

O'zbekiston Respublikasi
Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi
Z.M.Bobur nomidagi Andijon davlat universiteti

Fizika-matematika fakulteti
Fizika kafedrası

5440100-Fizika yo'nalishi 4F2 guruh talabasi Исақов Асрор

P E Φ E P A T

Mavzu: **Saqlanish qonunlari**

Andijon-2016

Режа

1. Impuls
2. Impulsning saqlanish qonuni
3. Reaktiv harakat
4. Ishqalanish va og'irlik kuchning ishi
5. Ish va energiyaning o'zaro bog'liqligi
6. Mexanik energiyaning aylanish va saqlanish qonuni
7. Kuch momenti

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YHATI

1. Impuls

«Impuls» lotincha *impulsus* so'zidan kelib chiqqan bo'lib, lug'aviy ma'nosi «turtki» demakdir. Mexanikada bu atama bilan ikkita kattalik belgilanadi: kuch impulsi va jism impulsi.

1. Kuch impulsi. Jismlarning o'zaro ta'siri natijasi faqat kuchgagina emas, balki ularning o'zaro ta'sirlashish vaqtiga ham bog'liqdir. Bunga quyidagi tajribalarda ishonch hosil qilish mumkin.

Gorizontal oyna ustiga po'lat sharcha qo'yamiz. Sharchaning ustidan kuchli magnitni tez o'tkazamiz, sharcha joyidan salgina qo'zg'alganini sezamiz. Endi magnitni sharcha ustidan sekinroq o'tkazib tajribani takrorlaymiz, bu holda sharcha harakatga keladi va magnit orqasidan ergashib harakatlanadi. Eksperiment o'zaro ta'sir natijalari o'zaro ta'sir vaqtiga bog'liqligidan dalolat beradi.

Biz stol chetida turgan qog'oz varag'i ustiga suv to'ldirilgan stakan qo'yamiz. Agar qog'ozni sekin tortsak, u holda stakan qog'oz bilan birga surilib keladi. Agar qog'ozni gorizontal yo'nalishda keskin tortsak, u holda qog'oz stakan ostidan chiqib ketadi, stakan esa o'z joyida qoladi. O'tkazilgan tajribalar jismlarning o'zaro ta'sir natijalari faqat kuch kattaligiga emas, balki uning ta'sir vaqtiga ham bog'liqligini ko'rsatadi. Shuning uchun fizikada kuch ta'sirini xarakterlash uchun maxsus kattalik - kuch *impulsi* kiritilgan. *Kuchning biror vaqt oralig'idagi ta'sirining o'lchovi bo'lib hisoblanuvchi fizik vektor kattalikka kuch impulsi, deb ataladi. Kuch impulsi kuchni uning ta'sir vaqtiga ko'paytmasi bilan o'lchanadi:*

$$\vec{I} = \vec{F}t,$$

bunda I - F kuchning t vaqt davomidagi impulsi.

Kuch impulsining yo'nalishi kuchning yo'nalishi bilan mos tushadi. Xalqaro birliklar sistemasida kuch impulsi birligi qilib 1 s davomida ta'sir 1 N *kuch impulsi* (Nyuton-sekund) qabul qilingan.

$$[I] = 1N \cdot s.$$

2. Jism impulsi yoki harakat miqdori. Faraz qilaylik, qiya estakada bo'ylab 2 kg massali paxta to'ldirilgan qop 5 m/s tezlik bilan sirpanib tushsin Estakada etagida (pastda) qopni qo'l bilan oson to'xtatib qabul qilib olish mumkin. Agar estakadadan xuddi shunday tezlik bilan qum solingan qop sirpanib tushayotgan bo'lsa, uni qo'l bilan to'xtatib olish mumkin emas. 5 m/s tezlik bilan harakatlanayotgan massani 9 g bo'lgan o'qni juda yupqa gazlama yoki karton qog'ozi bilan to'xtatish mumkin, biroq miltiqdan 800 m/s tezlik bilan otilgan xuddi shu o'qni deyarli uchta qalin taxta yordamida ham to'xtatish mumkin emas.

Demak, jism harakatini xarakterlash uchun faqat uning massasini yoki tezligini bilish yetarli emas. Shuning uchun mexanik harakatlarning o'lchovlaridan biri sifatida maxsus kattalik - *jism impulsi* (harakat miqdori) kiritilgan. *Mexanik harakatning o'lchovi hisoblanuvchi fizik vektor kattalikka jismning impulsi deyiladi. Jism impulsi jism massasining uning harakatlanish tezligiga ko'paytmasi bilan o'lchanadi:*

$$\vec{p} = m \vec{v},$$

$\vec{p}$ – $\vec{v}$ tezlik bilan harakatlanayotgan massali jism impulsi.

Xalqaro birliklar sistemasida impuls birligi qilib, 1 m/s tezlik bilan harakatlanuvchi massasi 1 kg bo'lgan jism impulsi (sekundiga kilogramm metr) qabul qilingan:

$$[p]=1kg\cdot 1m/s=1kg\cdot m/s.$$

3. Kuch impulsi va jism impulsi orasidagi munosabat. Faraz qilaylik, m massali jism $\vec{v}_0$ tezlik bilan harakatlansin. Keyin bu jism t vaqt davomida boshqa jism bilan $\vec{F}$ kuch bilan o'zaro ta'sirlashsin. Bu o'zaro ta'sir jarayonida jism quyidagi tezlanish bilan harakatlansin:

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}$$

bunda $\vec{v}$ -o'zaro ta'sir oxiridagi jism tezligi. Biroq, Nyutonning ikkinchi qonuni bo'yicha $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$ bo'lsin. Binobarin, $\frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t} = \frac{\vec{F}}{m}$ yoki $\vec{F}t = m\vec{v} - m\vec{v}_0$. Hosil qilingan formulada $\vec{F}t$ -kuch impulsi, $m\vec{v}_0$ -jismning o'zaro ta'sirlashguncha impulsi, $m\vec{v}$ -jismning o'zaro ta'siridan keyingi impulsi, $m\vec{v} - m\vec{v}_0$ o'zaro ta'sir natijasida jism impulsining o'zgarishi. *Shunday qilib, jism impulsining o'zgarishi o'zaro ta'sir kuchi impulsiga teng.*

2. Impulsning saqlanish qonuni

1. Impulsning saqlanish qonuni. Faraz qilaylik, izolyatsiyalangan sistema boshlang'ich paytda tanlangan sanoq sistemasida mos ravishda $\vec{v}_0$ va $\vec{u}_0$ tezliklarga ega bo'lgan m va M massali o'zaro ta'sirlashuvchi ikkita jismdan iborat bo'lsin. Biror t vaqt oraliqlaridan so'ng ularning tezliklari o'zaro ta'sirlashishi natijasida $\vec{v}$ va $\vec{u}$ gacha o'zgaradi. Nyutonning uchinchi qonuniga ko'ra jismlar modullari bo'yicha teng va yo'nalishlari bo'yicha qarama-qarshi kuchlar bilan o'zaro ta'sirlashadi:

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2.$$

Bu kuchlarni impuls orqali yozilgan Nyutonning ikkinchi qonuni bo'yicha ifodalaymiz:

$$\vec{F}_1 = m\vec{a}_1 = m \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}; \vec{F}_2 = M\vec{a}_2 = M \frac{\vec{u} - \vec{u}_0}{t}.$$

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2, \text{ bo'lgani uchun } \frac{m\vec{v} - m\vec{v}_0}{t} = -\frac{M\vec{u} - M\vec{u}_0}{t} \text{ yoki}$$

$$m\vec{v} - m\vec{v}_0 = M\vec{u}_0 - M\vec{u}.$$

Jismlarning o'zaro ta'sirlashguncha impulsini tenglikning bir tomoniga, o'zaro ta'sirlashgandan keyingi impulsini boshqa tomoniga o'tkazib, quyidagini hosil qilamiz:

$$m\vec{v}_0 + M\vec{u}_0 = m\vec{v} + M\vec{u}.$$

Hosil qilingan ifodadan ko'rinadiki, yopiq sistemaga kiruvchi jismlar impulsning vektor yig'indisi bu sistema jismlari bir-birlari bilan har qanday o'zaro ta'sirida doimiy qoladi.

Bu impulsning saqlanish qonunidir.

Biz jismlarning o'zaro ta'siriga Nyutonning ikkinchi va uchinchi qonunlarini qo'llab, impulsning saqlanish qonuniga keldik. Biroq impulsning saqlanish qonuni Nyuton qonunlarining natijasi hisoblanmaydi. Bu hech qanday mustasnoqlikni bilmaydigan fundamental, mustaqil tabiat qonunidir. Bu qonun makroolamda va mikroolamda ham absolyut aniq bajariladi. Bu qonunning to'g'riligi insoniyatning butun amaliyotida tasdiqlangan.

2. Impulsning saqlanish qonunini tushuntiruvchi misol.

1) Faraz qilaylik, gorizontol turgan stolning silliq sirti bo'ylab massalari m va M bo'lgan ikkita po'lat sharcha bir-biriga burchak ostida harakatlansin. Ular tanlangan inersial sanoq sistemasida o'zaro ta'sirlashish (urilish) momentida $m\vec{v}_0$ va $M\vec{u}_0$ impulsarga, urilgandan so'ng $m\vec{v}$ va $M\vec{u}$ impulsarga ega bo'lsin.

Agar ishqalanish kuchi kichik, og'irlik kuchi esa tayanchning reaksiya kuchlari bilan muvozanatlashgan bo'lsa, u holda sistemani izolyatsiyalangan deb hisoblash mumkin. Nyutonning uchinchi qonuniga ko'ra, sharlarning o'zaro ta'sir kuchlari moduli bo'yicha teng va yo'nalishi bo'yicha qarama-qarshi $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$. Bu kuchlarni impulslar orqali yozilgan Nyutonning uchinchi qonuni bo'yicha ifodalaymiz: $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$ va $\vec{F}_{1t} = -\vec{F}_{2t}$ bo'lgani uchun $\dot{\vec{F}}_1 t = m\dot{\vec{v}} - m\vec{v}_0$; $\dot{\vec{F}}_2 t = M\dot{\vec{u}} + M\vec{u}_0$.

Shuning uchun $m\vec{v} - m\vec{v}_0 = -M\vec{u} + M\vec{u}_0$.

Jismlarning to'qnashguncha bo'lgan impulslarini tenglikning bir tomoniga, o'zaro to'qnashgandan so'nggi impulslarini esa boshqa tomoniga o'tkazib yozamiz:

$$m\vec{v}_0 + M\vec{u}_0 = m\vec{v} + M\vec{u}$$

Hosil qilingan ifoda izolyatsiyalangan sistemaga kiruvchi jismlar o'zaro ta'sirlashganda impulsning geometrik yig'indisi o'zgarmasligini bildiradi.

2) Yengil qo'zg'aluvchan aravachada sharcha va rezina tasma cho'zilgan holda turibdi deb faraz qilaylik Tasmani cho'zilgan holatda mustahkam ip bilan tortib turiladi. Ipga yonib turgan gugurt cho'pini yaqin keltiramiz: ip kuyib uziladi, tasma esa sharchani aravachadan uloqtirib yuboradi. Bunda tajribadan ko'rinadiki, aravacha sharchaning harakat tezligiga qarama-qarshi tomonga harakatlana boshlaydi Bu holda ham aravacha bilan sharchani izolyatsiyalangan sistema sifatida qarash mumkin, chunki tajriba jarayonida ularga boshqa jismlarning ta'siri namoyon bo'lmaydi: ishqalanish kuchi kichik, og'irlik kuchi esa tayanchning reaksiya kuchi bilan muvozanatlangan. Tajribagacha «aravacha-shar» yopiq sistemasining yig'indi impulsi nolga teng edi. Uning sharcha aravachani tark etayotgan paytdagi impulsini hisoblaymiz. Shu vaqtda aravachaning impulsini laboratoriya sanoq sistemasiga nisbatan $M\vec{u}$ orqali, sharchaning impulsini esa $m\vec{v}$ orqali

belgilaymiz. Dastlab bu jismlar laboratoriya bilan bog'liq sanoq sistemasiga nisbatan tinch holatda bo'lsa, u holda Nyutonning ikkinchi qonuniga binoan hosil qilingan impulslar quydagiga teng:

$$\vec{F}_{1t} = M\vec{u} \text{ va } \vec{F}_{2t} = m\vec{v} \text{ bundan } \vec{F}_1 = \frac{M\vec{u}}{t} \text{ va } \vec{F}_2 = \frac{m\vec{v}}{t}.$$

Biroq Nyutonning uchinchi qonuniga ko'ra $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$.

Binobarin, $\frac{M\vec{u}}{t} = -\frac{m\vec{v}}{t}$. t ni qisqartirib va barcha hadlarni tenglikning chap tomoniga o'tkazib

$$M\vec{u} + m\vec{v} = 0$$

ni hosil qilamiz, ya'ni sistemaning impulslar yig'indisi tajribadan so'ng o'zgarmaydi va avvalgicha nolga teng bo'ldi.

3. Reaktiv harakat

1. Reaktiv harakat haqida tushuncha. Tinch, sokin ko'l sirtida bir xil toshlar yuklangan qayiq turibdi, deb faraz qilamiz. Toshlar ustida odam turibdi (6-rasm). Qayiq, odam va toshlarni jismlarning yopiq sistemasi kabi qarab chiqish mumkin, chunki ularning atrof-muhit (suv va havo) bilan o'zaro ta'siri sezilarsiz: ishqalanish kichik, og'irlik kuchi esa muvozanatlangan. Agar odam toshlarni birin-ketin gorizontal yo'nalishda bir xil vaqt oraliqlarida qayiqqa nisbatan bir xil $\vec{v}$ tezlikda uloqtirsa, qanday hodisa ro'y berishini qarab chiqamiz. Odam m massali birinchi toshni uloqtirib, unga $m\vec{v}$ impuls beradi. Impulsning saqlanish qonuni bo'yicha qayiq, odam va qayiqda qolgan toshlar moduli bo'yicha teng, lekin qarama-qarshi yo'nalgan $-m\vec{v} = (M-m)\vec{u}$ impulsiga erishadi, bunda $(M-m)$ —odam va qolgan toshlar bilan qayiqning massasi, $\vec{u}_1$ —qayiqning qirg'oqqa nisbatan tezligi. Bu tenglikdan qayiqning qirg'oqqa nisbatan tezligini topamiz:

$$\vec{u}_1 = -\frac{m \vec{v}}{M - m} = -\frac{m}{M - m} \vec{v}.$$

Hosil qilingan bu formuladan ko'rinadiki, qayiqning harakatlanish tezligi uloqtirilgan tosh massasining qayiq massasiga nisbati va toshning tezligi qancha katta bo'lsa, shuncha katta bo'ladi.

Ikkinchi tosh uloqtirilgandan so'ng qayiqning tezligi qirg'oqqa nisbatan $\Delta \vec{u}_2$ ga ortadi. Qayiq ishqalanishsiz harakatlanadi, deb hisoblaymiz. U holda ikkinchi uloqtirishdan so'ng qayiqning ko'lga nisbatan harakatlanish tezligi $\vec{u}_1 + \Delta \vec{u}_2$ ga teng bo'ladi. Uchinchi tosh uloqtirilgandan so'ng qayiqning tezligi $\Delta \vec{u}_3$ ga ortadi, qayiqning qirg'oqqa nisbatan natijaviy tezligi esa $\vec{u}_1 + \Delta \vec{u}_2 + \Delta \vec{u}_3$ bo'ladi. Qarab chiqilgan misolda biz yopiq sistemada jismlarning bir-biridan itarilishida hosil bo'lgan harakat bilan tanishdik. Bunday harakat *reaktiv harakat* deb ataladi.

2. Reaktiv harakatga doir misollar. Kundalik hayotimizda reaktiv harakatni juda ko'p kuzatamiz. Vodoprovod jo'mragidan chiqayotgan shovqinni kamaytirish uchun ba'zida rezina trubka kiygiziladi. Suv tushayotganida trubka tushayotgan suv oqimiga qarama-qarshi tomonga og'adi. Ehtimol, har biringiz bog' uchastkasiga suv quyishda (sepishda) o'rab qo'yilgan shlangdan suv oqa boshlaganda shlang to'g'rilanib qolishini kuzatgandirsiz. Bunga suv oqimining kuchi majbur qiladi. Katta bo'lmagan maydonlarni yomg'ir yog'dirib sug'orish uchun qo'llaniladigan uzoqqa suv otuvchi yog'diruvchi moslama stvoli aylanish o'qi atrofida uzluksiz aylanadi). Buning uchun stvol uchini gorizontal tekislikda ozgina bukiq qo'yish kifoya undan chiqayotgan suv oqimi stvolni aylantiruvchi reaktiv kuchni hosil qiladi. Har birimiz «raketa» so'zini eshitganmiz va raketadan Yer atrofidagi fazoni hamda Quyosh sistemasini o'rganish uchun foydalanilishini bilamiz. Lekin, sizlardan ko'pchiligingiz raketa qanday tuzilgan va nima sababdan

harakatlanishini yetarlicha yaxshi bilmasligingiz mumkin. Oddiy holda raketa qobiq va qobiqdan chiqarib yuboriladigan moddadan iborat. Raketa modelining uchishini kuzatamiz. Unga havo damlaymiz, uni uchiruvchi qurilmaga o'rnatamiz va klapani ochamiz). (Hisoblashlarni soddalashtirish uchun havoning hamma qismi raketadan bir onda chiqib ketadi, deb hisoblaymiz). Raketadan chiqayotgan qisilgan havo $\vec{p}_1 = m\vec{v}$ impuls oladi, bunda m -havo massasi, $\vec{v}$ -uning chiqish tezligi. Raketa moduli bo'yicha teng, biroq qarama-qarshi yo'nalgan $\vec{p}_2 = M\vec{u}$ impulsiga erishadi, bunda M va $\vec{u}$ - mos ravishda uning massa va tezligi. Raketaning tezligi

$$\vec{u} = - \frac{m}{M} \vec{v}$$

ga teng. Natijada raketa ozgina ko'tariladi va qulab tushadi. U uchmaydi. Bu raketadan chiqayotgan havo massasining uning massasiga nisbatan kichikligi va shuning uchun raketa olgan tezlanish uncha katta bo'lmasligi bilan tushuntiriladi. Bu farazni tekshirish uchun raketaga uning hajmining taxminan yarmi to'lguncha suv quyamiz va nasos yordamida raketaga havo damlaymiz.

Tajribani takrorlab (ochiq fazoda o'tkazilishi kerak), biz raketaning shiddat bilan yuqoriga-balandga ko'tarilishini, so'ngra og'irlik kuchi ta'sirida Yerga tushishini kuzatamiz. Tajriba bizning farazimizni tasdiqlaydi: raketadan chiqayotgan jismlar massalarining uning xususiy massasiga (ichidagi hamma jismlar bilan birgalikda) nisbati qancha katta bo'lsa, oxirgi tezligi shuncha katta bo'ladi.

$$\vec{u} = - \frac{m}{M} \vec{v} \text{ formula raketa tezligini oshirishning ikkinchi yo'lini}$$

ko'rsatadi: m massali chiqindining $\vec{v}$ tezligini oshirish kerak. Bu farazni tekshirish uchun yuqoridagi tajribani takrorlaymiz, biroq endi raketaga undan suvning katta tezlik bilan chiqishini ta'minlaydigan qilib yuqori bosimgacha havo damlaymiz. Bu holda raketa ancha yuqoriga ko'tariladi va bizning farazimiz to'g'riligini tasdiqlaydi.

Tajribada biz suv va qisilgan (siqilgan) havodan foydalandik. Texnikada qo'llaniladigan raketalarda reaktiv harakatni olish uchun yonilg'ining maxsus turlari yoqiladi, bunda yonishda hosil bo'lgan gazlar raketani katta tezlik bilan tashlab chiqib ketadi.

Raketa-ajoyib kashfiyot. Avtomobil harakatlanishi uchun yo'l zarur bo'lib, u yo'ldan itarilib harakatlanishi mumkin. Teploxodga xuddi shu maqsad uchun suv kerak, dirijablga - havo, raketa esa yonilg'i yonganda hosil bo'ladigan gazlar bilan o'zaro ta'sirlashish natijasida harakatlanadi. Shuning uchun raketalardan kosmik kemalarni uchirishda va koinotda ularning uchishlarini boshqarishda foydalaniladi. Reaktiv harakat prinsipi tabiatda ham uchraydi, masalan, ba'zi hasharotlar va hayvonlar shu prinsipda harakatlanadi. Zamonaviy raketa - bu juda murakkab inshoot bo'lib, undan quyidagi asosiy qismlarni ajratib ko'rsatish mumkin: raketa qobig'i, yonilg'i baklari, reaktiv dvigatellari, foydali yuk konteyneri va boshqarish qurilmasi. Raketalariga o'rnatiladigan reaktiv dvigatellarni *raketa dvigatellari* deb atash qabul qilingan.

Raketa dvigatellari. Hozirgi vaqtda termoximiyaviy raketa dvigatellari keng qo'llaniladi, bunday yonilg'i yonganda qattiq qizdirilgan va siqilgan gazlar hosil bo'ladi, so'ngra bu gazlar tashqariga chiqadi. Shunday qilib, yonilg'ilarning ichki energiyasi dvigatellardan oqib chiqayotgan yonilg'i mahsulotlarining kinetik energiyasiga aylanadi.

Ishlatilayotgan yonilg'ining agregat holatiga bog'liq holda termoximik raketa dvigatellari suyuq yonilg'ili raketa dvigatellari (SYORD) va qattiq yonilg'ili raketa dvigatellari (QYORD)ga ajraladi.

SYORD da ikkita tashkil etuvchi komponentdan iborat yonilg'i qo'llaniladi: yonilg'i (masalan, kerosin, gidrozin, suyuq vodorod) va oksidlovchi (masalan, suyuq kislorod).

SYORD da yonilg'i va oksidlovchi yonish kamerasiga turbonasosli sistema yordamida haydaladi va sachratish, aralashtirish va yonish sodir bo'ladi. Uning prinsipial sxemasi 10-rasmda tasvirlangan. Cheklangan hajmli yonilg'i intensiv yonganda 3000-5000°C temperatura va katta bosimda gazlar hosil bo'ladi. 11-rasmda raketa qobig'ida asosiy bloklarning taxminiy joylashuvi ko'rsatilgan. Yonish kamerasining ichida va tashqarisida bosimlar farqining katta bo'lishiga va sopoldagi maxsus shakldagi tirqish katta tezliklarga tezlashgan kuchli gaz oqimini yuzaga keltiradi.

O'zaro ta'sir natijasida o'zaro ta'sirlashuvchi jismlar energiyasi o'zgarishi mumkin. O'zaro ta'sirlashuvchi jismlar energiyasining o'zgarishini xarakterlash uchun maxsus fizik kattalik - kuchning ishi kiritilgan.

5. Faraz qilaylik, jismga $\vec{F}$ doimiy kuch qo'yilgan, bu kuch ta'sirida jism kuch yo'nalishi bilan s masofaga ko'chsin (13-rasm). Bunda jismning mexanik vaziyati o'zgaradi, chunki uning masofada vaziyati va tezligi o'zgaradi.

Ravshanki, $\vec{F}$ kuch va s masofa qancha katta bo'lsa, bir xil sharoitlarda, jismning vaziyati shuncha ko'p o'zgaradi. Siz VI sinf fizika kursidan kuch yo'nalishi ko'chish yo'nalishi bilan mos tushgan holda kuch modulini ko'chirish moduliga ko'paytmasiga teng bo'lgan A skalyar kattalik kuchning ishi deb atalishini bilar edingiz:

$$A = F s .$$

Biroq kuch va ko'chish yo'nalishlari mos tushmasligi mumkin (14-rasm). Bunday holda ishni qanday hisoblash kerak? $\vec{F}$ kuchni $\vec{F}_1$ va $\vec{F}_2$ kuchlar yig'indisi deb faraz qilaylik.

Jism vertikal yo'nalishda ko'chmaydi, shuning uchun $\vec{F}_2$ kuch ish bajarmaydi, $\vec{F}$ kuchning ishi $\vec{F}_1$ kuchning ishiga teng. $A = F_1 s$. Biroq $F_1 = F \cos \alpha$, shuning uchun

$$A = F s \cos \alpha$$

Shunday qilib, doimiy kuchning ishi kuch vektori modulining ko'chish vektori moduliga va shu vektorlar orasidagi burchak kosinusi ko'paytmasiga teng. Xalqaro birliklar sistemasida ish birligi qilib 1 m yo'lda 1 N kuch bilan bajarilgan ish qabul qilingan. Bu birlik ingliz fizigi Jeyms Joule sharafiga Joule (J) deb ataladi.

$$A = 1J = 1N \cdot 1m = 1kg \cdot \frac{m}{s^2} \cdot 1m = 1 \frac{kg \cdot m^2}{s^2}.$$

Ini o'lchash uchun jouldan tashqari uning ulushli va

karrali birliklari, shuningdek, sistemadan tashqari birliklari qo'llaniladi:

$$1\text{vatt} \cdot \text{soat} = 1Wt \cdot \text{soat} = 3600J = 3,6 \cdot 10^3 J,$$

$$1\text{gektovatt} \cdot \text{soat} = 1gWt \cdot \text{soat} = 360000J = 3,6 \cdot 10^5 J,$$

$$1\text{kilovatt} \cdot \text{soat} = 1kWt \cdot \text{soat} = 3600000J = 3,6 \cdot 10^6 J,$$

$$1\text{megavatt} \cdot \text{soat} = 1MWt \cdot \text{soat} = 3600000000J = 3,6 \cdot 10^9 J.$$

Shu vaqtgacha biz kuch yo'nalishi va jism ko'chishi yo mos tushadi yo o'tkir burchak tashkil qiladi deb hisoblab keldik. Harakat yo'nalishiga qarama-qarshi yo'nalgan harakatga to'sqinlik qilayotgan kuch ish bajaradimi? Masalan, sirpanish ishqalanish kuchi ish bajaradimi?

Ular uchun $\cos \alpha = \cos 180^\circ = -1$ va $A = -Fs$. Binobarin bunday kuchlarning ishi manfiydir.

Masalan, jism yuqoriga ko'tarilayotganda og'irlik kuchi, suvga sakrovchi suvga tushganda suvning qarshilik kuchi, ishqalanish kuchi va hokazolar manfiy ish bajaradi.

6. Ish va energiyaning o'zaro bog'liqligi

Energiya barcha harakat turlarining umumiy (universal) miqdoriy o'lchovidir. Energiya harakatlarni xarakterlash uchun kiritilgan boshqa kattaliklar bilan qanday bog'langan va u qanday birliklarda o'lchanadi?

1. Kuchning ishi va kinetik energiya. VI sinf fizika kursidan ma'lumki, harakatlanayotgan jism yoki zarra erishgan energiyaga kinetik energiya deb ataladi. Kuchning ishi bilan shu kuch ta'sir etayotgan jismning kinetik energiyasi orasidagi o'zaro bog'lanishni topamiz.

Faraz qilaylik, m massali jism to'g'ri chiziq bo'ylab ishqalanishsiz v tezlik bilan chapdan o'ngga harakatlanadi. Bu vaqtda unga tezlanish beradigan $\vec{F}$ kuch ta'sir qila boshlaydi. Jism kuch ta'siri ostida t -vaqtda s masofani bosib o'tadi. Bu masofaning oxirida jismning tezligi v ga teng bo'ldi. F kuchning ishini topamiz.

Kuch va ko'chish yo'nalishi mos tushadi, shuning uchun kuchning ishini quyidagi formula bo'yicha hisoblab topish mumkin:

$$A = Fs.$$

Bu formulada kuch va ko'chishlarni ularning qiymatlari bilan almashtiramiz:

$$F = ma = m \frac{v_2 - v_1}{t}; \quad s = v_{\text{sr}} t = \frac{v_1 + v_2}{2} t.$$

$$A = Fs = m \frac{v_2 - v_1}{t} \cdot \frac{v_1 + v_2}{2} t = \frac{m}{2} (v_2^2 - v_1^2).$$

$$A = \frac{m v_2^2}{2} - \frac{m v_1^2}{2}.$$

Hosil qilingan formulada $\frac{m v_2^2}{2}$ had jismning oxirgi vaziyatini, $\frac{m v_1^2}{2}$ had esa boshlang'ich vaziyatni xarakterlaydi.

Kuch ta'siri natijasida jismning kinetik energiyasi o'zgaradi, shuning uchun tabiiyki, ikkinchi had kuch ta'siri qo'yilgan paytdagi kinetik energiyaga, birinchi had esa jismning kuch ta'siri to'xtayotgan paytdagi kinetik energiyasiga teng deb hisoblash mumkin:

$$W_{k1} = \frac{m v_1^2}{2}; \quad W_{k2} = \frac{m v_2^2}{2}.$$

Shunday qilib, kuchning ishi jism kinetik energiyasining o'zgarishiga teng:

$$A = W_{k2} - W_{k1} = \Delta W_k.$$

Og'irlik kuchining ishi va potensial energiyasi. Siz jismlar va zarralarning o'zaro joylashishiga bog'liq bo'lgan energiya potensial energiya deb atalishini bilasiz. Jismlar sistemasining potensial energiyasi kinetik energiya singari o'zgarishi mumkin. Potensial energiya va og'irlik kuchining ishi orasidagi bog'lanishni topamiz. Faraz qilaylik, m massali jism, h_1 balandlikdan h_2 balandlikkacha tushsin (16-rasm). Q og'irlik kuchining $h = h_1 - h_2$ qismda bajargan ishini topamiz. Bu holda $A = Qs = Q(h_1 - h_2)$, biroq, $Q = mg$, demak, $A = mg(h_1 - h_2) = mgh_1 - mgh_2$. Hosil qilingan munosabatni o'ng tomondagi birinchi had jismning boshlang'ich vaziyatini, ikkinchisi esa oxirgi vaziyatini xarakterlaydi. Jismning tushishi natijasida uning potensial energiyasi o'zgaradi, u holda mgh_1 had birinchi holatdagi jismning potensial energiyasiga tengligi, mgh_2 had esa ikkinchi holatdakisiga tengligi tabiiydir. Potensial energiyani W_p harfi bilan belgilasak, u holda

$$W_{P1} = mgh_1; \quad W_{P2} = mgh_2.$$

Shunday qilib, og'irlik kuchining ishi jism potensial energiyasining o'zgarishiga teng:

$$A = W_{P1} - W_{P2} = -(W_{P2} - W_{P1}) = -\Delta W_P$$

«-» ishora og'irlik kuchining ishi natijasida tortishish maydonidagi jismning potensial energiyasi kamayganini bildiradi.

Elastiklik kuchining ishi va potensial energiya. Faraz qilaylik, elastik deformatsiyalangan (cho'zilgan) prujina qaytayotganda qandaydir jismni ko'chirsin. Prujina uzunligi x_1 dan x_2 gacha (17-rasm), ya'ni $s = x_1 - x_2$ masofaga o'zgarganda elastiklik kuchining ishini hisoblaymiz.

Bizga ma'lumki, elastiklik kuchi prujina deformatsiyalanishiga bog'liq, ushbu holda u F_1 dan F_2 gacha o'zgaradi. Kuch - ko'chishga chiziqli bog'liq bo'lgan o'zgaruvchan kattalik bo'lsa, u holda ishni hisoblash uchun kuchning o'rtacha qiymatini olish kerak:

$$F_{o'rt} = \frac{F_1 + F_2}{2}.$$

Biroq, $F_1 = kx_1$; $F_2 = kx_2$. Shuning uchun

$$F_{o'rt} = \frac{kx_1 + kx_2}{2} = \frac{k}{2}(x_1 + x_2). \text{ U holda}$$

$$A = F_{o'rt} \cdot s = \frac{k}{2}(x_1 + x_2)(x_1 - x_2) = \frac{k}{2}(x_1^2 - x_2^2).$$

$$\text{Shunday qilib, } A = \frac{kx_1^2}{2} - \frac{kx_2^2}{2}.$$

Elastiklik kuchining ishi natijasida prujinaning potensial energiyasi o'zgargani sababli hosil qilingan ifodaning birinchi hadi prujinaning

boshlang'ich vaziyatidagi, ikkinchi hadi esa prujinaning keyingi vaziyatdagi potensial energiyasiga teng bo'lishi tabiiy:

$$A = W_{P1} - W_{P2} = -(W_{P2} - W_{P1}) = -\Delta W_P.$$

Shunday qilib, elastiklik kuchining ishi qarama-qarshi ishora bilan olingan potensial energiya o'zgarishiga teng:

«-» ishora elastiklik kuchi bajargan ishi natijasida potensial energiya kamayganligini ko'rsatadi.

Ish - energiya o'zgarishining o'lchovidir. Yuqorida qarab chiqilgan misollar $\vec{F}$ kuchning ishi barcha hollarda jism energiyasining o'zgarishiga tengligini ko'rsatdi. Binobarin, o'zgarishning ishi energiya aylanishining o'lchovi bo'ladi.

$$A = \pm \Delta W.$$

Barcha aytilganlarga xulosa qilib, kuchning ishiga quyidagicha ta'rif berish mumkin: *Bir turdagi energiya o'zgarishining o'lchovi hisoblanuvchi fizik skalyar kattalikka ish deb ataladi. O'zgarmas kuchning ishi kuch moduli, ko'chish moduli va kuch vektori bilan ko'chish vektori orasidagi burchak kosinusi ko'paytmasiga teng:*

$$A = F s \cos \alpha.$$

Kuch o'zgaruvchan, masalan, elastiklik kuchi bo'lgan holda ishni hisoblash uchun mazkur ko'chishda kuchning o'rtacha qiymatini olish kerak.

5. Ikkita muhim xulosa. Bir turdagi energiya o'zgarishining o'lchovi bo'lgan skalyar kattalik ish deb atalgani uchun quyidagi ikkita oddiy, lekin juda muhim xulosa kelib chiqadi: Birinchi xulosa: *energiya - skalyar kattalik.* Ikkinchi xulosa: *energiya ish birliklarida o'lchanadi.*

7. Mexanik energiyaning aylanish va saqlanish qonuni

Bizni o'rab olgan olamda hamma narsa harakatlanadi, hammasi o'zgaradi. Bunda harakatning bir turi boshqasiga aylanadi, demak, energiya turlarining o'zaro aylanishi sodir bo'ladi. Mexanik jarayonlarda energiya aylanishiga misollar qarab chiqamiz.

1. Kinetik va potensial energiyalarning o'zaro aylanishi. Ko'p sonli misollar kinetik va potensial energiyalar o'zaro bir-biriga aylanish mumkinligidan dalolat beradi. Bunday aylanishlarga misol keltiramiz.

Massali jismni u_0 tezlik bo'yicha yuqoriga vertikal otamiz (18-rasm). Jism otilgan paytda kinetik energiyaga ega bo'ladi.

$W_k = \frac{m u_0^2}{2}$. Jism ko'tarilayotganda tezligi kamayadi. Demak, uning kinetik energiyasi ham kamayadi. Biroq bir vaqtda jism yuqoriga qarab harakatlangani uchun uning potensial energiyasi ortadi:

$$W_p = mgh ,$$

bunda h -jismning ko'tarilish balandligi.

H maksimal balandlikda jismning kinetik energiyasi nolga teng, potensial energiyasi esa maksimal qiymatga erishadi:

$$W_p = mgH.$$

Biroq ko'tarilishning maksimal balandligi: $H = \frac{v_0^2}{2g}$. Bu balandlik qiymatini potensial energiya formulasiga qo'yib, quyidagini hosil qilamiz:

$$W_p = mgH = mg \frac{v_0^2}{2g} = \frac{mv_0^2}{2}.$$

Biz jism ko'tarilayotganda uning kinetik energiyasi potensial energiyaga aylanishini va miqdoran o'zgarmasligini ko'ramiz.

Jism pastga tushayotganda uning potensial energiyasi moduli bo'yicha teng bo'lgan kinetik energiyaga aylanadi. Jism bir vaqtda ham potensial energiyaga, ham kinetik energiyaga ega bo'lishi mumkin. Masalan, biz qarab chiqqan misollarda jism trayektoriyasidagi nuqtalar oraliqlarida jism ham potensial, ham kinetik energiyaga ega bo'lishi mumkin. Potensial va kinetik energiyalarning yig'indisiga to'liq mexanik energiya deb ataladi. Odatda uni E harfi bilan belgilanadi:

$$E = W_k + W_p.$$

2. Mexanik energiyaning saqlanish qonuni. Faraz qilaylik, yopiq (izolyatsiyalangan) jismlar sistemasida, (bunda ishqalanish kuchi ta'sir qilmaydi va noelastik deformatsiya yo'q) jismlarning o'zaro ta'sir jarayonida ichki kuchlar A ish bajaradi. Bu ish sistemaning potensial va kinetik energiyalari o'zgarishiga olib keladi. Sistema ichki kuchlarining ishini uning kinetik va potensial energiyalari orqali ifodalaymiz:

$$A = W_{k2} - W_{k1} \text{ va } A = W_{p1} - W_{p2}.$$

A ish aynan bir xil bo'lgani uchun bu tengliklarning o'ng tomonlarini tenglashtirib, quyidagini hosil qilamiz:

$$W_{k2} - W_{k1} = W_{p1} - W_{p2}.$$

Sistemani aynan bir holatiga tegishli bo'lgan hadlarni guruhlab, quyidagini hosil qilamiz:

$$W_{k2} + W_{p2} = W_{k1} + W_{p1} \text{ yoki}$$

$$W_{k1} + W_{p1} = W_{k2} + W_{p2}.$$

Tenglikning chap tomonida sistemaning o'zaro ta'sirlashuvchi to'liq mexanik energiyasi, o'ng tomonida esa o'zaro ta'sirlashgandan keyingi to'liq mexanik energiyasi turibdi. Ular teng bo'lgani uchun izolyatsiyalangan sistemaning to'liq mexanik energiyasi (bunda ishqalanish kuchi ta'sir qilmaydi va elastik deformatsiya yo'q) sistemadagi o'zgarishlarda o'zgarmas qoladi:

$$E = W_k + W_p = \text{const.}$$

Hosil qilingan qonuniyatga *mexanik energiyaning saqlanish* qonuni deb ataladi.

8. Kuch momenti

Qattiq jism aylanma harakat dinamikasining asosiy kattaliklari - impuls momenti va kuch momenti tushunchalari bir-biri bilan chambarchas bog'liqdir. Kuch momenti nuqtaga nisbatan bo'lsa, impuls momenti o'qqa nisbatandir. SHuning uchun ularni bir-biri bilan almashtirish mumkin emas. Har qanday vektorning biror nuqtaga nisbatan momenti vektor kattalik bo'lgani uchun, kuch momenti ham vektor kattalikdir. Impuls momenti esa vektor kattalik emas.

Endi qattiq jismning biror 0 nuqtasiga nisbatan kuch vektori $\vec{F}$ ning yoki impuls vektori $\vec{P}$ ning momentini qarab chiqaylik (19-rasm). Bu nuqta **bosh nuqta yoki qutb** deb ataladi. Massa markazidan o'tgan 00' o'qqa

mahkamlangan jismning, shu o'qdan r masofaga joylashgan qandaydir A nuqtasiga istalgan yo'nalishda $\vec{F}^0$ kuch qo'yamiz.

$\vec{F}^0$ – kuch vektori bilan ustma-ust tushgan chiziqqa kuchning ta'sir chizig'i deb ataladi.

Aylanish o'qiga perpendikulyar bo'lgan tekislikda yotuvchi kuchning $\vec{F}_i$ tashkil etuvchisi jismning aylanishiga sabab bo'lishi mumkin.

$\vec{F}_n$ – tashkil etuvchisi esa, 00' o'q bo'ylab ilgarilanma harakatni vujudga keltiradi.

Kuchning $\vec{F}_{\tau i}$ – tangentsial tashkil etuvchisi ta'sirida, m_i massali A nuqta $\vec{r}$ radiusli aylanani chizishi mumkin.

$\vec{F}_i$ kuchning aylantirish effekti 00' o'q bilan kuchning ta'sir chizig'i orasidagi masofa katta bo'lishi bilan orta boradi.

Radius vektor $\vec{r}_i$ ning $\vec{F}_i$ kuchga vektor ko'paytmasi kuchning ixtiyoriy qo'zg'almas 00' o'qqa nisbatan kuch momenti deb ataladi.

$$\vec{M}_i = [\vec{r}_i \cdot \vec{F}_i]$$

Kuch momentining moduli quyidagiga teng

$$|\vec{M}_i| = [[\vec{r}_i \cdot \vec{P}]] = M_i = F_i \cdot r \sin \alpha$$

Ucha $\vec{r}_i$, $\vec{F}_i$, $\vec{M}_i$ vektorlar o'ng parma qoidasiga bo'ysungani uchun kuch momentining yo'nalishi 00' o'q bo'yicha yo'nalgan bo'ladi.

Massasi m ga teng bo'lgan moddiy nuqta $\vec{v}$ tezlik bilan harakatlanayotganda $\vec{P}$ impulsiga ega bo'ladi. $\vec{r}$ – radius vektoring $\vec{P}$ impulsiga vektor ko'paytmasi impuls momenti deb ataladi.

$$\vec{L} = [\vec{r} \cdot \vec{P}] = [\vec{r}(m \cdot \vec{v})] = m[\vec{r} \cdot \vec{v}]$$

$\vec{L}$ – impuls momentining vektori yo'nalishi parma qoidasi asosida aniqlanadi

$\vec{r}$ - radius vektor va $\vec{P}$ - impuls vektori yotgan tekislikka perpendikulyar ravishda 0 nuqtaga joylashtirilgan parma dastasining aylanma harakat yo'nalishi impuls yo'nalishi bilan mos tushganda, parmaning ilgarilanma harakat yo'nalishi impuls momenti $\vec{L}$ ning yo'nalishini ko'rsatadi.

Impuls momentining moduli quyidagiga tengdir

$$[\vec{L}] = [\vec{r} \cdot \vec{P}] = r \cdot P \sin \alpha ,$$

Moddiy nuqta impuls momenti o'zgarish qonunini impuls momentining vaqt bo'yicha hosilasi orqali topamiz

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \frac{d}{dt} [\vec{r} \cdot \vec{P}] = \left[\frac{d\vec{r}}{dt} \cdot \vec{P} \right] + \left[\vec{r} \cdot \frac{d\vec{P}}{dt} \right] ,$$

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = [\vec{v} \cdot \vec{P}] + [\vec{r} \cdot \vec{F}] ,$$

$\vec{v}$ va $\vec{P}$ vektorlar parallel, kolleniari vektorlarning ko'paytmasi bo'lgani uchun $[\vec{v} \cdot \vec{P}] = 0$ ga teng bo'ladi, u holda

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = [\vec{r} \cdot \vec{F}] = \vec{M}_c$$

ya'ni

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{M}_c ,$$

Moddiy nuqta impulsining biror nuqtaga nisbatan o'zgarishi, shu moddiy nuqtaga ta'sir qiluvchi kuch momentiga tengdir.

Agar $\vec{M} = 0$ bo'lsa, impuls momentining saqlanish qonunini ifodasiga ega bo'lamiz.

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = 0 , \quad \vec{L} = [\vec{v} \cdot \vec{P}] = [\vec{r} \cdot m \cdot \vec{v}] = const ,$$

Ixtiyoriy o'q atrofida aylanma harakat qilayotgan moddiy nuqtaga tashqi kuch momenti ta'sir etmasa, u o'zining impuls momentini miqdor va yo'nalishi jihatdan o'zgarmas holda saqlaydi.

9. Aylanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasi

SHu vaqtgacha aylana bo'ylab harakat tenglamalarini chiziqli tezlik orqali ifoda qilgan edik. Endi shu ifodalarni burchak tezlik ω va burchakli tezlanish β

$$\frac{d\omega}{dt} = \beta$$

orqali ifodalaymiz.

1. Impuls momenti.

$$\vec{L} = [\vec{r} \cdot \vec{P}] = [\vec{r} \cdot m \cdot \vec{v}] = m[\vec{r} \cdot \vec{v}]$$

chiziqli tezlik burchak tezlik bilan quyidagicha bog'langan $\vec{v} = \omega \vec{r}$, u holda

$$L_z = m[\vec{r} \cdot \omega \vec{r}] = mr^2 \cdot \omega$$

$\vec{L}_z$ - moddiy nuqta impulsining z o'qqa nisbatan impuls momentidir.

Moddiy nuqta impulsining z aylanish o'qiga nisbatan **inertsiya momenti** uning massasining aylanish radiusi kvadrati ko'paytmasiga teng bo'lgan fizik kattalikdir.

$$I_z = \frac{\vec{L}_z}{\omega} = m\vec{r}^2$$

Qattiq jismning z aylanish o'qiga nisbatan impuls momenti - $\vec{L}_z$ shu o'qqa nisbatan inertsiya momenti I_z - ning burchak tezlikka ko'paytmasiga tengdir.

$L_z = I_z \cdot \omega$ Endi impuls momentining o'zgarishini aniqlaymiz.

$$\frac{d\vec{L}_z}{dt} = \frac{d(I_z \omega)}{dt} = M_z$$

$$\frac{dL_z}{dt} = I_z \cdot \frac{d\vec{\omega}}{dt} = I_z \cdot \vec{\beta} = \vec{M}_z$$

Shunday qilib, qattiq jismning z aylanish o'qiga nisbatan inertsiya momentini burchak tezlanishga ko'paytmasi, tashqi kuchning shu o'qqa nisbatan natijaviy kuch momentiga teng bo'ladi.

Yuqoridagi ifoda qattiq jism aylanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasidir, u $\vec{F} = m\vec{a}$ tenglamaga o'xshash bo'lgani uchun ba'zan uning qattiq jism aylanma harakati uchun Nyutonning ikkinchi qonuni deb ataladi.

Agar aylanish o'qiga ega bo'lgan jismga tashqi kuchlar ta'sir qilmasa

$$\vec{M}_z = 0 \quad d\vec{L}_z = \vec{M}_z dt = 0 \text{ yoki}$$

$$d\vec{L}_z = d(I_z \cdot \vec{\omega}) = \vec{M}_z dt = 0 \quad L_z = I_z \vec{\omega} = \text{const}$$

Bu ifoda **impuls momentining saqlanish qonunidir**.

Aylanish o'qiga ega bo'lgan qattiq jismga tashqi kuchlar ta'sir etmasa yoki ularning aylanish o'qiga nisbatan kuch momenti nolga teng bo'lsa, qattiq jismning aylanish o'qiga nisbatan impuls momenti miqdor va yo'nalishi jihatidan o'zgarmay qoladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YHATI

1. Savelev I.V. Umumiy fizika kursi. T.: , «O'qituvchi», 1973. t. 1
2. Savelev I. V. Kurs fiziki. M.: Nauka 1989 t. 1
3. Trofimova T. I. Kurs fiziki. M.: Vysshaya shkola, 1985
4. Detlaf A.A., YAvorskiy B.M. Kurs fiziki. M.: Vysshaya shkola, 1989
5. Ismoilov M., Xabibullaev P.K., Xaliullin M. Fizika kursi Toshkent «O'zbekiston», 2000
6. Rahmatullaev M. «Umumiy fizika kursi». Mexanika, O'qituvchi, 1995
7. Ahmadjonov O. Fizika kursi. T.: «O'qituvchi», 1987. t. 1,2,3- qismlar
8. Nu'monxo'jaev A.S. Fizika kursi, 1-q., O'qituvchi, 1992