

9-Ma'ruza.

## MEXANIK TEBRANISHLAR.

Reja.

1. Garmonik tebranish va uning xarakteristikalarini.
2. Garmonik tebranishning differensial tenglamasi.
3. Garmonik tebranish tezligi, tezlanish va energiyasi.
4. Matematik tebrangich.
5. Fizik tebrangich.

**Garmonik tebranish va uning xarakteristikalarini.** Davriy ravishda takrorlanuvchi jarayonga tebranish deb ataladi. Takrorlanayotgan jarayonning fizik tabiatiga qarab tebranishlar bir necha turga ajratiladi.

1. Mexanik tebranishlar (tebrangichlarni tebranishi, tor, ko'priklar, mashina qisimlarini tebranishi.....).

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

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

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

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,

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

ya'ni:

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

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,  $T$ .

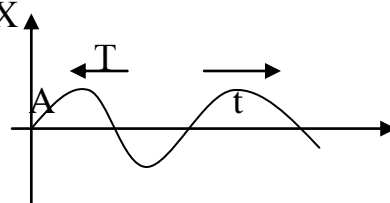
1. Tebranish chastotasi-1sek. davomidagi to'la tebranishlar soni,  $\nu$ .

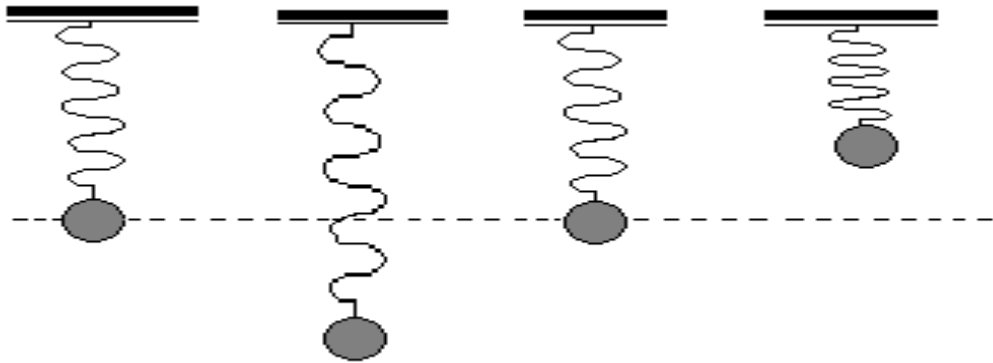
$$T = \frac{1}{\nu}$$

2. Siklik chastota- $2\pi$  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





Bu hol uchun jismni harakat tenglamasini keltirib chiqaramiz:

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

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

u holda:  $ma = -kx$  yoki  $mx = -kx$   
 $mx + kx = 0$

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

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

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

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

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

Bunday jismning kinetik energiyasi:

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

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

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

Tebranayotgan tizimining to'liq energiyasi:

$$E = E_k + E_n = \frac{1}{2}KA^2 \cos^2(\omega t + \varphi_0) + \frac{1}{2}KA^2 \sin^2(\omega t + \varphi_0)$$

$$= \frac{1}{2}KA^2 [\cos^2(\omega t + \varphi_0) + \sin^2(\omega t + \varphi_0)] = \frac{1}{2}KA^2$$

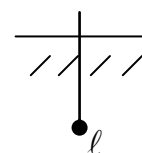
Demak, 
$$E = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}m \cdot \omega^2 A^2$$

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:

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



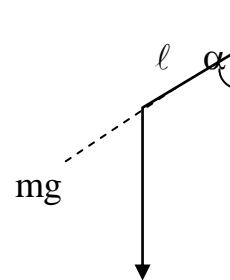
U holda matematik tebrangichning tebranish davri uchun quyidagi ifodani hosil qilamiz:

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

**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:

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

Nazorat savollari

1. Mexanik tebranishlar.
2. Garmonik tebranish va uni harakterlovchi kattaliklar.
3. Prujinali tebrangich. Garmonik tebranishni differensial tenglamasi.
4. Garmonik tebranayotgan jism energiyasi.
5. Matematik tebrangich. Tebranish davri.
6. Fizik tebrangich. Tebranish davri.

## ADABIYOTLAR

1. A-2. 189-204.
  2. A-3. 148-160
  3. A-4. 176-191
  4. A-5. 219-223.
  5. A-6. 36-45.
  6. A-7. 203-207
- 10- Ma'ruza.

## SO`NUVCHI VA MAJBURIY TEBRANISHLAR.

### Reja

1. Bir xil chastotali va bir xil yo`nalgan garmonik tebranishlarni qo`shish.
2. Tepkili tebranishlar.
3. So`nuvchi tebranishlar.
4. Majburiy tebranishlar. Rezonans.

**Tayanch so`z va iboralar:** Amplituda, chastota, faza, diagramma, tepki, qarshilik kuchi, so`nish koeffitsiyenti, logarifmik dekrement, majbur etuvchi kuch, rezonans chastotasi.

**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,  $\varphi_1$  va  $\varphi_2$  – boshlang`ich faza. Qo`shishni vektor diagramma yordamida bajaramiz.

Parallelogramm qoidasiga asosan  $A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\varphi_1 - \varphi_2)$

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

Natijaviy tebranish tenglamasi:

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

Bunda quyidagi hollar mavjud bo`lishi mumkin.

1) Fazalar farqi  $\pi$  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  $\pi$  ning to sonlariga teng bo`lsa, ya'ni

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

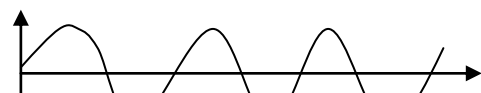
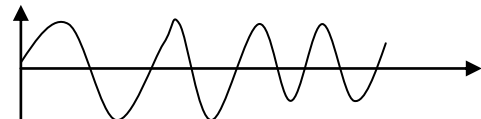
$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 - 2A_1A_2 = (A_1 - A_2)^2$$

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  $\omega_1$ , ikkinchisniki  $\omega_2 = \omega_1 + \Delta\omega$  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

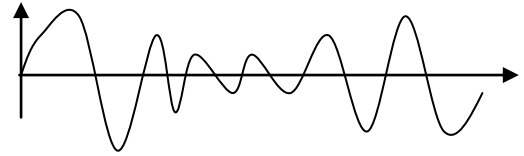


takrorlanib turadi. Bu tebranish amplitudasi tebranayotgan nuqtaga davriy ravishda tepki berib turilganidek o'zgarayapti. Shuning uchun uni tepkili tebranish deb ataladi. Tepkili tebranish amplitudasi:

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

qonuniyat bilan o'zgaradi:

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



**So'navchi tebranishlar.** Real sharoitlarda. Tebranuvchi moddiy nuqtaning mexanik energiyasi uzluksiz ravishda kamayib boradi, ya'na tebranish so'navchi harakterga ega bo'ladi.

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

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

r-qarshilik koeffitsiyenti. U holda, so'navchi tebranishni harakterlaydigan tenglama:

$$m\ddot{x} = -kx - r\dot{x}$$

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

yoki,

$$\ddot{x} + 2\beta\dot{x} + \omega_0^2 x = 0$$

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

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'navchi, tebranish chastotasi  $\omega_0 > \beta$   $\beta = \frac{r}{2m} = 0$

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

So'navchi tebranish davri hususiy tebranish davridan katta,  $T_s > T_0$

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

So'navchi tebranishlarning amplitudasi  $A = A_0 e^{-\beta t}$  qonuni bo'yicha kamayib boradi.

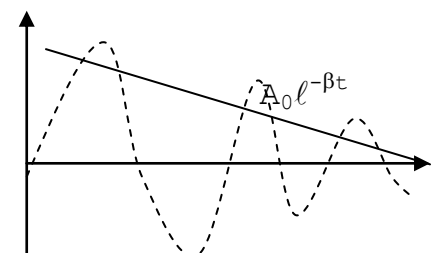
Ikki ketma-ket amplitudalar nisbati, ya'ni:

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

so'nish dekrementi deyiladi.

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

qonuni bo'yicha kamayib



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

**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

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

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

$\varphi$ -majbur etuvchi kuch va majburiy tebranish fazalarining farqi.

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

Hisoblashlarning ko`rsatishicha  $\omega$  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.

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

Rezonans chastotasining bu qiymatini (4) ga qo`yib rezonans amplitudasini

topamiz: 
$$A_p = \frac{F_0}{2m\beta\sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}}$$

#### Nazorat savollari

1. Bir xil chastotali va bir xil yo`nalgan garmonik tebranishlarni qo`shish.
2. Tepkili tebranish va uni amplitudasi.
3. So`nuvchi tebranishlar differensial tenglamasi va uni yechimi.
4. So`nuvchi tebranishda so`nish dekrementi.
5. Majburiy tebranish differensial tenglamasi va uni yechimi.
6. Rezonans xodisasi. Rezonans chastotasi va amplitudasi.

Adabiyotlar.

- |                  |                 |
|------------------|-----------------|
| 1. A-2. 204-217. | 4. A-5. 225-235 |
| 2. A-3. 160-177  | 5. A-6. 39-47   |
| 3. A-4. 191-209  |                 |

## 11- Ma'ruza. TO`LQIN JARAYONLAR

Reja.

1. Elastik muxitda to`lqinning hosil bo`lishi.
2. Yuguruvchi to`lqin tenglamasi.
3. To`lqin energiyasi.
4. Tursun to`lqinlar.

**Tayanch so`z va iboralar.** To`lqin fronti, yassi to`lqin, sferik to`lqin, bo`ylama to`lqin, ko`ndalang to`lqin, to`lqin uzunligi, to`lqin chastotasi, to`lqin soni, davr, chastota, nisbiy deformatsiya, energiya zichligi, tursun do`nglik.

**Elastik muxitda to`lqinning hosil bo`lishi.** Agar elastik (qattiq, suyuq gaz) muhitning biror joyidagi zarralari tebrantirilsa bu zarralarning o`zaro ta`sirlashishi natijasida tebranishlar muhitda biror  $\vartheta$  tezlik bilan zarradan zarraga tarqala boshlaydi. Tebranishlarning biror muhitda (fazoda) tarqalish jarayoni to`lqin deyiladi.

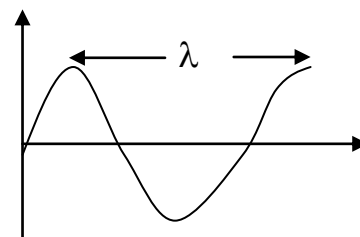
To`lqinning tarqalish yo`nalishi nur deb, ixtiyoriy t vaqtda tebranishlar yetib kelgan muhit zarralarining geometrik o`rinlari esa to`lqin fronti deb ataladi. Bir jinsli va izotrop muhitda nuqtaviy tebranish manbaidan taralayotgan to`lqinlarning fronti sferik shaklda bo`ladi. Bunday to`lqin sferik to`lqin deyiladi. Agar tebranish manbai tekislik shakliga ega bo`lsa, manbaga yaqin sohalardagi to`lqin fronti ham tekislikdan iborat bo`ladi. Bunday to`lqinlar yassi to`lqinlar deyiladi. Agar zarralar tebranish taralayotgan to`g`ri chiziq bo`ylab tabranayotgan bo`lsa, bunday to`lqin bo`ylama to`lqin deyiladi.

Agar zarralarning tebranish yo`nalishi tebranish tarqalayotgan yo`nalishga tik bo`lsa, bunday to`lqin ko`ndalang to`lqin deb ataladi.

Bo`ylama to`lqin tarqalayotganda zarralar bir-biriga yaqinlashadi va uzoqlashadi. Suyuqlik va gazda faqat bo`ylama to`lqin tarqaladi. Bo`ylama to`lqinlar qattiq jismlarda ham taraladi.

Ko`ndalang to`lqinlar faqat qattiq jismlarda vujudga keladi.

Bir hil fazalarda tebranuvchi nuqtalar orasidagi eng qisqa masofa  $\lambda$  to`lqin uzunligi deyiladi. To`lqin uzunligi, to`lqinning bir davr ichida tarqalgan masofasiga teng, ya'ni  $\lambda = \vartheta \cdot T$  (1)



bunda  $\vartheta$ - toʻlqinni tarqalish tezligi,  $T$ - tebranish davri. Tebranish davri va chastotasi ( $\nu$ ) orasidagi  $T = 1/\nu$  bogʻlanish eʼtiborga olib (1) ifodani quyidagicha yozish mumkin.

$$\lambda = \vartheta/\nu \quad (2)$$

**Yuguruvchi toʻlqin tenglamasi.** Biror toʻgʻri chiziq boʻyicha toʻlqin tarqalayotgan boʻlsin, toʻgʻri chizidagi tebranishlar markazi 0 ni koordinatalar boshi deb qabul qilamiz 0 nuqtadagi tebranishlar

$$\xi = A \sin \omega t \quad (1)$$

qonun boʻyicha sodir boʻlayotgan boʻlsin, bunda  $t$  tebranish boshlanganda soʻng oʻtgan vaqt. Tebranishlar 0 nuqtadan tarqalib B nuqtaga  $\tau = x / \vartheta$  vaqt oʻtgandan soʻng yetib keladi va B nuqta ham tebrana boshlaydi. B nuqtaning muvozanat vaziyatdan siljishi.

$\xi = A \sin \omega t^1$  (2)  $t^1 = t - \tau$  chunki  $\tau$ - qadar kech tebrana

u holda

$$\xi = A \sin \omega(t - \tau)$$

yoki

$$\xi = A \sin \omega(t - x/\vartheta) \quad (3)$$

Umumiy holda energiya yutilmaydigan muhitda tarqaluvchi yassi toʻlqin tenglamasi

$$x = A \cos[\omega(t - x/\vartheta) + \varphi_0] \quad (4)$$

va  $x = A \cos[\omega(t + x/\vartheta) + \varphi_0]$

$\varphi_0$ - tebranishlarni boshlangʻich fazasi

$\omega(t - x/(\vartheta) + \varphi_0$ - yassi toʻlqin fazasi.  $A$ -toʻlqin amplitudasi.

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{\vartheta T} = \frac{\omega}{\vartheta} \quad (6)$$

Toʻlin soni boʻlib  $2\pi$  metr uzunlikdagi kesmada joylashadigan toʻlqin uzunliklarining sonini ifodalaydi. (6) ni eʼtiborga olib yassi toʻlqin tenglamasi (5) quyidagicha yoziladi.

$$\xi = A \sin(\omega t - kx + \varphi_0) \quad (7)$$

Eng umumiy holda toʻlqin jarayon tarqalishini quyidagi differensial tenglama ifodalaydi.

$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \xi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \xi}{\partial z^2} = \frac{1}{\vartheta} \cdot \frac{d^2 \xi}{dt^2}$$

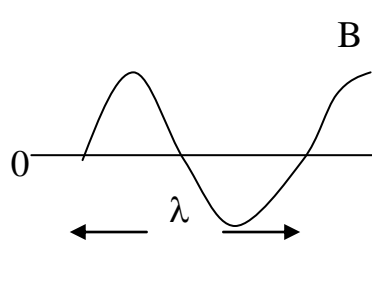
**Toʻlqin energiyasi.** Toʻlqinning muhitda tarqalish jarayonida energiyaning tarqalishi ham sodir boʻladi. Bu energiya zarralar tebranma harakatining kinetik energiyasi va elastik deformatsiyalangan muhitning potensial energiyasidan iborat. Deformatsiyalangan elastik muhit elementar xajmi ( $\Delta V$ ) ning potensial energiyasi

$$E_r = \sigma^2 \Delta V / 2k \quad (1)$$

bunda  $k$ -elastiklik koeffitsiyenti boʻlib uning qiymati muhit zichligi  $\rho$  va shu muhitda toʻlqinning tarqalish tezligi  $\vartheta$  bilan quyidagicha bogʻlingan

$$k = 1/\rho \vartheta^2 \quad (2)$$

$\sigma$ - elastiklik muhitda tebranayotgan zarralarning nisbiy deformatsiyasi boʻlib u quyidagiga teng





$$\sigma = \frac{\partial \xi}{\partial x} = \frac{A\omega}{g} \sin(\omega t - kx) \quad (3)$$

Bu munosabat va (2) ni e'tiborga olib (1) ni quyidagicha yozamiz.

$$E_p = \frac{1}{2} \rho A^2 \omega^2 \sin^2(\omega t - kx) \Delta V \quad (4)$$

Muhitning xuddi shu  $\Delta V$  hajmidagi zarralarning kinetik energiyasi

$$E_k = \frac{m g^2}{2} = \rho \Delta V (\partial \xi / \partial t)^2 / 2 = \frac{1}{2} \rho A^2 \omega^2 \sin^2(\omega t - kx) \Delta V \quad (5)$$

Tekshirilayotgan xajmda to'lqinning to'liq energiyasi

$$E = E_k + E_p = \rho A^2 \omega^2 \sin^2(\omega t - kx) \Delta V$$

Muhitning birlik xajmda mujassamlangan to'lqin energiyasi, ya'ni to'lqin energiyasining zichligi

$$W = E / \Delta V = \rho A^2 \omega^2 \sin^2(\omega t - kx)$$

To'lqinning ixtiyoriy nuqtasidagi energiya zichligining vaqt bo'yicha o'rtacha qiymati

$$W_{o'rt} = \frac{1}{2} \rho A^2 \omega^2$$

ifoda bilan aniqlanadi.

**Turg'un to'lqinlar.** Amplitudalari va chastotalari bir hil bo'lgan ikki yassi to'lqin bir-biriga qarab harakatlenganda bir-biri bilan uchrashishi natijasida turg'un to'lqin vujudga keladi. Amalda turg'un to'lqinlar ular to'siqlardan qaytgan vaqtlarda yuzaga keladi.

x o'qining musbat yo'nalishi bo'ylab tarqalayotgan yassi to'lqin tenglamasi

$$\xi_1 = A \cos(\omega t - kx) \quad (1)$$

bunda, A-tebranish amplitudasi,  $\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi\nu}{T}$  davriy chastota,  $\kappa = \frac{2\pi}{\lambda}$  -to'lqin soni.

to'siqdan qaytib -x yo'nalishida tarqalayotgan to'lqin tenglamasi

$$\xi_2 = A \cos(\omega t + kx) \quad (2)$$

Natijalovchi turg'un to'lqin tenglamasi

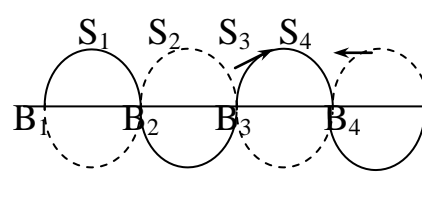
$$\xi_1 = \xi_1 + \xi_2 = A[\cos(\omega t - kx) + \cos(\omega t + kx)] = A_0 \cos \omega t$$

bunda  $A_0 = 2A \cos kx = 2A \cos 2\pi x / \lambda$

Turg'un to'lqin amplitudasi  $A_0 = 0$  bo'lishi uchun  $\cos 2\pi x / \lambda = 0$  bo'lishi kerak. Buning uchun  $2\pi x / \lambda = \pm (2n+1) \pi / 2$  shart bajarilishi kerak. Bundan  $X_{\text{turg'un}} = \pm (2n+1) \lambda / 4$  bu yerda  $n=1,2,3,\dots$ . Bu nuqtalar turg'un to'lqinning tugunlari deyiladi. ( $B_1, B_2, B_3$ )  $\cos 2\pi x / \lambda = 1$  bo'lganda turg'un to'lqin amplitudasi maksimal, ya'ni  $A_0 = 2A$  bo'ladi. Buning uchun  $2\pi x / \lambda$  butun sonlarga  $\pi$  ni ko'payitmasiga teng bo'lishi kerak, ya'ni

$$\frac{2\pi x}{\lambda} = \pm n\pi$$

bundan  $X_{\text{do'ng}} = \lambda n / 2$ . Bu nuqtalar ( $S_1, S_2, S_3, \dots$ ) turg'un to'lqinning do'ngliklari deyiladi. Do'nglik va tugun orasidagi masofa



$$X_{\text{тугы}} - X_{\text{дугы}} = (2n + 1) \frac{\lambda}{4} - \frac{\lambda n}{2} = \frac{\lambda}{4}$$

Ikkita qo`shni tugun yoki do`nglik orasidagi masofa  $\lambda/2$  ga teng bo`lib, turg`un to`lqin uzunligi deyiladi.

$$\lambda_{\text{turg`un}} = \lambda/2$$

#### Nazorat savollari

1. To`lqinlarni hosil bo`lish mexanizmi.
2. Yassi va sferik to`lqinlar.
3. Ko`ndalang va bo`ylama to`lqinlar.
4. To`lqin uzunligi va to`lqin soni.
5. Yuguruvchi to`lqin tenglamasi.
6. To`lqin energiyasi.
7. To`lqin energiyasini zichligi.
8. Turg`un to`lqinlarni hosil qilish.
9. Tugun va do`ngliklar haqida tushuncha.

#### Adabiyotlar.

- |                 |                 |
|-----------------|-----------------|
| 1. A-3. 178-194 | 3. A-5. 243-252 |
| 2. A-4. 210-230 | 4. A-6. 48-54   |