

O`zbekiston Respublikasi Oliy va O`rta
maxsus ta`lim vazirligi

Toshkent Avtomobil- Yo`llar Instituti

Fizika kafedrası

Tasdiqlayman
№ 6, 14-yanvar 2009 yil.
K.T.F. ilmiy – uslubiy kengashi
raisi t.f.n. dots. Misirov Sh.Ch.

F I Z I K A

(Mexanika, tebranish va to`lqinlar, molekulyar fizika, termodinamika,elektr)

I-qism
Ma`ruzalar matni

Toshkent-2009

1- Ma'ruza.

FIZIKA FANI VA UNI BOSHAQ FANLAR BILAN BOG'LIQLIGI.

R E J A

1. Fizika fani va uni texnika bilan bog'liqligi.
2. Mexanika, mexanik harakat. Kinematika elementlari.
3. Tezlik va tezlanish. Normal va tangensial tezlanishlar.
4. Aylanma harakat kinematikasi. Burchakli tezlik va burchakli tezlanish.

Tayanch so'z va iboralar: Fizika, texnika, tajriba, eksperiment, nazariya, kinematika, dinamika, statika, materiya, harakat, klassik mexanika, relyativistik mexanika, fazo, vaqt, sanoq tizimi, trayektoriya, ko'chish, tezlik, tezlanish, normal tezlanish, tangensial tezlanish. Aylanma harakat, burchakli tezlik, burchakli tezlanish,

Fizika fani va uni texnika bilan bog'liqligi. Fizika - jonsiz tabiat qonunlari o'rganiladigan asosiy tabiat fanlaridan biridir. Fizikada o'rganiladigan hodisalar doirasini yoki bu fanning shartli chegaralarini aniqlash juda qiyin. Keyingi vaqtda fizikaning plazma fizikasi, elementar zarralar fizikasi, yarimo'tkazgichlar fizikasi, biofizika, qattiq jism fizikasi, geliyofizika kabi yangi bo'limlari intensiv rivojlanmoqda.

Fizikaning yangi bo'limlarining ochilishi va tadqiqi texnikaning yangi tarmoqlarini vujudga kelishiga olib keladi. Texnikaviy fanlarning taraqqiyoti o'z navbatida fizikada tadqiqot usullarining takomillashishiga yordam beradi: masalan, zaryadli zarralarni qudratli tezlatgichlarini texnikaning yuqori darajasi tufayligina yaratish mumkin bo'ldi.

Yuqori malakali mexanik yoki quruvchi bakalavr bo'lish uchun fizikaning asosiy qonun-qoidalarini, fizikaviy hodisalarni chuqur bilishi va tahlil qilishi zarur. Chunki mashinasozlikni, jumladan avtomobilsozlikni jadal suratlar bilan rivojlanishi, fizikaning rivojlanishiga bog'liqdir. Avtomobil dvigatellarining yangidan-yangi hillari, avtomobil tezligini katta qiymatlarga yetkazish yo'l harakat havfsizligini ta'minlash kabi muammolar fizikani rivojlanishiga asoslangan.

Fizika materiyaning tuzilishi va materiya harakatining eng umumiy ko'rinishlarini o'rganadi. O'rganish tajriba asosida boshlanadi. Hodisalarni tabiiy sharoitlarda o'rganish asosida tajriba ortirish **kuzatish** deb, hodisalarni sun'iy sharoitda, ya'ni laboratoriya sharoitlarida amalga oshirib tajriba o'tqazishni esa **eksperiment** deb atash odat bo'lib qolgan. Tajribalarda yig'ilgan axborotlar hodisani tushuntirish uchun gipoteza (ilmiy faraz)lar yaratishga asos bo'lib hizmat qiladi. Tajribalarda tasdiqlangan gipoteza **fizik nazariyaga** aylanadi. Shu bilan birga, fizik nazariya qayd qilinmagan yangi hodisalarni oldindan aytib bera oladi.

Mexanika. Mexanik harakat. Mexanika jismlarning yoki ularning qismlarini bir biriga nisbatan ko'chishidan iborat bo'lgan materiya harakatining

eng sodda turi haqidagi ta'limotidir. Mexanikaning taraqqiyoti kishilik jamiyatining madaniy tarixi bilan uzviy bog'langandir.

XVII asrda italiyalik fizik va astronom G.Galiley (1564-1642) jismlar harakatining asosiy qonunini to'g'ri tushuntirib berdi. Bu qonunni hamda o'z zamonasidagi olimlarning tajribalarni umumlashtirgan holda ingliz olimi I.Nyuton (1643-1727) mexanikaviy harakatning asosiy qonunlarini aniqladi va ularni ixcham shaklda bayon qildi.

Mexanika uch qismga bo'linadi:

- **kinematika** – bu bo'limda jismlarning harakati qonuniyatlarini va bu harakatini yuzaga keltiruvchi sabablarni hisobga olmagan holda o'rganiladi.
- **dinamika** - jismlarni harakatini yuzaga keltiruvchi sabablar (jismlar orasidagi o'zaro ta'sirlar) bilan bog'langan holda o'rganadi.
- **statika** – jismlar tizimining muvozanat shartlarini va shart o'zgarishi bilan vujudga keluvchi uning harakati o'rganiladi.

Jismlarning mehanik xossalari ularning kimyoviy tabiatiga, ichki tuzilishiga va holatiga bog'liq, ular fizikaning mehanikadan boshqa bo'limlarida o'rganiladi. Shu sababli mehanikada aniq masalalarni ko'rib chiqishda moddiy nuqta, absolyut qattiq jism, absolyut elastik jism, absolyut noelastik jism va shu kabi soddalashtirilgan modellardan foydalaniladi.

Klassik mexanika yoki Nyuton mexanikasiga dinamikaning 1687 yilda Nyuton aniqlagan uchta qonun asos qilib olingan. Nyuton mexanikasi keyingi ikki yuz yilda katta muvaffaqiyatlarga erishdi. Biroq fan rivojlanishi bilan klassik mexanika tushunchalariga mutloq mos kelmaydigan faktlar ochildi (atom spektorining chiziqliligi, issiqlik nurlanishi, yorug'likni yutilishi, fotoeffekti, Kompton effekti va boshqalar). Bu faktlarni yangi nazariya-maxsus nisbiylik nazariyasi va kvant mexanikasi tushuntirib berdi.

1905 yilda Eynshteyn yaratgan maxsus nisbiylik nazariyasida fazo va vaqt haqidagi Nyuton tushunchalari qayta qarab chiqildi. Natijada katta tezliklar mexanikasi ya'ni **relyativistik mexanika** yaratildi. Relyativistik mexanika Nyuton mexanikasini butunlay inkor qilmadi. Relyativistik mexanika tenglamalari yorug'lik tezligidan kichik tezliklarda klassik mexanika tenglamalariga aylandi.

Kinematika elementlari. Kinematika jism harakatini uni yuzaga keltiruvchi sabablarni tekshirmagan holda o'rganish bilan shug'ullanadi. Jismlarning fazodagi o'rnini belgilaydigan jismlar sanoq boshlanadigan jismlar deyiladi. Sanoq boshlanadigan jismlar bilan Dekart koordinat tizimi birgalikda **fazoviy sanoq tizimi** deyiladi. Agar fazoda biror M moddiy nuqta joylashgan bo'lsa, bu jismning sanoq tizimiga nisbatan egallagan holati M (X_1, Y_1, Z_1), jismni koordinata boshi bilan tutashtiruvchi to'g'ri chiziq OM ga **radius vektor** (r) deyiladi.

Bunda $r = x_1i + y_1j + z_1k$

$\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ -koordinata ortlari, ya'ni x, y, z koordinata o'qlari bo'ylab yo'nalgan birlik vektorlaridir.

Jismni holatini ifodalovchi X_1, Y_1, Z_1 va $\mathbf{r}$ lar vaqtga bog'liq, chunki agar jism harakatda bo'lsa, vaqt o'tishi bilan radius buradi. Ya'ni vaqtning funksiyasidir $r=r(t)$, $x=x(t)$, $y=y(t)$, $z=z(t)$. Demak sanoq tizimi va vaqtga ega bo'lgan holda jismlarning harakatini qaratayotgan bu jism o'lchamlarini e'tiborga olmasa ham bo'ladi. Bunday jism **moddiy nuqta** deb ataladi.

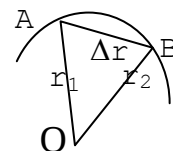
Moddiy nuqtaning o'z harakati davomida chizgan chizig'i, yoki qoldirgan iziga **trayektoriya** deyiladi. Trayektoriyaning uzunligi esa bosib o'tilgan **yo'l** deyiladi. Jismning boshlang'ich va oxirgi vaziyatlarini tutashtiruvchi to'g'ri chiziq kesmasi **ko'chish** deyiladi.

Tezlik va tezlanish. Fazoning biror A nuqtasidan boshlab harakatlanayotgan moddiy nuqta Δt vaqtdan so'ng B nuqtasiga kelsin. Bunda moddiy nuqtaning ko'chishi $\Delta r = r_2 - r_1$. Moddiy nuqta harakatining qanday jadallik bilan sodir bo'layotganligini harakterlash uchun **tezlik** tushunchasi kiritiladi.

Moddiy nuqtaning o'rtacha tezligi vaqt birligidagi ko'chishni ifodalovchi kattalikdir.

$$g_{o'r} = \frac{\Delta r}{\Delta t}$$

$$\text{Moddiy nuqtaning oniy tezligi } g_{on} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta r}{\Delta t} = \frac{dr}{dt}$$



bo'lib radius vektordan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosilani ifodalaydi. To'g'ri chiziqli harakatda ko'chish bosib o'tilgan yo'lga teng, ya'ni $\Delta r = \Delta s$ u holda o'rtacha tezlik

$$g_{dr} = \frac{\Delta s}{\Delta t} \text{ yoki } g = \frac{s}{t}.$$

Tezlikni SI tizimidagi o'lchov birligi [m/s].

Moddiy nuqta tezligini vaqt davomida o'zgarishi **tezlanish** deb ataluvchi kattalik bilan harakterlanadi. Agar tezlik Δt vaqtda g_0 dan g gacha o'zgarsa ya'ni $\Delta g = g - g_0$ bo'lsa uning o'rtacha tezlanishi

$$a = \frac{\Delta g}{\Delta t} = \frac{g - g_0}{\Delta t},$$

u holda oniy tezlanish

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta g}{\Delta t} = \frac{dg}{dt} = \frac{d^2 r}{dt^2},$$

ya'ni $a_{on} = \frac{d^2 r}{dt^2}$ bo'lib, tezlanish radius vektordan vaqt bo'yicha olingan ikkinchi

tartibli hosilani ifodalaydi. To'g'ri chiziqli harakatda $a = \frac{dg}{dt} = \frac{d^2 s}{dt^2}$. Tekis

o'zgaruvchan to'g'ri chiziqli harakatda ya'ni, $[a]=\text{const}$ bo'lganda tezlik $g=g_0+at$ bosib o'tilgan yo'l

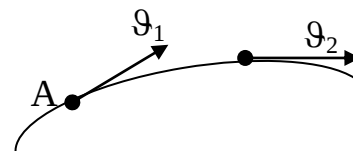
$$s = g_0 t + \frac{a t^2}{2}. \text{ SI birliklar tizimida tezlanish o' lchov birligi}$$

$$[a] = [\vartheta]/[t] = \text{m/s/s} = [\text{m/s}^2].$$

Normal va tangensial tezlanish. Egri chiziqli harakatda tezlik vektori trayektoriyaning har bir nuqtasiga o'tqazilgan urinma bo'ylab yo'naladi. Agar harakat egri chiziqli tekis bo'lsa tezlikni yo'nalishi o'zgaradi. Tezlikni yo'nalish jihatdan birlik vaqtda o'zgarishini ifodalovchi tezlanishga **normal tezlanish** deyiladi.

$$a_n = \frac{\Delta \vartheta}{\Delta t};$$

$$a_n = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vartheta}{\Delta t} = \frac{\vartheta^2}{R}$$

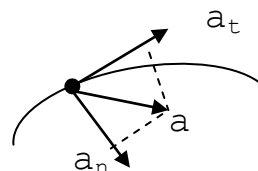


Tezlikni birlik vaqtda son qiymatini o'zgarishini ifodalovchi $\Delta \vartheta_2$ tezlanishga **tangensial tezlanish** deyiladi.

$$a_t = \frac{\Delta \vartheta_2}{\Delta t}; a_t = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vartheta_2}{\Delta t} \text{ shakldan}$$

$$\Delta \vartheta = \Delta \vartheta_1 + \Delta \vartheta_2$$

A nuqtadagi oniy tezlanish



$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vartheta}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta \vartheta_1 + \Delta \vartheta_2}{\Delta t} \right) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vartheta_1}{\Delta t} + \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vartheta_2}{\Delta t} = \vec{a}_n + \vec{a}_t$$

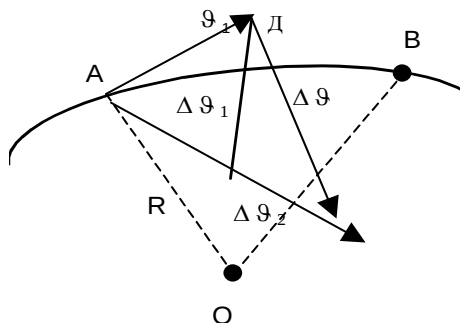
$$\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_t$$

Tangensial tezlanish trayektoriyaga urinma bo'ylab yo'naladi. Normal tezlanish esa egrilik radiusi bo'ylab markazga tomon yo'naladi. Pifogor teoremasiga asosan rasmdan ko'rinib turibdiki $\triangle AS \sim \triangle OBA$ shuning uchun u holda

$$\frac{AB}{R} = \frac{\Delta \vartheta_1}{\vartheta_1} \quad \text{U holda}$$

$$\Delta \vartheta_1 = \frac{AB}{R} \vartheta_1 = \frac{\Delta S}{R} \vartheta_1 \quad \text{demak,}$$

$$a_n = \lim_{\Delta t} \frac{\Delta \vartheta_1}{\Delta t} = \lim_{\Delta t} \frac{\Delta S}{\Delta t} \left(\frac{\vartheta}{R} \right) = \frac{\vartheta^2}{R}$$



U holda egri chiziqli harakatda umumiy tezlanish

$$a = \sqrt{\left(\frac{d \vartheta}{dt} \right)^2 + \left(\frac{\vartheta^2}{R} \right)^2} \quad \text{ifoda bilan aniqlanadi.}$$

Aylanma harakat kinematikasi. Burchakli tezlik, burchakli tezlanish. Aylanma harakat deb shunday harakatga aytiladiki bunda qattiq

jismning barcha nuqtalari, markazlari bir to'g'ri chiziqli yotadigan aylanalarni bo'ylab harakatlanadi. Aylanma harakatda burchakli tezlik va burchakli tezlanish kattaliklari bilan harakterlanadi.

Burchakli tezlik deb aylanish radiusining birlik vaqtda burilgan burchagini ifodalovchi kattalikka aytiladi. Harakat tekis bo'lib Δt vaqtda aylanish radiusi $\Delta\varphi$ burchakka burilgan bo'lsa burchakli tezlik

$$\omega = \Delta\varphi / \Delta t \quad (1) \text{ ga teng bo'ladi.}$$

burchakli tezlikning oniy qiymati

$$\omega_{on} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{d\varphi}{dt} \quad (2)$$

Oniy burchakli tezlik burilish burchagidan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosilaga teng. Jism bir marta to'liq aylanganida 2π radian burchakka burilgani uchun, birlik vaqtdagi aylanishlar soni ν bo'lsa, burchakli tezlik $\omega = 2\pi\nu$ yoki $\omega = 2\pi/T$. ω ni yo'nalishi o'ng parma qoidasi bilan aniqlanadi. Burchakli tezlikni SI tizimidan o'lchov birligi

$$[\omega] = [\text{rad/sek}] \quad \text{yoki} \quad [\omega] = [1/\text{sek}]$$

Aylanada harakat qilayotgan jismning birlik vaqtda bosib o'tgan yoy uzunligini ifodalovchi kattalikka **chiziqli tezlik** deyiladi: $\vartheta = \Delta s / \Delta t$

Burilish burchagi $\Delta\varphi$ juda kichik bo'lganda $\Delta s = R\Delta\varphi$ deb olinishi mumkin.

$$\text{U holda} \quad \vartheta = \frac{\Delta s}{\Delta t} = R \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = R\omega \quad \vartheta = \omega R \quad (3)$$

Burchakli tezlikning vaqt birligida o'zgarishini ifodalovchi fizik kattalikka **burchakli tezlanish** deyiladi.

$$\varepsilon = \Delta\omega / \Delta t \quad (4)$$

Harakat ixtiyoriy ravishda o'zgarib borsa burchakli tezlanishning oniy qiymati

$$\varepsilon = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{d\omega}{dt} \quad (5)$$

Demak oniy burchakli tezlanish burchakli tezlikdan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosilaga teng.

$$\omega = d\varphi / dt \quad (6)$$

bo'lgani uchun oniy burchakli tezlanish

$$\varepsilon = \frac{d^2\varphi}{dt^2} \quad (7)$$

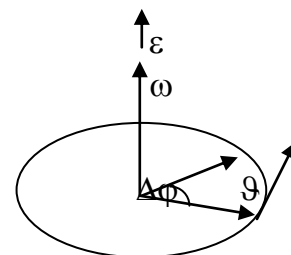
Demak, oniy burchakli tezlanish burilish burchagidan vaqt bo'yicha olingan ikkinchi tartibli hosilaga teng ekan.

Normal tezlanish $a_n = v^2/R = (\omega R)^2/R = \omega^2 R$, chunki $\vartheta = \omega R$, tangensial tezlanish $a_t = dv/dt = d(\omega R)/dt = R d\omega/dt = R\varepsilon$

U holda egri chiziqli harakatda umumiy tezlanish.

$$a = \sqrt{(\omega^2 R)^2 + (R\varepsilon)^2} \quad (8)$$

Nazorat savollari.



1. Fizika fani va uni texnika bilan bog`liqligi.
2. Mexanika. Mexanik harakat.
3. Kinematika nimani o`rganadi, trayektoriya, yo`l, ko`chish sanoq tizimi.
4. Tezlik va uning o`lchov birligi.
5. Tezlanish va uning o`lchov birligi.
6. O`zgaruvchan harakatda tezlik va yo`l.
7. Oniy tezlik va oniy tezlanish.
8. Normal tezlanish ta'rifi va formulasi.
9. Tangensial tezlanish ta'rifi va formulasi.
10. Aylanma harakat deb nimaga aytiladi. Burchakli tezlik. Oniy burchakli tezlik. O`lchov birligi.
11. Burchakli tezlanish. O`lchov birligi.

Mavzu: MEXANIK TEBRANISHLAR.

Reja.

1. Mexanik tebranishlar. Garmonik tebranish va uning xarakteristikalar.
2. Garmonik tebranishning differensial tenglamasi, tezligi, tezlanish va energiyasi.
3. Matematik tebrangich va fizik tebrangich.
4. Bir xil chastotali va bir xil yo`nalgan garmonik tebranishlarni qo`shish.
5. Tepkili tebranishlar.
6. So`nuvchi va majburiy tebranishlar. Rezonans.

**Tayanch so`z va iboralar:** Harakat, tebranish, amplituda, chastota, davr, faza, so`nish koeffitsiyenti, logarifmik dekrement, rezonans chastotasi.

Garmonik tebranish va uning xarakteristikalar. Davriy ravishda takrorlanuvchi jarayonga tebranma harakat yoki **tebranish** deb ataladi. Takrorlanayotgan jarayonning fizik tabiatiga qarab tebranishlar bir necha turga ajratiladi:

1. Mexanik tebranishlar (tebrangichlarni tebranishi, tor, ko`priklar, mashina qismlarini tebranishi.....).

2. Elektromagnit tebranishlar (zanjirdagi o`zgaruvchan elektr tokini tebranishi, tebranish konturida elektr va magnit maydonlarni tebranishi va xokazo).

3. Elektromexanik tebranishlar (telefon membranasining tebranishi, elektrodinamik karnay (gromkogovoritel) diffuzori va xokazo).

Bir marta turtki berilganda yoki muvozanat vaziyatidan chaqirilgandan keyin o`zicha tebranadigan tizimda yuz beradigan tebranishlarga **erkin** yoki **hususiy tebranishlar** deb ataladi. Masalan, ipga osilgan sharcha tebranish konturi va xokazo.

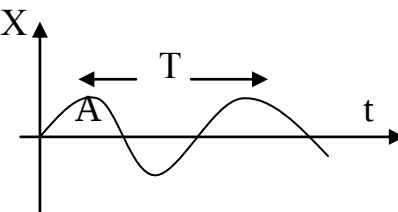
Davriy ravishda o`zgaruvchi tashqi kuch tasiri ostida bo`ladigan tebranishlar **majburiy tebranishlar** deb ataladi.

Eng sodda tebranish- **garmonik tebranishdir**, bunda tebranma harakat qilayotgan jismning

muvozanat holatga nisbatan siljishi x sinus yoki kosinus qonuni bo`yicha bo`ladi, ya`ni:

$$x = A \sin(\omega \cdot t + \varphi_0)$$

$$x = A \cos(\omega \cdot t + \varphi_0)$$



Tebranma harakat quyidagi kattaliklar bilan harakterlanadi:

1. Tebranish amplitudasi. A -muvozanat vaziyatdan eng katta siljishi.

2. Tebranish davri-bir marta to`la tebranish uchun ketgan vaqt, T .

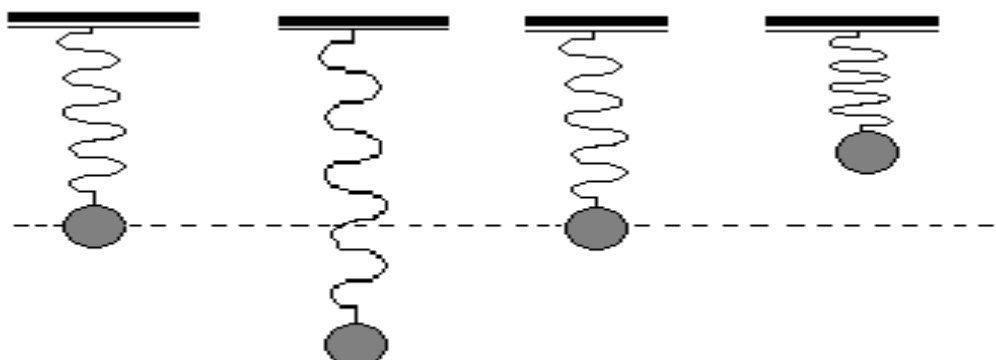
1. Tebranish chastotasi-1sek. davomidagi to`la tebranishlar soni, ν .

$$T = \frac{1}{\nu}$$

2. Siklik chastota- 2π sek. davomidagi to`la tebranishlar soni, $\omega=2\pi \cdot \nu$

3. Tebranish fazasi $(\omega t + \varphi_0)$ tebranuvchi jismni t vaqtdagi holatini harakterlaydi.

Garmonik tebranishning differensial tenglamasi. Bir uchi mahkamlangan, ikkinchi uchiga esa m massali yuk ilingan prujinadan iborat tebranuvchi tizimga prujinali tebrangich deyiladi.



prujinali tebrangichni harakat tenglamasini keltirib chiqaramiz:

$$F = F_{el} \quad F = ma; \quad F_{el} = -kx$$

$$g = \frac{dx}{dt} = \dot{x}; \quad a = \frac{d^2x}{dt^2} = \ddot{x}$$

u holda: $ma = -kx$ yoki $m\ddot{x} = -kx$

$$m\ddot{x} + kx = 0$$

$$\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0 \quad \frac{k}{m} = \omega^2 \quad \ddot{x} + \omega^2 x = 0 \quad (1)$$

(1) ifoda Garmonik tebranishning differensial tenglamasi deyiladi.

Bu holda differensial tenglamaning umumiy yechimi:

$$x = A \cos(\omega t + \varphi_0)$$

Demak, prujinaga osilgan yukning harakati kosinuslar qonuni bo'yicha o'zgaruvchan bo'ladi. Prujinali tebrangichning tebranish davri:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Garmonik tebranish tezligi, tezlanishi va energiyasi.

Garmonik tebranayotgan m massali jimning muvozanat vaziyatidan siljishi

$$x = A \sin(\omega t + \varphi_0) \text{ ga teng bo'sa,}$$

Uning tezligi: $v = \frac{dx}{dt} = A\omega \cos(\omega t + \varphi_0)$

Tezlanishi: $a = \frac{dv}{dt} = -A\omega^2 \sin(\omega t + \varphi_0)$

Bunday jismning kinetik energiyasi:

$$E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \cos^2(\omega t + \varphi_0)$$

ma'lumki, $\omega^2 = \frac{k}{m}$ yoki $k = m\omega^2$

u holda:
$$E_p = \frac{1}{2} k A^2 \cos^2(\omega t + \varphi_0)$$

Tebranayotgan tizimining to'liq energiyasi:

$$\begin{aligned} E &= E_k + E_n = \frac{1}{2} K A^2 \cos^2(\omega t + \varphi_0) + \frac{1}{2} K A^2 \sin^2(\omega t + \varphi_0) \\ &= \frac{1}{2} K A^2 [\cos^2(\omega t + \varphi_0) + \sin^2(\omega t + \varphi_0)] = \frac{1}{2} K A^2 \end{aligned}$$

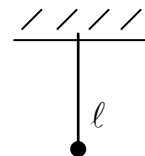
Demak,
$$E = \frac{1}{2} k A^2 = \frac{1}{2} m \cdot \omega^2 A^2$$

Bu formula garmonik tebranayotgan jismning to'liq energiyasini ifodalaydi.

Matematik tebrangich. Matematik tebrangich deb, vaznsiz va cho'zilmaydigan ip bilan shu ipga osilgan va bir nuqtada mujassamlangan massadan iborat ideal tizimga aytiladi.

Hisoblashlarning ko'rsatishicha matematik tebrangichning tebranish chastotasi faqat tebrangich uzunligi bilan, og'irlik kuchi tezlanishiga bog'liq bo'lib, tebrangich massasiga bog'liq emas, ya'ni:

$$\omega^2 = \frac{g}{\ell} \quad (1)$$



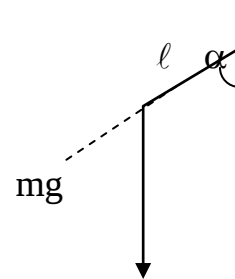
U holda matematik tebrangichning tebranish davri uchun quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}} \quad (2)$$

Fizik tebrangich. Inersiya markazi bilan ustma-ust tushmaydigan qo'zg'almas nuqta atrofida tebranish xususiyatiga ega bo'lgan qattiq jism fizik tebrangich deb ataladi.

Tebranishlarning chastotasi tebrangichning massasiga, tebrangich aylanish o'qiga nisbatan inersiya momentiga va tebrangichning aylanish o'qi bilan inersiya markazi orasidagi masofaga proporsional bo'ladi, ya'ni:

$$\omega^2 = \frac{mg \ell}{I}$$



U holda, fizik tebrangichning tebranish davri:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mg \ell}}$$

Bir xil chastotali va bir xil yo'nalgan garmonik tebranishlarni qo'shish.

Yo'nalishi va chastotalari bir xil bo'lgan, boshlang'ich fazasi va amplitudasi bilan farq qiluvchi ikkita

$$x_1 = A_1 \cos(\omega t + \varphi_1), \quad x_2 = A_2 \cos(\omega t + \varphi_2).$$

Garmonik tebranishlarning qo`shilishini ko`rib chiqaylik, bunda, φ_1 va φ_2 – boshlang`ich faza. Qo`shishni vektor diagramma yordamida bajaramiz. Parallelogramm qoidasiga asosan

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2 A_1 A_2 \cos(\varphi_1 - \varphi_2)$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{BD}{OD} = \frac{BC + CD}{OE + ED} = \frac{A_1 \sin \varphi_1 + A_2 \sin \varphi_2}{A_1 \cos \varphi_1 + A_2 \cos \varphi_2}$$

Natijaviy tebranish tenglamasi:

$$X = X_1 + X_2 = A \cos(\omega t + \varphi)$$

Bunda quyidagi hollar mavjud bo`lishi mumkin.

1) Fazalar farqi π ning juft sonlariga teng bo`lsa, ya`ni $\varphi_1 - \varphi_2 = 2\pi \cdot n$

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 = (A_1 + A_2)^2$$

bunda natijaviy amplituda A kuchayadi.

2) Fazalar farqi π ning to sonlariga teng bo`lsa, ya`ni

$\varphi_1 - \varphi_2 = (2n+1)\pi$ bo`lsa,

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 - 2A_1A_2 = (A_1 - A_2)^2$$

Bunda natijaviy amplituda A susayadi.

3) Agar, $\varphi_1 - \varphi_2 = (2n+1)\pi$ bo`lib,  $A_1 = A_2$  bo`lsa, $A = 0$ bo`lib, amplituda so`nadi.

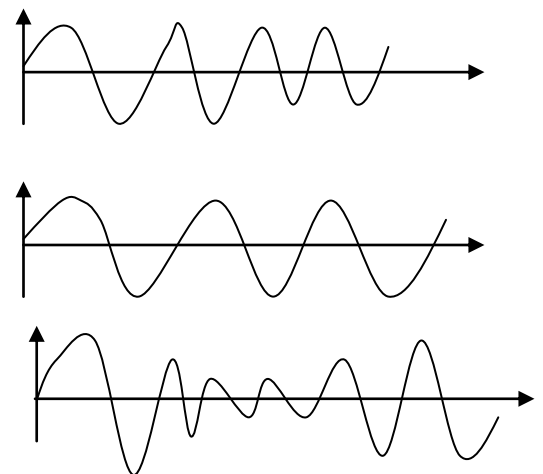
Tepkili tebranish. Bir yo`nalishda sodir bo`layotgan chastotalari bir-biridan kam farq qiladigan (biriniki ω_1 , ikkinchisiniki $\omega_2 = \omega_1 + \Delta\omega$ bo`lgan) amplitudalari esa teng bo`lgan ($A_1 = A_2$) garmonik tebranishlarning qo`shilishi tufayli vujudga keladigan natijaviy tebranish garmonik tebranish bo`lmay, qandaydir murakkab tebranish

bo`ladi. Bunday natijaviy tebranish amplitudasi  $A = 2A$  dan  $A = 0$  gacha o`zgaradi va davriy ravishda takrorlanib turadi. Bu tebranish amplitudasi tebranayotgan nuqtaga davriy ravishda tepki berib turilganidek o`zgaryapti. Shuning uchun uni **tepkili tebranish** deb ataladi. Tepkili tebranish amplitudasi:

$$A = 2A_1 \cos \frac{\Delta\omega}{2} t$$

qonuniyat bilan o`zgaradi:

Bu tebranish fazalar farqi 0 dan $2A\pi$ gacha o`zgaradi.



**So`nuvchi tebranishlar.** Real sharoitlarda tebranuvchi moddiy nuqtaning mexanik energiyasi uzluksiz ravishda kamayib boradi, ya`ni tebranish so`nuvchi harakterga ega bo`ladi.

So`nuvchi tebranishni harakterlaydigan tenglamada, qarshilik kuchini ham e`tiborga olish kerak. Ma`lumki, qarshilik kuchi tezlikka proporsional:

$$F = -r\dot{v} = -r \cdot \frac{dx}{dt} = -r\dot{x}$$

r-qarshilik koeffitsiyenti. U holda, so`nuvchi tebranishni harakterlaydigan tenglama:

$$\begin{aligned} m\ddot{x} &= -k\dot{x} - r\dot{x} \\ m\ddot{x} + r\dot{x} + kx &= 0 \\ \ddot{x} + 2\beta\dot{x} + \omega_0^2 x &= 0 \end{aligned}$$

yoki,

$$\text{bunda, } 2\beta = \frac{r}{m}; \quad \omega_0^2 = \frac{k}{m}, \quad \beta \text{ -so`nish koeffitsiyenti.}$$

$$\text{Bu tenglamaning yechimi } x = A_0 e^{-\beta t} \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$$

Bunda $\omega_c = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}$ bo`lib so`nuvchi tebranish chastotasi. $\omega_0 > \beta$ $\beta = \frac{r}{2m} = 0$

bo`lgandagina,  $\omega_s = \omega_0$  bo`ladi.

So`nuvchi tebranish davri hususiy tebranish davridan katta, $T_s > T_0$

$$T_s = \frac{2\pi}{\omega_c} = \frac{2\pi}{\sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}} \quad T_s = \frac{2\pi}{\omega_c}$$

So`nuvchi tebranishlarning amplitudasi $A = A_0 e^{-\beta t}$ kamayib boradi.

Ikki ketma-ket amplitudalar nisbati, ya`ni:

$$\frac{A_{n+1}}{A_n} = \frac{A_0 e^{-(n+1)\beta T_s}}{A_0 e^{-n\beta T_s}} = e^{-\beta T_s}$$

so`nish dekrementi deyiladi.

Ikki ketma-ket amplitudalar nisbati natural logarifmining moduli esa so`nishning logarifmik dekrementi deb ataladi.

$$\delta = \left| e_n \frac{A_{n+1}}{A_n} \right| = \beta T_s = \frac{r}{2m} T_s$$

Majburiy tebranish. Rezonans. So`nmaydigan tebranishlarni hosil qilish uchun tizimga qo`shimcha tashqi o`zgaruvchan kuch tasir etib turishi lozim. Davriy ravishda garmonik qonun bo`yicha o`zgaruvchi bu

$$F = F_0 \cos \omega t \quad (1)$$

kuchni majbur etuvchi kuch deb ataladi.

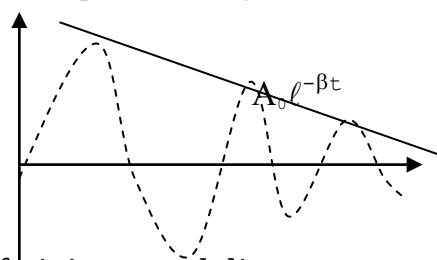
F_0 -majbur etuvchi kuch amplitudasi. Dinamikaning ikkinchi qonuniga asosan, moddiy nuqtaning bunday holdagi harakat tenglamasi

$$\begin{aligned} m\ddot{x} &= -r\dot{x} - kx + F_0 \cos \omega t \\ m\ddot{x} + r\dot{x} + kx &= F_0 \cos \omega t \\ \ddot{x} + 2\beta\dot{x} + \omega_0^2 x + \frac{F_0}{m} \cos \omega t &= 0 \end{aligned} \quad (2)$$

Bu tenglamaning hususiy yechimi majburiy tebranishlarni ifodalaydi va quyidagi ko`rinishda bo`ladi

$$x = A \cos(\omega t + \varphi_0) \quad (3)$$

qonuni bo`yicha



bunda:
$$A = \frac{F_0}{m \sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\beta\omega^2}} \quad (4)$$

φ -majbur etuvchi kuch va majburiy tebranish fazalarining farqi.

$$\operatorname{tg} \varphi = - \frac{2\beta\omega}{\omega_0^2 - \omega^2}$$

Hisoblashlarning ko'rsatishicha ω ning biror orqali qiymatida amplituda maksimal qiymatga erishadi. Bu hodisa, ya'ni majbur etuvchi kuch chastotasining biror aniq qiymatida majburiy tebranishlar amplitudasining keskin ortib ketishi **rezonans** hodisasi deb ataladi. Bunday holatdagi chastota rezonans chastotasi deyiladi.

$$\omega_r = \sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2} \quad (6)$$

Rezonans chastotasining bu qiymatini (4) ga qo'yib rezonans amplitudasini topamiz:
$$A_r = \frac{F_0}{2m\beta\sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}}$$

Nazorat savollari:

- 1 . Mexanik tebranishlar.
- 2 . Garmonik tebranish va uni harakterlovchi kattaliklar.
- 3 . Prujinali tebrangich. Garmonik tebranishni differensial tenglamasi.
- 4 . Garmonik tebranayotgan jism tezligi, tezlanishi va energiyasi.
- 5 . Matematik tebrangich. Tebranish davri.
- 6 . Fizik tebrangich. Tebranish davri.
- 7 . Bir xil chastotali va bir xil yo'nalgan garmonik tebranishlarni qo'shish.
- 8 . Tepkili tebranish va uni amplitudasi.
- 9 . So'nuvchi tebranishlar differensial tenglamasi va uni yechimi.
- 10 . So'nuvchi tebranishda so'nish dekrementi.
- 11 . Majburiy tebranish differensial tenglamasi va uni yechimi.
- 12 . Rezonans hodisasi. Rezonans chastotasi va amplitudasi.

Adabiyotlar.

1. Ismoilov M., Xabibullayev P., Xaliulin M. Fizika kursi, «O'zbekiston» 2000 y.
2. Axmadjonov O. Fizika kursi II-qism, «O'qituvchi» 1988 y.
3. Savl'ev I.V. Umumiy fizika kursi, II-qism, 1998 y.
4. Trofimova T.I. Kurs fiziki , 1990 y.

TAYI Fizika kafedrası dotsenti Toshxodjayev T.K..