uchun quyidagicha yoziladi:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$
$$\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{m_1 v_1'^2}{2} + \frac{m_2 v_2'^2}{2}$$

Bu tenglamalardagi v_1 va v_2 sharlarning to'qnashishidan oldingi, v_1' va v_2' esa urilishdan keyingi tezliklar. Yuqoridagi formulalarni birgalikda yechib

$$v_1' = \frac{2m_2 v_2 + (m_1 - m_2)v_1}{m_1 + m_2}, \quad v_2' = \frac{2m_1 v_1 + (m_2 - m_1)v_2}{m_1 + m_2}$$

ifodalarni hosil qilamiz.

Ba'zi xususiy hollarni muhokama qilaylik.

1. Sharlardan biri tinch turgan bo'lsin, yani $v_2=0$. U holda ifodalar quyidagi ko'rinishga keladi:

$$v_1' = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_1, \quad v_2' = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_1$$

Demak, ikkinchi sharning urilishdan so'nggi harakati birinchi shar urilishgacha harakatlangan tomonga yo'nalgan. Urilishdan keyingi tezliklar kattaliklari sharlar massalarining nisbatiga bog'liq bo'ladi. Agar sharlardan birining massasi ikkinchisiga nisbatan nihoyat katta, yani $m_2 \gg m_1$ shart bajarilsa,

$$v_1' = -v_1, \quad v_2' = 0$$

bo'ladi. Bunday hol elastik shar devorga (devorni massasi va radiusi nihoyat katta shar deb hisoblanadi) urilganda amalga oshish mumkin. 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 $m_1=m_2$) bo'lgan sharlar bir-biri bilan to'qnashgan holda ifodalar

$$v_1' = v_2, \quad v_2' = v_1$$

ko'rinishga keladi. Demak, sharlar tezliklarini ayirboshlaydi.