

O`ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O`RTA MAXSUS  
TA`LIMI VAZIRLIGI

NAVOIY DAVLAT PEDAGOGIKA INSTITUTI

Qo`lyozma huquqida  
UDK \_\_\_\_\_

Samandarov Latif

MEXANIK VA ELEKTROMAGNIT TEBRANISHLARNING QIYOSIY  
**XARAKTERISTIKASI**

Mutaxassislik: 5A110201 – *“Tabiiy va aniq fanlarni o`qitish metodikasi  
(Fizika va astronomiya)”*

magistri darajasini olish uchun

**D i s s e r t a t s i y a**

*Ilmiy rahbar: f.-m.f.n. A.M. Karimov*

Navoiy-2019

# MUNDARIJA

<b>Kirish</b> .....	
<b>I. Bob. Mexanik tebranishlar</b> .....	
1.1. Erkin va majburiy tebranishlar.....	
1.2. Matematik mayatnik va uni harakat tenglamasi.....	
1.3. Garmonik tebranishlar va aylanma harakat orasidagi bog`liqlik munosabati.....	
<b>II. Bob. Elektr tebranishlar</b> .....	
2.1. Erkin, avto va majburiy elektr tebranishlar .....	
2.2. Tebranish konturi va konturdagi jarayonlarni tavsiflovchi tenglama.....	
<b>III. Bob. Mexanika va elektr tebranishlarning o`xshashligi</b> .....	
3.1 Mexanik va elektromagnit tebranishlarning qiyosiy xarakteristikasi mavzusi misolida ta`lim tizimi o`quv jarayoniga innavatsion texnologiyalarni joriy etish zaruriyati.....	
3.2 Mexanik va elektromagnit tebranishlarning qiyosiy xarakteristikasi mavzuni o`qitish metodikasi.....	
3.3 O`qitish jarayonini samarali tashkil qilishda interfaol metodlarning ahamiyati.	
<b>XULOSA</b> .....	
<b>FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR</b> .....	

*"Muallim zoti ezgulik va ma'rifat  
yo'lining beminnat charog'bonidir"*

*A. Navoiy*

## **KIRISH**

**Mavzuning dolzarbligi.** Xalq ta'limi xodimlarining asosiy vazifasi mustaqil Respublikamiz uchun komil insonlarni tarbiyalash, bilimdon, vatanparvar, milliy iftixor tuyg'ulari yuqori bo'lgan yangi avlodni kamol topdir. Komil insonni shakllantirishda qaratilgan o'quv-tarbiya jarayonining asosiy vazifasi ta'lim samaradorligini oshirishdir. Ta'lim samaradorligi, ta'lim mazmunining maqsadi va vazifalariga mosligi, uning ilmiy jihatdan asoslanganligi, izchilligi, turmush bilan bog'liqligi, shu bilan birga o'quvchilarga mos metodlar, modellar va vositalarning tanlanishi bilan aniqlanadi.

Hozirgi vaqtda umumta'lim va oliy ta'lim tizimida ijtimoiy va ilmiy texnikaviy taraqqiyotga asoslangan holda o'rganiladigan fanlarning birinchi navbatda uslubiy masalalari katta o'rin egallaydi. Shuning uchun hozirgi davrda ta'lim mazmuniga zamonaviy fizika g'oyalarini kiritish, fundamental fizik nazariyalar darajasida xulosa qilish malakalarini shakllantirish muhim ahamiyat kasb etmoqda. Albatta, bu yerda fizika o'qitish metodikasining o'ziga xos xususiyatlarini inobatga olish lozim.

Bugungi kunda fan va texnikaning intensiv rivojlanishi deyarli barcha sohalarida katta o'zgarishlar ro'y berdiki, bu sohalar muvaffaqiyatli mehnat qilish har bir kishidan yuksak madaniyatli, chuqur va mustahkam bilimli bo'lishni hamda bu bilimni muntazam ravishda boyitib borish talab qiladi. Mexanik va elektromagnit tebranishlarning qiyosiy xarakteristikalarini o'qitishda va o'quvchilarning mavzuni tushinib olishlari uchun qiyoslash usulidan foydalanish mumkin. Bilishning bu metodi keng tarqalgan bo'lib *"Barcha narsalar qiyoslanganda bilinadi"* tamoyiliga asoslanadi. Qiyoslash natijasida bir necha obektlar uchun umumiyli va alohidaligi aniqlanadi. Alohida qilingan materiallarni ishlab chiqish mazkur tadqiqod ishining dolzarbligini asoslab beradi.

**Tadqiqotning ob'ekti.** Magistrlik dissertatsiya ishining tadqiqod ob'yekti sifatida mexanik va elektromagnit tebranishlarning qiyosiy xarakteristikalarining o'qitish metodikasini yaratish qo'yilgan.

**Tadqiqot predmeti.** Magistrlik dissertatsiyasining predmeti– maktab, litsey va oliy o'quv yurtlari talabalarining shu mavzuga bo'lgan qiziqishini oshirishdan iborat bo'lib, mavzuda mavjud muammolarni nazariy fizikada uslibiy jihatdan talqin qilib berish uning ishonchliligini metodik yoritish .

**Dissertatsiya ishining maqsadi.** Bugungi fan-texnikaning rivojlanish jarayonida yosh avlod bilimli va yuksak qudratga ega bo'lishi uchun ularga mavzuning mohiyatini yetkazish umumiy maqsadini tashkil etadi.

**Dissertatsiya ishining vazifalari.** Mexanik tebranishlarni ko'z bilan ko'ra olish mumkin, lekin elektromagnit tebranishlarni esa ko'z bilan ko'rib bo'lmaydi va o'quvchilar uni o'z ko'zi bilan ko'rmagandan keyin tasavvur qila olmaydi. Shuning uchun ham mavzuni mexanik tebranishlar orqali qiyosiy rivojlantirish bilan tushintirish.

**Tadqiqodning ilmiy va amaliy ahamiyati.** Bajarilgan magistrlik dissertatsiyaning natija va xulosalari, bundan tashqari tadqiqotning ilmiy va amaliy tavsiyalari, mavjud statistik ma'lumotlari oliy o'quv yurtlari hamda akademik litsey va o'rta maktabning o'quv jarayonini amalga oshirishda ko'mak beradi.

## I.Bob. MEXANIK TEBRANISHLAR

### 1.1. ERKIN VA MAJBURIY TEBRANISHLAR

Turli xil mexanik harakatlar orasida takrorlanib turadigan harakatlar ham uchraydi. Masalan, moddiy nuqtaning aylana bo'ylab tekis harakati takrorlanuvchi harakatdir: tekis aylanayotgan moddiy nuqta har bir yangi aylanishida bir xil vaziyatlardan o'tadi, shu bilan birga, avvalgi tartibda va o'shanday tezlik bilan o'tadi. Ana shunday takrorlanuvchanlik harakatga soat mayatnigining tebranishi, ko'priklarning, musiqa asboblari torlarning titrashi, yurak urishi va nafas olish, paroxodlarning suv to'liqlarida tebranishi, o'zgaruvchan tok va uning elektromagnit maydoni, atomda elektronlarning harakati, qattiq jism kristall panjarasi tugunlaridagi ionlarning harakati va h. z. misol bo'ladi.

Teng vaqtlar ichida takrorlanib turadigan harakatlar *davriy harakat* deyiladi.

Harakati o'rganilayotgan sistemada jismlar orasidagi o'zaro ta'sir kuchlarini *ichki kuchlar* deyiladi. Sistemadagi jismlarga shu sistemadan tashqaridagi jismlarning ta'sir *kuchi tashqi kuchlar* deb ataladi.

Tebranma harakat qila oladigan sistema shunday bir vaziyatga egaki, u o'z holicha bu vaziyatda qoldirilganda istalgancha uzoq vaqt davomida bo'la oladi. Bu muvozanat vaziyatdir.

Sistema to'g'ri chiziq yoki yoy bo'ylab harakatlanib, o'zining muvozanat vaziyatidan goh bir tomonga, goh qarama-qarshi tomonga chiqishidan iborat davriy harakat *tebranma harakat* yoki *tebranishlar* deyiladi.

Vaqt o'tishi bilan takrorlanuvchi harakat yoki fizik jarayonlar *tebranishlar* deb ataladi.

Tebranayotgan sistemaga ko'rsatilayotgan ta'sirning xarakteriga qarab, tebranishlar *erkin* (yoki *xususiy*) va *majburiy tebranishlarga* bo'linadi. Bir marta turtki berilgandan yoki muvozanat vaziyatidan chiqarilgandan so'ng

ichki kuchlar ta'sirida yuzaga keladigan tebranishlar erkin tebranishlar deyiladi. Bunga misol qilib ipga osib qo'yilgan sharcha (mayatnik)ning tebranishini olish mumkin. Tebranishlar vujudga kelishi uchun sharchani turtib yuborish yoki uni muvozanat holatidan chetga chiqarib qo'yib yuborish kifoya. Davriy ravishda o'zgaruvchan tashqi kuchlarning ta'siri ostida bo'ladigan tebranishlar majburiy tebranishlar deb ataladi. Bunga ichki yonuv dvigateli silindridagi porshening tebranishlari, tikuv mashinasi ignasining va mokisining tebranishlari, ustidan odamlar tartibli qadam tashlab o'tayotgan ko'priknining tebranishlari misol bo'la oladi. Tebranishlar fizik tabiati va murakkablik darajasi jihatidan mexanik, elektromagnit, elektromexanik va hokazo tebranishlarga bo'linadi. Bu tebranishlarning hammasi umumiy qonuniyatlar asosida ro'y beradi. Eng sodda tebranish bu garmonik tebranishdir. Garmonik tebranish shunday hodisaki, unda tebranuvchi kattalik (masalan, mayatnikning og'ishi) vaqtga bog'liq ravishda sinus yoki kosinus qonuni bo'yicha o'zgaradi. Bu turdagi tebranish quyidagi ikki sababga ko'ra juda muhimdir: birinchidan, tabiatda va texnikada uchraydigan tebranishlar o'z xarakteri bilan garmonik tebranishlarga yaqin; ikkinchidan, boshqacha ko'rinishdagi (vaqtga qarab o'zgaradigan) davriy tebranishlarni ustma-ust tushgan bir necha garmonik tebranishlar sifatida tasavvur qilish mumkin. Biz mexanik garmonik tebranishlar ustida to'xtalib o'tamiz.

**Erkin tebranish:** Prujinaga mahkamlangan yuk yoki ipga osilgan yuk tebranishlari guyo o'z-o'zidan sodir bo'lgandek tuyuladi. Buning uchun prujinaga mahkamlangan yoki ipga osilgan yukni muvozanat holatdan ozgina chetga chiqarib yuborish kifoya. Bu demak, o'z-o'zidan, mayatniklar tashqi kuchlar tomonidan tebranishga majbur etilmaganligidandir;

tebranishlar jismlar sistemasining o'z ichida ta'sir etadigan kuchlar: prujinali mayatnikda elastiklik kuchi yoki matematik mayatnikda ogirlik va ipning elastiklik kuchi<sup>1</sup> hisobiga sodir bo'ladi.

Muvozanat holatdan chiqarilgandan keyin tashqi ta'sirlarsiz sodir bo'ladigan tebranishlar *erkin tebranishlar* deb ataladi.

Erkin tebrana oladigan jismlar sistemasi *tebranish sistemalari* deyiladi.

Erkin tebranishlar chastotasini sistemaning *xususiy tebranishining chastotasi deb* ataladi.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (1) \quad \text{va} \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (2)$$

tebranish davrlari uchun berilgan (1) va (2) - formulalar aynan erkin tebranishlarga taalluqlidir. Shunday qilib, prujinali va matematik mayatniklar *erkin tebranadi*. Bunday tebranishlar tabiatda ko'p uchraydi.

Mayatniklar tebranishi bilan tanishgandan so'ng jismlarning erkin tebranishlari qanday sharoitlarda sodir bo'lishini fahmlash biz uchun qiyinchilik tug'dirmaydi.

Birinchiidan, tebranish sistemasida bir-biriga «o'xshash» kuchlar ta'sir etishi kerak. Prujinali mayatnikda bu elastiklik kuchi bo'lib, uning koordinata o'qiga proeksiyasi prujina deformatsiyasiga, ya'ni jismning siljishiga proporsionaldir

$$F_x = -k \cdot x. \quad (3)$$

Bu kuch muvozanat holat tomon yo'nalgan. Ipli mayatnikda bu — proeksiyasi jism siljishiga proporsional bo'lgan og'irlik va elastiklik kuchlarining teng ta'sir etuvchisidir

$$F_x = -\frac{mg}{l} x \quad (4)$$

bu kuch ham muvozanat holatga tomon yo'nalgan.

---

<sup>1</sup> Ipli mayatnikdagi jismlar sistemasiga yer ham kiradi, chunki u yukka ta'sir etuvchi og'irlik kuchi «manbai» hisoblanadi.

Ikkinchidan, sistemada ishqalanish iloji boricha kichik bo`lishi kerak, aks holda tebranish tez so`nadi umuman hosil bo`lmaydi. Erkin tebranishlar qancha vaqt davom etadi? Tinch turgan mayatnikni turtib yuborib yoki uni ma`lum balandlikka ko`tarib, unga biz energiya:

Birinchi holda — kinetik, ikkinchi holda esa potensial energiya uzatamiz. Keyinchalik, tebranma harakat davomida jism energiyasi kinetikdan potensialga va aksincha almashinib boradi. Ishqalanish bo`lmaganda mayatnikning to`la mexanik energiyasi istalgan vaqt momentida unga berilgan boshlangich energiyaga tengligicha solishi kerak.

$$E = \frac{kA^2}{2} \quad (5)$$

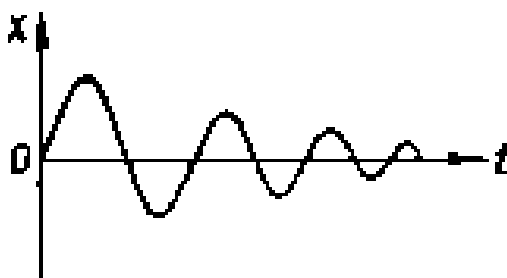
(5) - formuladan ko`rganimizdek, tebranayotgan jismning to`la energiyasi tebranish amplitudasining kvadrat bilan aniqlanadi. Demak, ishqalanish bo`lmaganda mayatnikning to`la mexanik energiyasi saqlanadi, tebranish amplitudasi ham o`zgarmaydi. Demak, erkin tebranishlar abadiy davom etishi kerak. Haqiqatdan ham, ba`zan ajablanarli darajada uzoq davom etadigan tebranishlarni kuzatish mumkin.

Masalan, uncha katta bo`lmagan burchakka og`dirilgan uzun mayatnik ko`plab soat tebranishi mumkin. Erkin tebranishlar baribir abadiy emas. Erkin tebranishlar qanchalik uzoq davom etmasin, tajriba shuni ko`rsatadiki, ularning amplitudasi asta-sekin kamayib boradi, odatda tebranish so`nadi va nihoyat to`xtab qoladi. Sababi shundaki, yerdagi real sharoitlarda boshqa ko`rinishdagi harakatlar singari, tebranma harakatda ham, ishqalanish kuchi ta`siridan ozod bo`lishi mumkin emas. Ishqalanish esa hamma narsani mutlaqo o`zgartirib yuboradi. Ishqalanish kuchi harakat yo`nalishiga teskari yo`naladi, shuning uchun ham manfiy ish bajaradi.



Ish manfiy boʻlganligi tufayli toʻla mexanik energiya kamayadi. Energiyaning kamayishi amplitudaning kam ayishini bildiradi. Vaqt oʻtishi bilan amplitudasi kamayib boradigan tebranishlar **soʻnuvchi tebranishlar** deb ataladi.

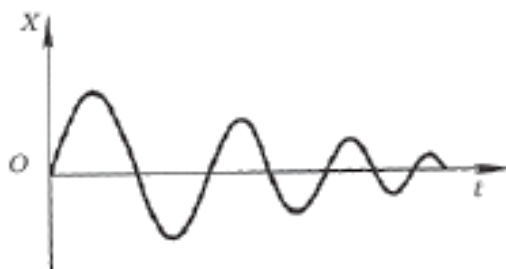
Har bir yangi davrda amplituda tobora kamayib boradi va ishqalanish kuchi qanchalik katta boʻlsa, amplituda shunchalik tez kamayadi.



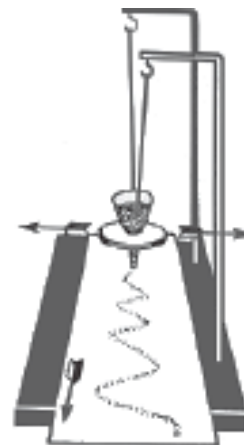
1.1-rasm.

1.1-rasmda soʻnuvchi tebranish grafigi koʻrsatilgan. Soʻnuvchi tebranishlarni garmonik deb hisoblash mumkin emas, chunki garmonik tebranishlar uchun amplitudaning doimiyligi xarakterlidir.

**Soʻnuvchi tebranishlar:** Yuqorida koʻrib oʻtilgan prujinali mayatnikning yoki matematik mayatnikning erkin tebranishlari faqat ishqalanish boʻlmagan taqdirdagina garmonik tebranishlar boʻla oladi. Lekin real tebranuvchi sistemada hamma vaqt ishqalanish, aniqrogʻi qarshilik kuchlari mavjud.



1.2-rasm



1.3-rasm

Masalan, mayatnik osib qo'yilgan joydagi ishqalanish kuchi yoki sistema tebranayotgan muhitning qarshilik kuchi shular jumlasidandir. Qarshilik kuchlarini yengish uchun sistema ish bajaradi va tebranishlar energiyasining bir qismini sarflaydi. Shuning uchun tebranish energiyasi tebranish jarayonida kamayib boradi. Tebranish energiyasi amplituda kvadratiga to'g'ri proporsional bo'lgani uchun ((5) formulaga q.) tebranishlar amplitudasi ham tobora kamayib boradi va energiya zaxirasi tugagach, tebranishlar butunlay to'xtaydi. Bunday tebranishlar *so'nuvchi tebranishlar* deb ataladi. 1.2- rasmda so'nuvchi tebranishlar uchun x siljishning t vaqtga bog'liqlik grafigi tasvirlangan. Bunday bog'lanishni qumdonli mayatnik vositasida hosil qilish mumkin (1.3- rasm). Teshigi juda tor bo'lgan voronkani uzun ipga mayatnik singari osib, unga quruq qum to'ldiriladi va tebrantirib yuboriladi. Agar voronkaning ostidan keng qog'oz tasmani uning tebranishlariga perpendikular yo'nalishda tortib tekis harakatlantirilsa, voronkadan tushayotgan qum oqimi mayatnik siljishining vaqtga bog'liq o'zgarishini grafik ravishda tasvirlovchi qum izini hosil qiladi. Muhitning qarshiligi qancha katta bo'lsa, amplituda shuncha tez kamayadi va tebranishlar tez to'xtaydi. Masalan, havoda mayatnik ancha uzoq vaqt davomida tebranishi mumkin, biroq o'shancha energiya berilgan o'sha mayatnikning o'zi suv ichida bir-ikki martadan ortiq tebrana olmaydi. So'nuvchi tebranishlarda tebranish amplitudasi vaqt o'tishi bilan kamayib borishi sababli harakat to'la takrorlanmaydi. Shuning uchun so'nuvchi tebranishlar garmonik bo'lmaydi, ular hatto davriy harakat ham bo'lmaydi. Biroq energiyaning sarflanishi (so'nish) juda sekinlik bilan amalga oshsa, bunday so'nuvchi tebranishlarni biror taqribiylik bilan *davriy harakat*, deb hisoblash mumkin.

**Majburiy tebranishlar:** Erkin tebranishlardan amalda kamdan kam foydalaniladi. Istalgancha uzoq vaqt davom eta oladigan so'nmas tebranishlar esa katta amaliy ahamiyatga ega. So'nmas tebranishlarni hosil qilish uchun tebranuvchi sistema energiyasining kamayishini chetdan to'ldirib turish lozim. Buning eng qulay usuli sistemaga davriy

o'zgarib turuvchi kuch bilan ta'sir etib turishdir. Davriy o'zgarib turuvchi tashqi kuch ta'sirida bo'ladigan tebranishlarni **majburiy tebranishlar** deb ataladi, bu kuchni majbur etuvchi kuch, tebranuvchi sistemani esa majburiy sistema deyiladi. Odatda, majbur etuvchi kuch sifatida vaqt bo'yicha sinus yoki kosinus qonuni bilan o'zgaradigan kuchdan foydalaniladi. Bunday kuchning ifodasi

$$F = F_0 \sin \omega t$$

ko'rinishda bo'ladi, bu yerda:  $F_0$  — kuchning amplituda (maksimal) qiymati,  $\omega$  — kuch tebranishlarining doiraviy chastotasi. Majburiy tebranishlar amplitudasini aniqlaylik. Majburiy tebranuvchi sistemalarga majbur etuvchi kuchdan tashqari, tebranishlarni yuzaga keltiruvchi kvazielastik kuchlar hamda muhitning qarshilik kuchi ta'sir ko'rsatadi. Sistemaning harakat tenglamasini yozishda bu kuchlarni ham hisobga olish lozim. Agar tebranishlar amplitudasi yetarli darajada kichik bo'lsa, qarshilik kuchini tezlikka proporsional, deb hisoblash mumkin. U holda, Nyutonning ikkinchi qonuniga ko'ra, harakat tenglamasi quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$ma = -kx - r\dot{\vartheta} + F_0 \sin \omega t, \quad (189)$$

bu yerda  $m$ ,  $x$ ,  $\vartheta$  va  $a$  — mos ravishda, tebranuvchi sistemaning massasi, siljishi, tezligi va tezlanishi,  $r$  — muhitning qarshilik koeffitsiyenti. Hisobni soddalashtirish maqsadida qarshilik kuchini juda kichik deb, uni nazarga olmasak, u holda

$$ma = -kx + F_0 \sin \omega t \quad (190)$$

bo'ladi.

Tezlanishning (175) ifodasini va (177) formulani nazarga olib, (190) munosabatni quyidagicha yozamiz:

$$-m\omega^2 x = -m\omega_0^2 + F \sin \omega t$$

Va bundan majburiy tebranishlardagi siljishni topish mumkin:

$$x = \frac{F_0 \sin \omega t}{m(\omega_0^2 - \omega^2)} \quad (191)$$

Bu ifodani garmonik tebranma harakat tenglamasi [ (169) formula] bilan taqqoslasak, majburiy tebranishlar amplitudasining ifodasi quyidagicha bo‘ladi:

$$x_0 = \frac{F_0}{m(\omega_0^2 - \omega^2)} \quad (192)$$

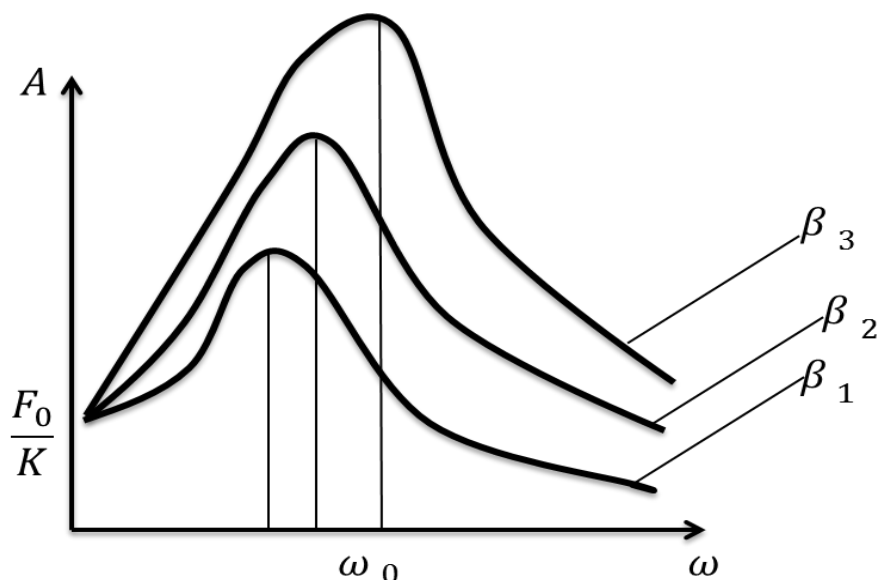
Shunday qilib, (191) va (192) formulalardan quyidagi xulosalar kelib chiqadi:

- 1) majburiy tebranishlar majbur etuvchi kuch chastotasiga teng chastotali garmonik tebranishlardan iborat ekan;
- 2) majburiy tebranishlarning  $x_0$  amplitudasi majbur etuvchi kuchning  $F_0$  amplitudasiga to‘g‘ri proporsionaldir;
- 3) majburiy tebranishlarning  $x_0$  amplitudasi majbur etuvchi kuchning  $\omega$  chastotasi bilan sistemaning  $\omega_0$  xususiy tebranishlari chastotasi orasidagi munosabatga bog‘liq bo‘ladi;
- 4) berilgan tebranuvchi (aniq  $\omega_0$  xususiy chastotaga ega bo‘lgan) sistema uchun  $x$  siljish  $F_0 \sin \omega t$  majbur etuvchi kuchga proporsional bo‘ladi.

**Rezonans hodisasi:** Agar  $\omega = 0$  bo‘lganda, ya’ni majbur etuvchi kuchning qiymati o‘zgarmaganda (14.57) ifodadan

$$A = \frac{F_0}{m\omega_0^2} = \frac{F_0}{K} \quad (14.59)$$

Kelib chiqadi.  $\omega \rightarrow \infty$  bo‘lsa, (14.57) ga asosan, amplituda nolga intiladi (14.10-rasm) dan ko‘rinadiki,  $\omega$  ning biror oraliq qiymatida amplituda maksimal qiymatga erishadi.



14.10-rasm.

Bu hodisa, ya'ni majbur etuvchi kuch chastotasining biror aniq qiymatida majburiy tebranishlar amplitudasining keskin ortib ketishi **rezonans hodisasi** deb ataladi.

Rezonans hodisasi amalga oshgan holdagi majbur etuvchi kuchning chastotasini **rezonans chastotasi** deb, amplitudaning maksimal qiymatini esa **rezonans amplituda** deb ataladi.

Rezonans hodisasi ro'y berganda (14.57) ifoda maksimal qiymatga erishadi, ammo bu holda mazkur ifodaning maxraji minimal qiymatga erishishi lozim. Shuning uchun (14.57) ning maxrajidan  $\omega$  bo'yicha hosila olib, uni nolga tenglashtiraylik:

$$-2(\omega_0^2 - \omega^2)2\omega + 8\beta^2\omega = 0$$

yoki 
$$-(\omega_0^2 - \omega^2) + 2\beta^2 = 0$$

bundan 
$$\omega = \omega_p = \sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2} \quad (14.60)$$

Rezonans chatotasining bu qiymatini (14.57) qo'ysak, rezonans amplituda qiymatini topamiz:

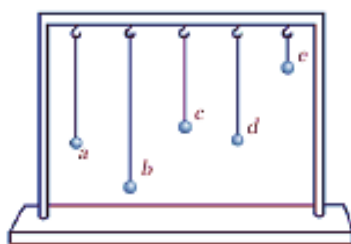
$$A_p = \frac{F_0}{2m\beta\sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}} \quad (14.61)$$

Demak, rezonans chastota va rezonans amplituda  $\beta$  ga bog'liq.  $\beta$  kamaygan sari  $\omega_r$  ortib boradi va xususiy tebranishlar chastotasi ( $\omega_0$ ) ga yaqinlashib boradi.  $\beta=0$  bo'lganda esa rezonans amplitudaning qiymati cheksiz katta bo'lib ketadi. Real holatda rezonans amplituda chekli qiymatga ega bo'ladi, chunki real sharoitda  $\beta \neq 0$  bo'ladi.

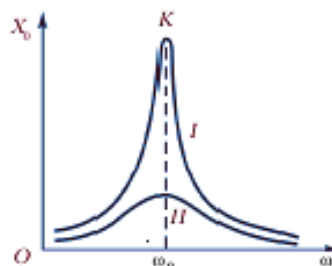
Majburiy tebranishlar amplitudasining majbur etuvchi kuch chastotasiga bog'liqligi [(192) formulaga q.] shunga olib keladiki, bunda  $\omega$  chastota  $\omega_0$  chastotaga yaqinlashganda, ya'ni  $\omega \rightarrow \omega_0$  bo'lganda,  $\omega_0^2 - \omega^2$  ayirma nolga intilib,  $x_0$  amplituda esa cheksiz katta ( $x_0 \rightarrow \infty$ ) bo'ladi. Haqiqatda esa ishqalanish tufayli majburiy tebranishlar amplitudasi chekli bo'lib qoladi.

*Sistemaning majburiy tebranishlari chastotasi xususiy tebranishlari chastotasiga yaqinlashganda tebranishlar amplitudasining keskin ortib ketish hodisasi rezonans deb ataladi. Rezonans ro'y beradigan chastota rezonans chastota deb ataladi.*

Rezonans hodisasini quyidagi oddiy tajribada kuzatish mumkin. Taxta reyka turli uzunlikli mayatniklarni osib (2.7- rasm), ulardan birini, masalan,  $d$  mayatnikni muvozanat vaziyatidan chetga



209- rasm.



210- rasm.

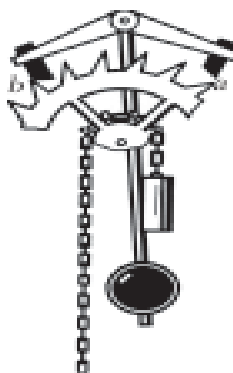
chiqarib, reyka joylashgan tekislikka perpendikular tekislikda tebratib yuboramiz. Bu tebranishlar reyka uzatiladi va reyka  $d$  mayatnikning tebranish chastotasiga teng chastota bilan boshqa mayatniklarga ta'sir etadi. Bunda uzunligi  $d$  mayatnikning uzunligiga teng bo'lgan faqat  $a$  mayatnikning kuchli tebranishini ko'ramiz. Bu mayatniklar o'zaro rezonansda bo'ladi,  $b$  va  $c$  mayatniklar juda kichik amplituda bilan

tebranadi, eng qisqa  $e$  mayatnik esa deyarli tebranmaydi, bunga sabab uning xususiy tebranishlar chastotasi  $d$  mayatnikning chastotasidan katta farq qiladi. Mexanik rezonansga AQSH da 1940 – yil 7 – noyabrda kuzatilgan hodisa ham yaqqol misol bo‘la oladi. Gap shundaki, Takom bo‘g‘ozi ustiga qurilgan Takom osma ko‘prigidan o‘tib turgan avtomobillarning haydovchilari ajoyib hodisaning guvohi bo‘ldilar. Shamol ancha sekin (taxminan  $17 \frac{m}{s}$  tezlik bilan) esib turganiga qaramay, ko‘prikning qatnov qismi minutiga 36 marta tebranib, tebranishlar amplitudasi  $1,5 m$  ga yetar edi. Ko‘prik orqali harakat to‘xtatilganiga qaramay, tebranishlar amplitudasi ortib borar edi. Markaziy mahkamlagichlar yorilib ketdi, shundan keyin ko‘prikning tebranishlari o‘z xarakterini o‘zgartirdi, ularning amplitudasi keskin kattalashib, ko‘p o‘tmasdan ko‘prik buzilib, uning parchalari Takom bo‘g‘oziga qulab tushdi. Bunday hodisaning sababchisi — ko‘prikda yuz bergan mexanik rezonans bo‘ldi. Uni shamol ta’sirida ko‘prikdan davriy ajralayotgan havo uyurmaları vujudga keltirgan. Bu uyurmaların ajralish chastotasi ko‘prikning xususiy tebranishlar chastotalaridan biriga mos kelgan, shamol energiyasi ko‘prik tomonidan effektiv yutilishi hisobiga tebranishlar amplitudasi keskin ortib, ulkan qurilmaning fojiali buzilishiga olib kelgan. 2.8-rasmda tasvirlangan  $I$  egri chiziq majburiy tebranishlar amplitudasining davriy o‘zgarib turuvchi majbur etuvchi kuchning chastotasiga bog‘liq holda qanday o‘zgarishini ko‘rsatadi. Bunday egri chiziq rezonans egri chizig‘i deb ataladi. Rasmdan ko‘rinadiki, majburiy tebranishlar chastotasi sistemaning xususiy tebranishlar chastotasiga teng bo‘lib qolganda amplituda eng katta qiymatga erishadi. Rasmda shunday amplituda  $K$  nuqtaning ordinatasi bilan ko‘rsatilgan. Majbur etuvchi kuchning chastotasi rezonans chastotadan o‘ng tomonga yoki chap tomonga o‘zgarganda tebranishlarning amplitudasi kamayadi. Tebranuvchi sistemadagi ishqalanish rezonans hodisasiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Ishqalanish qancha ko‘p bo‘lsa, tebranishlar amplitudasi shuncha kichik bo‘ladi. 2.8-rasmda tasvirlangan  $I$  egri chiziq kam ishqalanishli

sistemaga, II egri chiziq esa ko'p ishqalanishli sistemaga mos keladi. Rezonans hodisasi har qanday tabiatli tebranishlarda kuzatiladi. Bu hodisadan, masalan, akustikada tovushni kuchaytirishda, radiotexnikada elektr tebranishlarni kuchaytirishda keng foydalaniladi.

Ba'zi hollarda rezonans zararli ta'sir ko'rsatadi. Rezonans tufayli inshootlar (ko'priklar, tayanchlar, binolar va boshqalar), mexanizmlar (masalan, stanoklar, motorlar va boshqalar) kuchli titrashi natijasida yemirilishi mumkin. Shuning uchun inshootlarni qurishda mexanizmlarning tebranish chastotalari bilan inshootlarning xususiy tebranishlari orasida katta farq bo'lishi ta'minlanadi.

**Avtotebranishlar:** Yuqorida qayd etib o'tilganidek, so'nmas tebranishlarni hosil qilishda tebranish energiya sining isrofini doim to'ldirib turish uchun tebranuvchi sistemaga tashqi davriy kuch ta'sir etib turishi kerak. So'nmas tebranishlarni hosil qilishning bu usulidan tashqari, texnikada keng qo'llaniladigan boshqa usuli ham mavjud. Agar erkin tebrana oladigan sistemaning ichida doimiy energiya manbayi bo'lsa va bu energiya manbayi hisobidan sistemaning tebranish jarayonida yo'qotib boradigan energiyasini qoplash uchun zarur energiyaning kelib turishini sistemaning o'zi ta'minlab tura olsa, bunday sistemada so'nmas tebranishlar vujudga keladi. Bu usul bilan hosil qilingan so'nmas tebranishlarni avtotebranishlar, sistemani esa avtotebranuvchi sistema deb ataladi.



211- rasm.



Doimiy energiya manbalari tebranishlar davriga nisbatan juda qisqa vaqt oraliqlarida ishlatiladi. Shu bilan birga, bu energiya manbayidan kerakli paytlardagina sistemaning o'zi avtomatik tarzda foydalanadi. Avtotebranuvchi sistemaga mayatnikli soat misol bo'la oladi. Soatda ko'tarilgan yukning potensial energiyasi doimiy energiya manbayi bo'ladi va uni anker mexanizm yordamida ishga tushiriladi (2.9-rasm). Yuqoriga ko'tarilgan yuk qiya tishli xrapovikni aylantiradi. Mayatnikning gorizontal o'qqa o'rnatilgan yuqori uchiga ikki uchida ikkita chiqig'i bo'lgan yoysimon  $a b$  planka o'rnatilgan. Bu plankani anker deb ataladi. Anker yordamida mayatnik xrapovikning aylanishini va unga biriktirilgan soat strelkalarining yurishini boshqaradi. 2.9-rasmda tasvirlangan vaziyatda xrapovikning tishi ankerning  $b$  chiqig'iga tiralib, uni yuqoriga ko'taradi va mayatnikni chapga itaradi. Mayatnik muvozanat vaziyatidan o'tishi bilan  $b$  chiqiq xrapovikdan bo'shaydi va achiqiq xrapovik tishiga tiralib qoladi. Natijada mayatnik o'ng (qarama-qarshi) tomonga itariladi. Demak, mayatnik bir tebranish davri davomida manbadan ikki marta energiya oladi va shu bilan energiyaning manbadan kelib turishini o'zi boshqaradi. Tashqi davriy kuch ta'sirida yuzaga keladigan majburiy tebranishlar bilan avtotebranishlar orasidagi farq shundan iboratki, agar majburiy tebranishlarning chastotasi tashqi kuch chastotasi bilan bir xil, tebranishlar amplitudasi ana shu kuch amplitudasiga bog'liq bo'lsa, avtotebranishlarning chastotasi va amplitudasi shu tebranuvchi sistemaning o'z xususiyatlariga bog'liq bo'ladi.

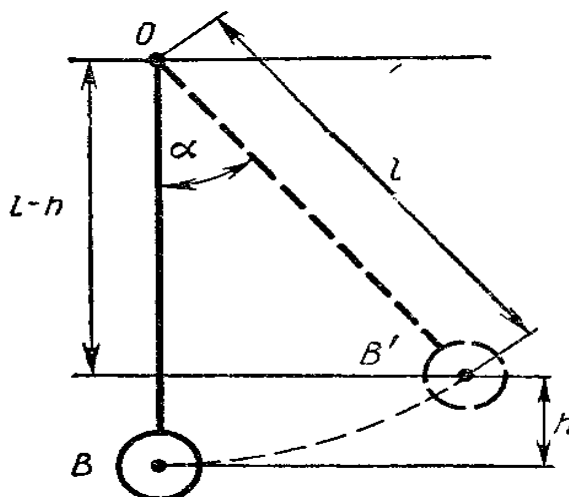
## 1.2. MATEMATIK MAYATNIK VA UNI HARAKAT TENGLAMASI

Garmonik tebranishlar va ularni tavsiflovchi fizik kattaliklar bilan yuqoridagi mavzuda tanishib chiqdik. Endi garmonik tebranma harakatlarga misol tariqasida mayatnik deb ataluvchi sistema harakatini qarab chiqamiz.

Mayatnik deganda qo'yilgan kuch ta'sirida qo'zg'almas o'q yoki muvozanat holatiga nisbatan tebranayotgan sistemalar tushuniladi.

Matematik mayatnik – bu matematik abstraksiyadir.

Cho'zilmaydigan uzun, cho'zilmas, "vaznsiz" ip va unga osilgan jismdan iborat sistemaga *matematik mayatnik* deb ataladi. Bu sistema matematik mayatnik bo'lishi uchun qattiq jism o'lchamlari ip o'lchamlaridan bir necha marta kichik, massasi ip massasidan ancha marta katta, ya'ni sistemaning massa markazi B qattiq jismning massa markazi bilan mos tushishi kerak (81-rasm).



81-rasm

81-rasmdan matematik mayatnikka muvozanat holatda va muvozanat holatidan chiqarilganda unga ta'sir qiluvchi kuchlarni qarab chiqamiz.

Sistema muvozanat holatda turganda sharga ta'sir qiluvchi og'irlik kuchi  $P = mg$  ipning taranglik kuchi  $T$  ga teng bo'lib, natijaviy kuch nolga tengdir:

$$F = P + T = 0$$

Agar sistemani muvozanat holatidan chetga chiqarsak, ya'ni  $\alpha$  burchakka og'dirsak, og'irlik  $P$  va taranglik  $T$  kuchlarining teng ta'sir

etuvchisi hosil bo'lib, sistemani muvozanat holatga qaytarishga harakat qiladi. Agar shar qo'yib yuborilsa, u holatga qaytadi va inersiya bilan harakatini davom ettirib, ikkinchi tomonga og'adi. Agar shar harakatiga havoning qarshilik kuchini va ip osilgan nuqtadagi ishqalanish kuchini hisobga olmasak, ya'ni sharning  $BB'$  yoy bo'yicha harakatida energiya yo'qolishi bo'lmaydi, deb qarasaq, shar chap tomonga ham  $\alpha$  burchakka og'adi. Bunda yana sharni muvozanatga qaytaruvchi kuch paydo bo'ladi. Shar yana inersiyasi bilan muvozanat holatdan chiqib  $B'$  nuqtaga keladi va hokazo. Mayatnik xuddi shunday muvozanat vaziyati atrofida tebrana boshlaydi. Mayatnik og'irlik kuchi  $P$  va ipning taranglik kuchi  $T$  yotgan tekislikda tebranadi.

Matematik mayatnik uchun aylanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasi

$$M = I \cdot \beta = I \cdot \frac{d\omega}{dt} \quad (1)$$

Formulani qo'llaymiz.

Aylanish nuqtasiga nisbatan kuch momenti:

$$M = F \tau \cdot l = m \cdot g \cdot l \cdot \sin \alpha \quad (2)$$

Bunda  $l$  – matematik mayatnik uzunligi.

$m$  massali moddiy nuqtaning aylanish nuqtasiga nisbatan inersiya momenti:

$$I = m \cdot l^2 \quad (3)$$

(2) va (3) ni (1) ga qo'ysak,

$$\frac{d\omega}{dt} = -\frac{g}{l} \cdot \sin \alpha = \frac{d^2 \cdot \alpha}{dt^2} \quad (4)$$

Og'irlik kuchi hosil qilayotgan burchak tezlanish burchak og'ishiga teskari bo'lganligi uchun minus ishora bilan olinadi. (4) tenglamaning yechimi  $\alpha(t)$  ni topish murakkabdir, shuning uchun  $\alpha$  ni juda kichik deb hisoblaymiz. Bunda  $\sin \alpha$  ni  $\alpha$  orqali almashtirilsa bo'ladi:

$$-\frac{g}{l} \cdot \alpha = \frac{d^2 \cdot \alpha}{dt^2} \quad (4a)$$

Bu tenglamadan ko'rinadiki,  $\alpha$  vaqtning shunday funksiyasi bo'lishi kerakki, bu funksiyadan vaqt bo'yicha olingan ikkinchi tartibli differensial funksiyani o'zini  $\frac{g}{l}$  doimiylikka ko'paytmasiag teng bo'lishi kerak.

Matematikadan ma'lumki, garmonik funksiyalar – sinus va kosinus shunday xususiyatga ega. Misol uchun, mayatnik tebranganda  $\alpha$  burchak vaqt o'tishi bilan garmonik qonun bo'yicha o'zgarsin, ya'ni:

$$\alpha = \alpha_0 \cos \omega t \quad (5)$$

$\alpha_0$  – tebranish amplitudasi,  $\omega = 2\pi \cdot \nu$  - siklik chastota.

Har qanday garmonik funksiya ham (4a) tenglamani qanoatlantirmay, faqat  $\omega^2 = \frac{g}{l}$  bo'lsagina, funksiya (4a) tenglamani qanoatlantiradi.

Haqiqatan ham (4a) o'rniga

$$-\omega^2 \cdot \alpha = \frac{d^2 \cdot \alpha}{dt} \quad (6)$$

ni yozib, (5) tenglamani e'tiborga olsak, (6) tenglama ayniyatga aylanadi.

Ta'kidlaganimizdek, sistemaning og'ish burchagi kichik bo'lsa, ya'ni  $BB'$  yoy uzunligi vatar uzunligiga teng deb olish mumkin bo'lsa,

$\sin \alpha = \frac{x}{l} \approx \alpha$  ni ikki marta vaqt bo'yicha differensiallasak,

$-\frac{1}{l} \cdot \frac{d^2 x}{dt^2} = \frac{d^2 \cdot \alpha}{dt}$  bo'ladi, uni (6) bilan taqqoslab

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = \omega^2 \cdot x \quad (7)$$

ni hosil qilamiz.

(4) va (7) ikkinchi tartibli differensial tenglamalar matematik mayatnikning **harakat tenglamasi** deb yuritiladi. Ularni taqqoslasak:

$$\omega^2 = \frac{g}{l} \quad (8)$$

bunda

$$4 \cdot \pi^2 \cdot \nu^2 = \frac{g}{l} \quad (9)$$

$$\nu = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{g}{l}}$$

bunda  $\nu$  - tebranish chastotasi.

Matematik mayatnikning to'la tebranish davri quyidagicha bo'ladi:

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}} \quad \text{matematik mayatnikning tebranish davri}$$

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{x}{g}}$$

Vaznsizlik sharoitida matematik mayatnikning tebranish davri cheksiz katta bo'ladi.

$T = 2 \cdot \sqrt{l}$  Yerda turgan matematik mayatnikning tebranish davri

$$\pi^2 = g = 9,8 \approx 10$$

$$\sqrt{g} = \pi \approx 3,14$$

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g \pm a}} \quad \text{matematik mayatnikning tebranish davri, yuqoriga (+),}$$

pastga (-)

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g^2 + a^2}} \quad \text{matematik mayatnikning tebranish davri (a -}$$

gorizontal bo'lganda)

Matematik mayatnikning tebranish davri mayatnik uzunligiga va Yerning geografik kengligiga bog'liq bo'ladi.

Matematik mayatnikning tebranish davri Yerdagiga nisbatan Oyda katta, chastotasi esa aksincha kichik, chunki  $g_{oy} < g_{yer}$ .

$$\nu = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{g}{l}} \quad \text{matematik mayatnikning tebranish chastotasi}$$

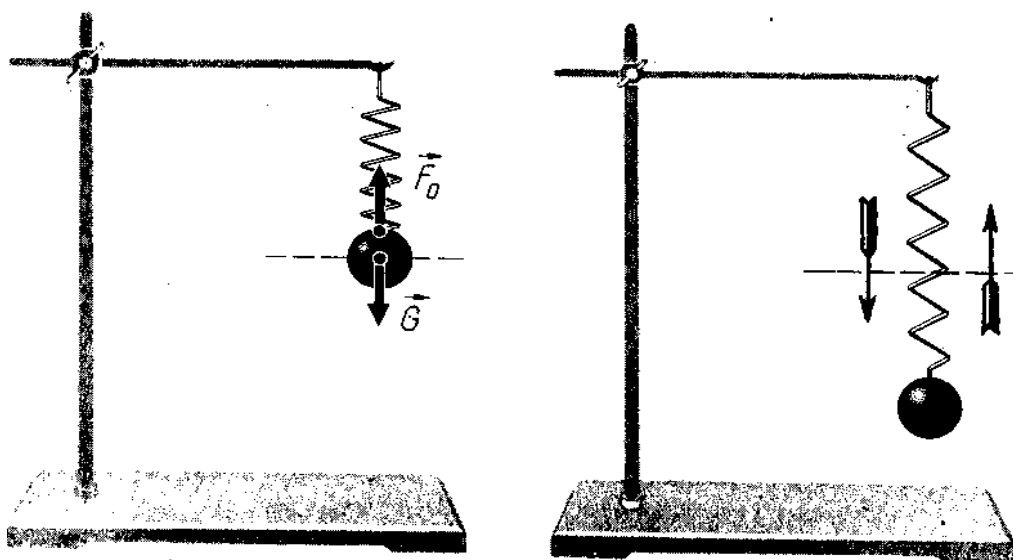
$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}} \quad \text{matematik mayatnikning siklik chastotasi.}$$

$h = l(1 - \cos \alpha)$  matematik mayatnik  $\alpha$  burchakka og'ganda, muvozanat vaziyatidan ko'tarilish balandligi

$F = mg(3 - 2\cos\alpha)$  matematik mayatnik muvozanat vaziyatidan o'tganda ipning taranglik kuchi

Endi prujinali mayatnikning harakarini qarab chiqaylik. Prujina va unga osilgan yuk o'z muvozanat holatidan chiqarilganda tebranma harakatga keladigan sistema **prujinali mayatnik** deb aytiladi.

Prujinaga yuk osilmaganda uning uzunligi  $x_0$  bo'lsin. Prujinaga yuk osilgandan keyin prujina  $\Delta x_0$  ga cho'zilgan bo'lib (82-rasm), prujina muvozanatda bo'lsin. Bunda  $P = mg$  ga teng elastiklik kuchi  $F_1 = k\Delta x_0$  vujudga keladi.  $P = -F_1$ . Bu holda prujina uzunligi  $x_0 + \Delta x_0$  bo'ladi.



82-rasm

Prujinani vertikal pastga  $x$  masofaga tortsak, hosil bo'lgan natijaviy elastiklik kuchi  $F_x = k(\Delta x_0 + x_0)$  bo'ladi.

Prujina  $x$  ga cho'zilishida hosil bo'lgan elastiklik kuchi

$$F = F_2 - F_1 = kx$$

bo'ladi. Bu kuch sistemani muvozanat tomonga qaytaruvchi kuch bo'lib, biz prujinani cho'zishda qo'yilgan kuchga (muvozanatdan chiqaruvchi) teng va qarama-qarshi yo'nalgan bo'ladi:

$$F = -kx$$

$x$  – prujinaga osilgan yukni muvozanat holatdan chetlanishi, ya'ni siljish miqdorini ko'rsatadi.

Agar biz yukni qo'yib yuborsak,  $F$  kuch yukni muvozanat tomonga harakatlantiradi. Yuk muvozanat holatga yetganda  $F=0$  bo'ladi, lekin yuk o'z inersiyasi bilan harakatlanib, muvozanat holatdan o'tadi va prujinani siqadi, ya'ni deformatsiyalaydi, natijada yana yukni muvozanat tomonga qaytaruvchi elastiklik kuchi yuzaga keladi.

Agar energiya yo'qotilishi hisobga olinmasa, prujina qanchaga cho'zilgan bo'lsa, yuk muvozanat holatdan o'tgandan keyin prujina yana xuddi shunchaga siqiladi. Boshqacha qilib aytganda, prujinaning siqilishdagi deformatsiya miqdori cho'zilishdagi deformatsiya miqdoriga teng bo'ladi. Demak, yukning muvozanat holatdan chiqish kattaligi vaqtga bog'liq ravishda o'zgaradi. Ta'sir qilayotgan  $F=kx$  elastiklik kuchi ta'sirida yuk  $\frac{d^2x}{dt^2}$  tezlanish oladi. Nyutonning

ikkinchi qonuniga asosan:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = -kx \quad (10)$$

bunda

$$\frac{k}{m} = \omega^2 \quad (11)$$

deb belgilasak,

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\omega^2 x \quad (12)$$

(12) tenglama ko'rinish jihatidan matematik mayatnik harakat tenglamasining o'zidir.

Demak, prujinaga osilgan yuk ham o'z muvozanat holatidan chiqarilsa, garmonik tebranma harakatda bo'ladi va uning muvozanat holatdan chetlanishning vaqtga bog'liqligi quyidagi ifodadan topiladi:

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

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

(11) tenglikka asosan, prujinali mayatnikning tebranish davri:

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

bo'ladi.

$$\nu = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{k}{m}} \text{ prujinali mayatnikning tebranish chastotasi}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \text{ prujinali mayatnikning siklik chastotasi}$$

Prujinali mayatnik davri, chastotasi va siklik chastotasi erkin tushish tezlanishi  $g$  ga va absolyut uzayish  $x$  ga bog'liq emas. Lekin ular yordamida prujinali mayatnikning davri, chastotasi va siklik chastotasini hisoblash mumkin.

Demak, prujinali mayatnik tezlanish bilan harakatlanayotgan liftga o'rnatilsa, tebranishlar davri va chastotasi o'zgarmaydi.

Prujinali mayatnikdagi yukning tebranishida, tezlanish yukning massasiga bog'liq.

Tebranayotgan jismning kinetik energiyasi muvozanat vaziyatidan o'tishida eng katta, potensial energiyasi esa eng kichik bo'ladi.

**Fizik mayatnik** deb, qo'zg'almas o'q atrofida erkin tebrana oladigan va aylanish o'qi og'irlik markazidan o'tmaydigan har qanday qattiq jismga aytiladi (83-rasm).



**83-rasm**

Fizik mayatnikning tebranish davri quyidagi formuladan topiladi:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgl}}$$

Bu yerda  $I$  – inersiya momenti,  $l$  – og'irlik markazi bilan jism osilgan o'q orasidagi masofa.



Har bir mayatnik xususiy davr, chastota va siklik chastotaga ega bo'lib, bu kattaliklar amplitudaga bog'liq emas.

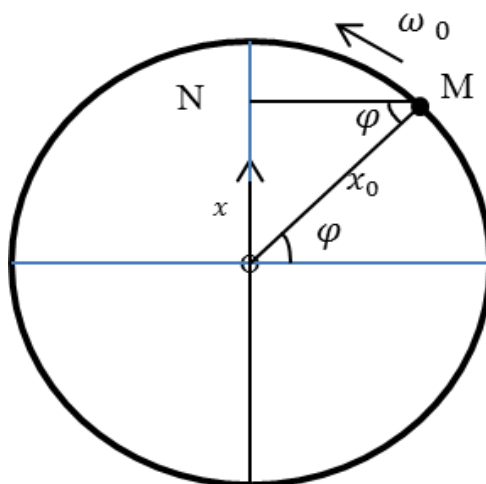
### 1.3. GARMONIK TEBRANISHLAR VA AYLANMA HARAKAT ORASIDAGI BOG`LIQLIK MUNOSABATI

Garmonik tebranishlarning asosiy qonuniyatlari va xarakteristikallari bilan moddiy nuqtaning aylana bo‘ylab tekis harakatida tanishish qulay. Faraz qilaylik,  $M$  moddiy nuqta  $x_0$  radiusli aylana bo‘ylab soat strelkasi harakati yo‘nalishiga teskari yo‘nalishda o‘zgarmas  $\omega_0$  burchak tezlik bilan harakatlanayotgan bo‘lsin (2.7-rasm). U holda bu  $M$  nuqtaning vertikal diametrga bo‘lgan proyeksiyasi —  $N$  nuqta  $O$  muvozanat vaziyati atrofida davriy tebranishda bo‘ladi. Bu proyeksiyaning siljish kattaligi ( $x = ON$ )  $x_0$  dan —  $x_0$  gacha chegarada davriy o‘zgaradi. Vaqtning ixtiyoriy  $t$  paytida siljish kattaligi

$$x = x_0 \sin \varphi \quad (168)$$

ekanligi rasmdan ko‘rinib turibdi.

Moddiy nuqtaning aylanish davri  $T$ , uning sekundiga aylanishlar soni  $\nu$ , burchak tezligi  $\omega_0$  va radiusining burilish burchagi  $\varphi$  o‘zaro quyidagi



202-rasm

$$\varphi = \omega_0 t = \frac{2\pi}{T} t = 2\pi\nu \cdot t$$

munosabatlar bilan bog‘langanligi mexanika kursidan ma‘lum. (168) formulani yana quyidagi ko‘rinishlarda yozish mumkin:

$$x = x_0 \sin \omega_0 t, \quad (169)$$

$$x = x_0 \sin \frac{2\pi}{T} \cdot t \quad (170)$$

$$x = x_0 \sin 2\pi \cdot t \quad (171)$$

Vaqtning ixtiyoriy  $t$  paytida siljish kattaligini aniqlaydigan (169), (170) va (171) formulalar garmonik tebranishlar tenglamalarining turli ko‘rinishidir.  $x$  siljish 0 muvozanat vaziyatdan yuqoriga yo‘nalgan bo‘lsa — musbat, pastga yo‘nalgan bo‘lsa — manfiy bo‘ladi.

Muvozanat vaziyatdan maksimal siljishning  $x_0$  ga teng bo‘lgan absolut qiymati **tebranish amplitudasi** deyiladi. Tebranma harakatlarni bayon qilishda  $T$ ,  $\nu$  va  $\varphi$  fizik kattaliklar aylanma harakatda atalganidan boshqacha nomlar bilan ataladi:  $T$  — tebranish davri,  $\nu$  — tebranishlar chastotasi,  $\omega_0$  — siklik yoki doiraviy chastota va  $\varphi$  — tebranish fazasi deb ataladi. Bu kattaliklarning birliklari, albatta, avvalgicha qoladi.

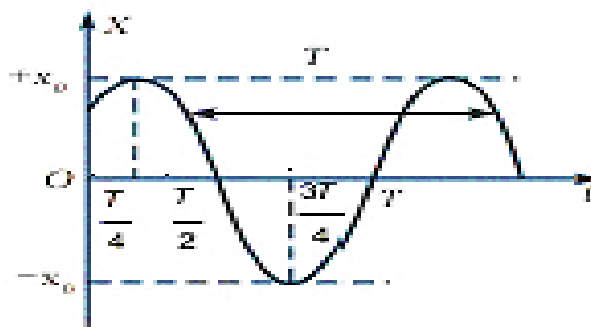
$\varphi = \omega_0 t$  — tebranish fazasining fizik ma‘nosi shundan iboratki, u vaqtning istalgan paytidagi siljishni, ya‘ni tebranayotgan sistemaning muvozanat vaziyatiga nisbatan holatini belgilaydi.

(169) tenglamada boshlang‘ich ( $t = 0$ ) paytda tebranish fazasi nolga teng bo‘ladi (ya‘ni sekundomer  $N$  nuqta 0 muvozanat vaziyati orqali musbat yo‘nalishda o‘tgan paytda ishga tushirilgan).

Agar boshlang‘ich paytda faza biror  $\varphi_0$  qiymatga ega bo‘lsa (ya‘ni sekundomerni ishga tushirish paytida  $N$  nuqta muvozanat vaziyatidan biroz og‘ishga ulgurgan bo‘lsa), u holda garmonik tebranma harakat tenglamasi quyidagi ko‘rinishda yoziladi:

$$x = x_0 \sin (\varphi + \varphi_0) = x_0 \sin (\omega t + \varphi_0), \quad (172)$$

bu yerda  $\varphi_0$  — boshlang‘ich faza deb ataladi va u boshlang‘ich paytda jism muvozanat vaziyatiga nisbatan qanday holatda ekanligini ko‘rsatadi.



203- rasm.

Vaqt sanogʻining boshlangʻich paytini tanlash ixtiyoriy boʻlgani uchun  $\varphi_0 = 0$  deb olish mumkin. Garmonik tebranma harakat grafigini hosil qilish uchun  $x$  siljishning vaqtning turli qiymatlarida (170) formulaga asosan hisoblab topib, jadval tuzamiz:

$t$	0	$\frac{T}{4}$	$\frac{T}{2}$	$\frac{3T}{4}$	$T$
$x$	0	$+x_0$	0	$-x_0$	0

Soʻng absissa oʻqiga  $t$  vaqtni, ordinata oʻqiga  $x$  siljishni qoʻyib, hosil qilingan nuqtalarni silliq egri chiziq bilan tutashtirsak, garmonik tebranishning grafigi — sinusoidani hosil qilamiz (2.8- rasm). Tebranma harakat davriy ravishda takrorlangani uchun har bir  $T$  davrda xuddi shunday sinusoida kesmasi qoʻshilib boraveradi va u absissa oʻqi yoʻnalishida chegaralanmagan holda davom etishi mumkin. Agar  $M$  nuqtaning gorizonta diametrga proyeksiyasini olsak (2.7-rasmga q.), bu proyeksiyaning siljishi vaqtga qarab kosinus qonuni boʻyicha oʻzgaradi, garmonik tebranma harakat grafigi esa kosinusoida koʻrinishida boʻladi va (169—172) formulalar kosinus orqali ifodalanadi.

**Garmonik tebranishlarda tezlik va tezlanish:** Garmonik tebranma harakat qiluvchi moddiy nuqtaning siljishi (169) formula bilan ifodalanishini koʻrdik, bunda boshlangʻich faza nolga teng. Moddiy nuqtaning tezligi son jihatdan  $x$  siljishdan vaqt boʻyicha olingan hosilaga, yaʼni  $v = \frac{dx}{dt}$  ga teng. Shu ifodani topaylik:

$$v = \frac{dx}{dt} = \omega_0 x_0 \cos \omega_0 t$$

yoki trigonometrik funksiyalarni keltirish qoidalarini nazarga olib, shunday yozish mumkin: yoki trigonometrik funksiyalarni keltirish qoidalarini nazarga olib, shunday yozish mumkin:

$$v = \omega_0 x_0 \cos(\omega_0 t + \frac{\pi}{2}) \quad (173)$$

Bu tenglamadan tebranish tezligi vaqt o'tishi bilan o'zgarib turishi ko'rinib turibdi. Demak, tebranma harakat tezlanish bilan bo'ladi, uning tezlanishini tezlik ifodasi (173) ni differensiallash yo'li bilan topish mumkin:

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} = \omega_0^2 x_0 \cos(\omega_0 t + \frac{\pi}{2}) = \omega_0^2 x_0 \sin(\omega_0 t + \pi). \quad (174)$$

(169) formulani nazarga olib, tezlanishni siljish orqali ifodalash mumkin:

$$a = \omega_0^2 x_0 \sin(\omega_0 t + \pi) = -\omega_0^2 x_0 \sin \omega_0 t = -\omega_0^2 x_0 \quad (175)$$

Bu ifodadan ko'rinadiki, tezlanishning ishorasi hamma vaqt siljishning ishorasiga teskari bo'ladi. Demak, tezlanish hamma vaqt tebranayotgan nuqtaning muvozanat vaziyatiga tomon yo'nalgan bo'ladi.

(169), (173) va (174) formulalarni taqqoslasak, quyidagi xulosalar kelib chiqadi:

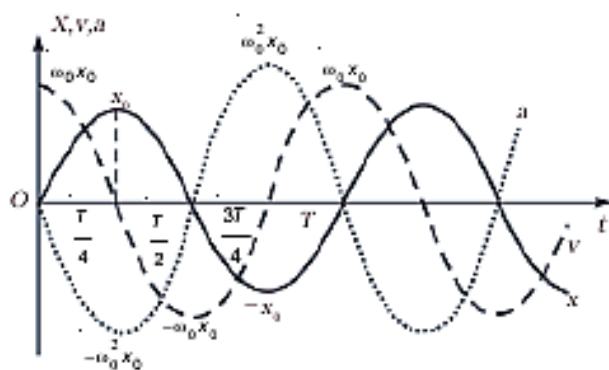
1) garmonik tebranma harakat qilayotgan nuqtaning  $v$  tezligi va  $a$  tezlanishi ham  $x$  siljishi kabi bir xil  $\omega_0$  chastota va bir xil  $T$  davr bilan garmonik tebranadi;

2) siljishning amplitudasi  $x_0$  ga, tezlikniki  $\omega_0 x_0$  ga va tezlanishniki  $\omega_0^2 x_0$  ga teng;

3) tezlik siljishdan faza bo'yicha  $\frac{\pi}{2}$  ga, tezlanish siljishdan faza bo'yicha  $\pi$  ga ilgari ketadi. Demak, siljish bilan tezlanish qarama-qarshi fazalarda o'zgarar ekan. Bu shuni anglatadiki, siljish eng katta musbat

qiymatga erishganda tezlanish eng katta manfiy qiymatga erishadi va aksincha.

$t$	$x$	$\vartheta$	$a$
0	0	$\omega_0 x_0$	0
$\frac{T}{4}$	$x_0$	0	$-\omega_0^2 x_0$
$\frac{T}{2}$	0	$\omega_0 x_0$	0
$\frac{3T}{4}$	$-x_0$	0	$\omega_0^2 x_0$
$T$	0	$\omega_0 x_0$	0



204- rasm.

Endi tezlik va tezlanishning bir davr ichidagi o'zgarishini qarab chiqaylik. Buning uchun  $v$  va  $a$  ning turli paytlardagi qiymatlarini  $x$  – ning ham o'sha paytlardagi qiymatlari bilan taqqoslab jadval tuzamiz va shu jadvalga asoslanib  $v = f(t)$  va  $a = f(t)$  grafiklarini chizamiz (2.2-rasm). Rasmda taqqoslash uchun  $x = f(t)$  grafigi ham keltirilgan. Jadvaldan va rasmdan ko'rinadiki, tebranuvchi nuqta muvozanat vaziyatidan o'tayotganda tezlik absolut maksimal  $|\vartheta_{max}| = x_0 \omega_0$  qiymatga ega bo'ladi;

Nuqta eng ko'p chetlangan  $x = \pm x_0$  joylarda, tezlik nolga teng. Tezlanish, aksincha, muvozanat vaziyatidan o'tishda nolga teng va eng ko'p chetlanish joylarida  $|a_{max}| = \omega_0^2 x_0$  absolut maksimal qiymatga ega bo'ladi.

**Garmonik tebranishlar energiyasi:** Garmonik tebranayotgan sistema kinetik va kvazielastik kuchlar ta'siridan yuzaga keluvchi potensial energiyaga ega bo'ladi. Agar tebranayotgan sistemaning massasi  $m$  va tezligi  $\vartheta$  bo'lsa, (173) formulani nazarga olib, kinetik energiya uchun quyidagi ifodani yozish mumkin:

$$E_k = \frac{m \vartheta^2}{2} = \frac{m}{2} x_0^2 \sin^2 \left( \omega_0 t + \frac{\pi}{2} \right) = \frac{m}{2} \omega_0^2 x_0^2 \cos^2 \omega_0 t \quad (184)$$

Kvazielastik kuchlar ta'siridan hosil bo'lgan potensial energiya ham elastik deformatsiyalangan jismning potensial energiyasi singari ifodalanadi, ya'ni siljish kvadratiga proporsional bo'ladi. U holda (169) formulani nazarga olib, potensial energiya uchun quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$E_p = \frac{kx^2}{2} = \frac{k}{2} x_0^2 \sin^2 \omega_0 t$$

Biroq  $k = m \cdot \omega_0^2$  ekanligini hisobga olsak,

$$E_p = \frac{m}{2} \omega_0^2 x_0^2 \sin^2 \omega_0 t \quad (185)$$

(184) va (185) formulalardan ko'rinishicha, garmonik tebranayotgan sistemaning kinetik va potensial energiyalari davriy ravishda o'zgarib turadi. Sistemaning to'liq energiyasi uning kinetik va potensial energiyalarining yig'indisiga teng bo'ladi, ya'ni:

$$E = E_k + E_p = \frac{m}{2} \omega_0^2 x_0^2 \cos^2 \omega_0 t + \frac{m}{2} \omega_0^2 x_0^2 \sin^2 \omega_0 t = \frac{m \omega_0^2}{2} x_0^2 \quad (186)$$

Shunday qilib, garmonik tebranishning to'liq energiyasi o'zgarmas va amplitudaning kvadratiga to'g'ri proporsional ekan. Sistema muvozanat vaziyatidan o'tayotganda uning tezligi maksimal bo'ladi (bu hol vaqtning  $t = 0; \frac{1}{2}T; T$  qiymatlariga mos kelib (2.2-rasmga q.), bunda  $\cos^2 \omega_0 t = 1$  bo'ladi) va kinetik energiya o'zining

$$E_{k.max} = \frac{m \omega_0^2}{2} x_0^2 \quad (187)$$

maksimal qiymatiga erishadi. Sistema muvozanat holatdan maksimal chetlashganda esa (bu hol vaqtning  $t = \frac{1}{4}T$ ;  $\frac{3}{4}T$  qiymatlariga mos keladi va  $\sin^2 \frac{2\pi}{T}t = 1$  bo'ladi) potensial energiya o'zining

$$E_{p.max} = \frac{m \omega_0^2}{2} x_0^2 \quad (188)$$

Maksimal qiymatini oladi. (186), (187) va (188) formulalarni taqqoslasak, agar qarshilik kuchlari bo'lmasa, tebranayotgan sistemaning to'liq mexanik energiyasi uning muvozanat vaziyatidan eng katta og'ish paytidagi potensial energiyasiga yoki muvozanat vaziyatidan o'tayotgan paytidagi kinetik energiyasiga teng bo'ladi, degan xulosa kelib chiqadi.

Shunday qilib, garmonik tebranayotgan sistemaning kinetik va potensial energiyalari davriy ravishda o'zaro aylanib turadi.

**Erkin garmonik tebranishlar:** Garmonik tebranma harakatda tezlanish vaqtga bog'liq ravishda o'zgarishini ko'rdik. Binobarin, bunday tebranish o'zgaruvchan kuch ta'sirida yuzaga keladi. O'zgaruvchan  $\vec{F}$  kuch ta'sirida  $m$  massali sistema, (masalan, moddiy nuqta)  $a$  tezlanish bilan garmonik tebranayapti, deb faraz qilaylik. U holda (175) formulani nazarga olib, kuch ifodasini quyidagicha yozish mumkin:

$$\vec{F} = m\vec{a} = -m \omega_0^2 \vec{x} = -k \vec{x} \quad (176)$$

bu yerda  $k = m \omega_0^2 \quad (177)$

deb belgilab oldik ( $\vec{x}$  siljish vektor kattalik ekanini eslatib o'tamiz).

Shunday qilib, garmonik tebranishni yuzaga keltiruvchi kuch siljishga proporsional va siljishga qarama-qarshi yo'nalgan bo'lar ekan. Shu munosabat bilan garmonik tebranishga yana quyidagicha ta'rif berish mumkin:



Siljishga proporsional va unga qarama-qarshi yo'nalgan kuch ta'siri ostida bo'ladigan tebranishlar garmonik tebranishlar deb ataladi.

Bu kuch sistemani muvozanat vaziyatiga qaytarishga intiladi, shuning uchun uni *qaytaruvchi kuch* deb yuritiladi. Masalan, elastiklik kuchi qaytaruvchi kuch bo'lishi mumkin, chunki bu kuch ham siljishga proporsional va ishorasi qarama-qarshi. Elastiklik xususiyatiga ega bo'lmagan kuch ham xuddi shunday qonuniyatga bo'ysunishi, ya'ni  $-k \cdot x$  ga teng bo'lishi mumkin, bu yerda  $k$  doimiy musbat kattalik bo'lib, uni qaytaruvchi kuch koeffitsiyenti deb ataladi. Odatda, bunday ko'rinishdagi kuchlar, ularning tabiatidan qat'iy nazar, kvazielastik (go'yo elastik) kuchlar deb ataladi. Shunday qilib, erkin garmonik tebranishlar elastik yoki kvazielastik kuchlar ta'sirida bo'lar ekan. Agar erkin tebranishlarda tebranish amplitudasi vaqt o'zgarishi bilan o'zgarmasa, bunday erkin tebranishlarni sistemaning xususiy tebranishlari deb ataladi. Tebranayotgan sistemaning  $m$  massasi va  $k$  koeffitsiyenti ma'lum bo'lsa, (177) formuladan foydalanib, erkin garmonik tebranishlarning chastotasini va davrini aniqlash mumkin:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (178)$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}. \quad (179)$$

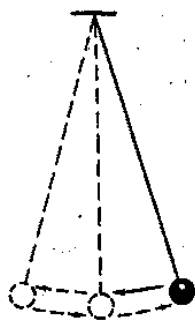
$\omega_0$  ni sistema xususiy tebranishlarining davriy chastotasi deyiladi, uning qiymati massaga va sistemaning parametrlari bilan aniqlanadigan  $k$  koeffitsiyentga bog'liq bo'ladi.

## II. BOB ELEKTR TEBRANISHLAR.

### 2.1. ERKIN VA MAJBURIY ELEKTR TEBRANISHLAR

**Erkin elektromagnit tebranishlar.** Mexanik tebranishlarni o'rganishdan bizga ma'lumki, tashqi davriy ta'sirlarga uchramagan tebranish sistemasida, uni turg'un muvozanat holatdan og'dirish natijasida yuzaga keladigan tebranishlar *erkin (yoki xususiy) tebranishlar* deyiladi.

Misol uchun, agar ipga osilgan sharcha muvozanat holatidan chiqarib, so'ngra qo'vib yuborilsa, u erkin tebranishlar qiladi. Erkin tebranishlar elektr zanjirlarida ham bo'lishi mumkin. Erkin tebranishlarni o'rganishda Siz, birinchidan, tebranishlar nazariyasining asosiy tushuncha va atamalari bilan, ikkinchidan, tebranishlarni ifodalovchi asosiy matematik munosabatlar bilan tanishasiz. Birinchisi ham, ikkinchisi ham butun fizikaning keying kurslarini o'rganishda muhim ahamiyatga ega. Shuning uchun atamalarni shoshmasdan tushunib oling va formulalardan cho'chimang, ular — sodda. Hamma joyda Sizga tanish va umumiy bo'lgan narsalarni ko'rishga harakat qiling.



2.1-rasm

masalan, quyida yozilgan

$$q = Q_m \sin \varphi ; q = Q_m \sin \omega_0 t ; q = Q_m \sin(\omega_0 t + \varphi_0)$$

uchta formula bir qarashda Sizga har xildek tuyulsa ham, sinchiklab qaraganingizdan so'ng, amalda bitta formula uch qayta yozilganligini ko'rasiz.

Ammo keyingi ikki yozilishida  $\varphi$  burchak  $\omega_0 t$  va  $\omega_0 t + \varphi_0$  ga almashtirilgan, demak,  $\varphi = \omega_0 t + \varphi_0$  ekan.

Matematik hisoblarga diqqat bilan chuqur o'ylab yondashishingiz materialni tez va puxta o'zlashtirishingizga yordam beradi.

## AVTOTEBRANISHLAR

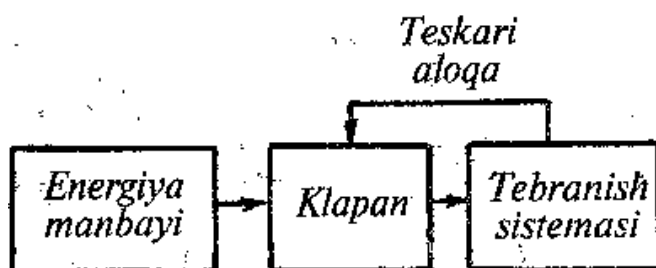
Real tebranish sistemasida yuzaga keluvchi erkin tebranishlar hamma vaqt so'nadi. Buning sababi shundaki, tebranish sistemasining qarshiligi tufayli energiyaning bir qismi qaytarib bo'lmaydigan ichki energiyaga aylanadi va atrof fazoga sochiladi. Agar qandaydir usul bilan tebranish sistemasidagi, uning qarshiligi tufayli kamaygan energiyani to'ldirish mumkin bo'lganda edi, unda so'nmas tebranishlar yuzaga kelar edi. Buni qanday amalga oshirish mumkinligini ko'raylik.

### Avtotebranishlar haqidagi dastlabki ma'lumotlar

**1. Avtotebranish sistemalari.** Ravshanki, tebranish sistemasining kamaygan energiyasini to'ldirib turish uchun qandaydir manba bo'lishi kerak. Bunda ikkita shartning bajarilishi muhim ahamiyatga ega:

- 1) manbadan tebranish sistemasiga bir davr ichida keluvchi energiya ana shu vaqt ichida energiyaning boshqa turlariga aylanuvchi energiyaga aniq teng bo'lishi kerak;
- 2) energiya tebranish sistemasiga «takt» bilan, ya'ni sistemada yuz beruvchi erkin tebranishlar fazasiga moslashgan tarzda berilishi kerak.

Bu shartlarning bajarilishi uchun tebranish sistemasiga energiya berilishini boshqaruvchi maxsus qurilma bo'lishi kerak. Bu qurilma shartli ravishda *klapan* deb ataladi.



## 2.2-rasm

So'nmas tebranishlar bo'lishi mumkin bo'lgan qurilmaning blok-sxemasi 2.2-rasmda tasvirlangan. Bunday qurilmalar *avtotebranish sistemalari*, ularda yuzaga keluvchi tebranishlar esa *avtotebranishlar* deb nomlangan.

Har qanday avtotebranish sistemasi uch qismdan iborat:

- a) tebranish sistemasining o'zi;
- b) energiya manbayi;
- d) «klapanlar».

«Klapan»ning ishini tebranish sistemasi boshqaradi. Tebranish sistemasi bilan «klapan» oraisdagi bog'lanish «teskari bog'lanish» deb yuritiladi. Avtotebranishlar nazariyasi L.I.Mandelshtam, N.D.Papaleksi, A.A.Andronovlar va ularning shogirdlarining ishlarida ishlab chiqqigan. «Avtotebranish», «Avtotebranish sistemalari» terminlari fanga akademik A.A.Andronov tomonidan kiritilgan.

**2. Mayatnikli soat mexanik avtotebranish sistemasi sifatida.** Golland fizigi X.Gyuygens 1657-y. ixtiro qilgan mayatnikli soat eng ko`p tarqalgan mexanik avtotebranish sistemasi hisoblanadi.

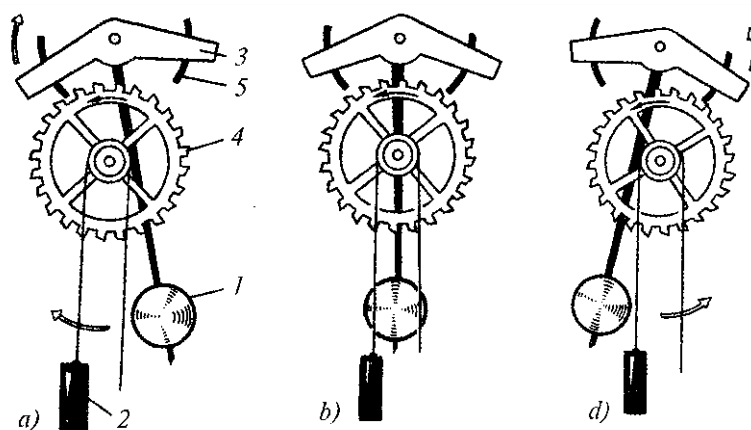
Mayatnikli soatlarning asosiy elementlari (2.3- a rasm):

1 — «Yer-mayatnik» tebranish sistemasi, 2 — ko'tarilgan yuk (yoki buralgan prujina) — energiya manbayi, 3 anker va 4yurituvchi g'ildirakdan iborat «klapan» — soat tepkisi. Ankerning 5 qismlari *palettalar* deyiladi.

Mayatnikning boshlang'ich turtki bilan hosil qilingan tebranishlarida, unga berilgan energiya ishqalanish tufayli qaytarib bo'lmaydigan energiyaga aylanadi va u, erkin tebranishlar taktiga moslab turtib turilmasa, albatta to'xtaydi.

Mayatnikni turtib turish ankerning palettalari orqali amalga oshiriladi. Buning qanday yuz berishini ko'raylik.

Yuk (yoki prujina) yurituvchi g'ildirakni aylanishga majbur etadi. Ammo g'ildirakning aylanishiga ankerning



2.3-rasm

palettalari to'sqinlik qiladi, ulardan biri (bizning holda chapkisi) yurituvchi g'ildirak tishlari orasiga kirgan bo'ladi (2.3-a rasm). Mayatnik chapga og'a boshlaganda (2.3-b rasm), u chapki palettani yurituvchi g'ildirak tishlari orasidan chiqaradi, natijada g'ildirak chapga bir tishga aylanish imkoniyatini oladi. Yurituvchi g'ildirak aylanganda uning tishi chap palettaning qiyaligi bo'yicha sirpanib, uni yuqoriga va u bilan birga mayatnikni chapga itaradi. Bu momentda mayatnik muvozanat holatdan o'tadi.

Mayatnik chapdan o'ngga harakatlanib, muvozanat holatdan o'tishida (2.3-d rasm), o'ng palette tishlar orasidan chiqadi va yurituvchi g'ildirak yana bir tishga buriladi. Yurituvchi g'ildirak aylanishida uning tishi o'ng palettaning yon qiyaligi bo'yicha sirpanib, uni yuqoriga va u bilan birga mayatnikni o'ngga itaradi. Ko'ramizki, mayatnik bir davr ichida ikki marta chap palettadan chapga va o'ng palettadan o'ngga turtki olib, deyarli erkin harakatlanadi.

**Elektr avtotebranish sistemasi:** Hozirgi zamon texnikasida elektr avtotebranish sistemalari keng tarqalgan. Misol tariqasida sinusoidal elektr tebranishlar avtogeneratorini ko'raylik. Bunday generatorlar doimiy tok energiyasini har xil chastotali o'zgaruvchan tok energiyasiga aylantirib beradi.

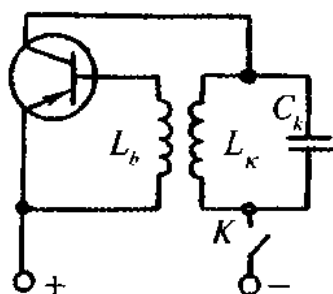
**1. Generatorning elektr sxemasi.** Sinusoidal elektr tebranishlar avtogeneratorlarining sxemalari ko'p bo'lishiga qaramay, ularning ishlash prinsipi bir xil.

Quyidagi 2.4-rasmda soddalashtirilgan sxemasi keltirigan avtogeneratorda «klapan» rolini tranzistor bajaradi. Sxemadan ko'rinadiki, tebranish konturi doimiy tok manbayiga transistor bilan ketma-ket ravishda ulanadi. Tranzistorning emitter o'tishi  $L_b$  g'altak orqali tebranish konturi bilan induktiv bog'langan. Bu g'altak *teskari bog'lanish g'altagi* deyiladi. Generatorni ulab, elektron ossillograf yordamida tebranish konturida elektr tebranishlari hosil bo'lganini osongina ko'rish mumkin (2.5-rasm).

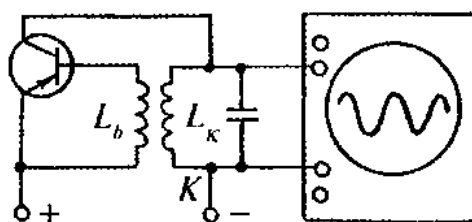
**2. Avtogeneratorning ishlash prinsipi.** Avtogeneratorning ishlashini quyidagicha tushuntirish mumkin. Zanjir ulanganda tranzistor orqali  $i$  tok impulsi o'tib, tebranish konturining  $C_k$  kondensatorini zaryadlaydi, natijada konturda

$$\nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

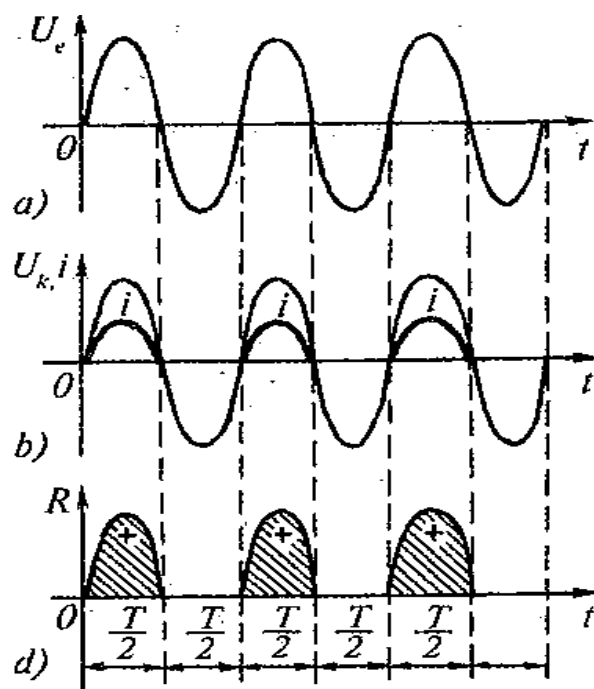
chastotali erkin elektr tebranishlar yuzaga keladi. Agar kontur izolatsiyalangan bo'lganda edi, konturga berilgan



2.4- rasm



2.5- rasm

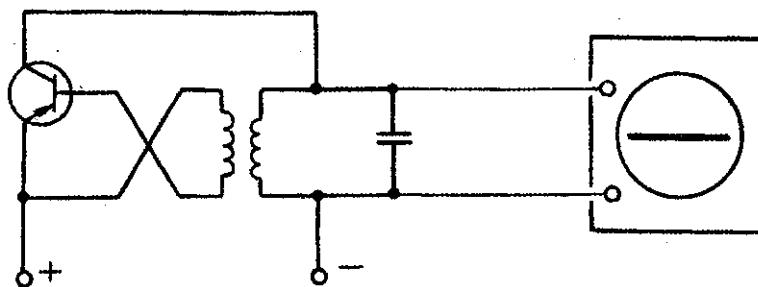


2.6- rasm

Energiyaning qaytarib bo'lmaydigan ichki energiyaga aylanishi tufayli, undagi tebranishlar so'nar edi. Ammo kontur  $L_b$  teskari bog'lanish orqali tranzistorning emitter o'tishi bilan bog'langan. Shuning uchun kontur g'altigidan oquvchi  $i$  tokning o'zgaruvchi magnit maydoni teskari bog'lanish g'altigida (transformatorning ikkilamchi o'ramidagi singari)  $U_e$  o'zgaruvchi kuchlanish induksiyalaydi (2.6-rasm). Bu kuchlanish ta'sirida emitter o'tishning elektr maydoni goh kuchayadi, goh susayadi, tranzistor esa goh ochiladi, goh berkiladi.

Tranzistor ochiq bo'lgan vaqt oralig'ida undan davomiyligi tranzistorning ish rejimiga bog'liq bo'lgan tok impulslari o'tadi (2.6-b rasmda konturdagi tebranishlarning yarim davri ichida davom etuvchi tok impulslari ko'rsatildi). Tranzistordan o'tuvchi tok impulslarining chastotasi konturdagi tebranishlar chastotasi bilan bir xil va ular konturga undagi kondensator zaryadlanayotgan momentlarda yetib keladi (2.6-b rasm). Shuning uchun tranzistordan o'tuvchi tok impulslari kondensatorni qo'shimcha zaryadlaydi va kontur energiyasini to'ldiradi. 2.6-d rasmdagi shtrixlangan yuzlar har tebranish davrida konturga beriladigan energiyaga proporsionaldir. Manbadan konturga beriladigan energiya

undagi energiya sarfini kompensatsiyalaydi, shuning uchun konturdagi tebranishlar so'nmaydi.

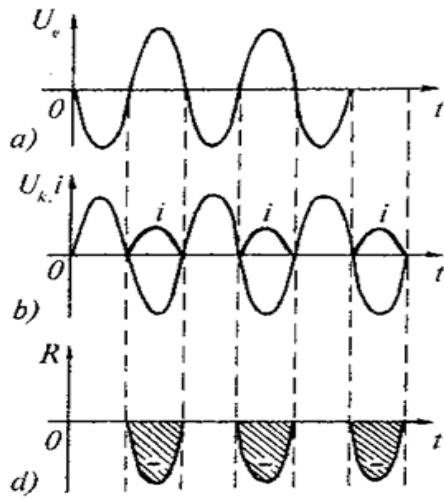


2.7- rasm

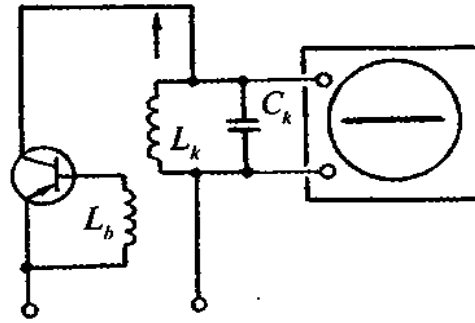
**Avtogenerator ishlash suing ikki sharti.** Agar ishlayotgan avtogeneratorning teskari bog'lanish g'altagi  $180^\circ$  ga burilsa (2.7- rasm), ossillogrammadan ko'rinishicha, generator ishlamay qo'yadi. Buning boisi shundaki, teskari bog'lanish g'altagining  $180^\circ$  ga burilishi emitter o'tishidagi  $U_e$  o'zgaruvchi kuchlanish tebranish fazasining  $\pi$  ga o'zgarishiga olib keladi (2.8- a rasm). Endi tranzistordan o'tuvchi tok impulslari konturidagi  $U_k$  kuchlanish tebranishlarining manfiy yarim davriga to'g'ri keladi (2.8- b rasm).

Konturdan har bir impuls o'tishida elektr tokning bajargan ishi manfiy bo'ladi (2.8-a rasm). Bu tok impulslari kontur energiyasini to'ldirmaydigina emas, balki, aksincha, uni kamaytirishini anglatadi. Natijada konturda yuzaga kelgan erkin tebranishlar juda tez so'nadi. Shuning uchun **musbat** (2.5-2.6-rasmga q.) va **manfiy** (2.7—2.8-rasmga q.) teskari bog'lanish haqida gapiriladi





2.8-rasm



2.9-rasm

Agar musbat teskari bog'linaishda ishlayotgan avtogenerator konturidagi g'altak bilan teskari bog'lanish g'altagi orasidagi masofa sekin-asta orttirilsa, avtotebranishlar amplitudasi kamayadi. G'altaklarning ayrim joylashuvida tebranishlar to'xtaydi (2.9-rasm).

Bu holatda teskari bog'lanish kuchsiz va har davrda konturga keladigan energiya qaytarilmaydigan ichki energiyaga aylangan energiyadan kichik bo'ladi. Shunday qilib, teskari bog'lanish shunday bo'lishi kerakki, birinchidan, emitter o'tishidagi kuchlanish konturdagi kuchlanish bilan bir xil fazada o'zgarsin. Bu holdagi teskari bog'lanish ***musbat*** bo'ladi. Bu generator o'z-o'zini uyg'otishning ***fazaviy shartidir***;

ikkinchidan, teskari bog'lanish konturga, undagi qaytarilmaydigan energiya sarfini to'liq qoplaydigan energiya kelishini ta'minlasin. Bu o'z-o'zini uyg'otishning ***amplitudaviy sharti*** deb yuritiladi.

## **Avtotebranishlarning asosiy qonuniyatlari:**

**1. Avtotebranishlarning erkin tebranishlardan farqi.** Yuqorida qarab chiqilgan avtotebranish sistemasida so'nmas, deyarli garmonik tebranishlar paydo bo'ladi va xohlagancha uzoq vaqt davom etadi. Avtotebranishlarning hamma vaqt so'nuvchi erkin tebranishlardan asosiy farqi ana shunda. Tebranishlar avtotebranish sistemasiga tashqaridan keltirilmaydi, balki tebranish sistemasining o'zida yuzaga keladi va unga kiruvchi energiya manbayining energiyasi hisobiga davom etadi. Xususan, soatdagi mayatnikning tebranishlari ko'tarilgan toshning (buralgan prujinaning) potensial energiyasi hisobiga davom etadi. Elektromagnit tebranishlar avtogeneratoridagi tebranishlar elektr energiya manbai hisobiga saqlanadi.

Yuqorida aytilganlar avtotebranish sistemalarini va avtotebranishlarni quyidagicha aniqlash imkonini beradi:

- **Tashqi davriy ta'sir bo'lmaganda ham o'zida davriy tebranishlar hosil qiladigan va ularni xohlagancha uzoq vaqt davom ettiradigan sistemalar avtotebranish sistemalari, ularda yuzaga keluvchi tebranishlar — *avtotebranishlar* deyiladi.**

**2. Avtotebranishlarning yuzaga kelishi.** Avtotebranishlar yuzaga kelishi uchun juda kichik bo'lsa-da, boshlang'ich turtki bo'lishi kerak. Buning sababi shundaki, tebranish sistemasida, avvalo, erkin tebranishlar paydo bo'lishi kerak, ular keyinchalik «klapanni» va u bilan birga butun avtotebranish sistemasini harakatga keltiradi, natijada so'nmas avtotebranishlar yuzaga keladi. Boshlang'ich turtkning zarurligi, ayniqsa, mayatnikli soat misolida yaqqol ko'rinadi. Toshi ko'tarilgan yoki prujinasi buralgan soatning mayatnigi turtib yuborilmaguncha tebranmaydi.

Elektromagnit tebranishlar avtogeneratorida esa tok manbayini ulash bilan boshlang'ich turtki beriladi.

**3. Avtotebranishlar chastotasi.** Konturining induktivligi va sig'imini o'zgartirish mumkin bo'lgan avtogeneratorni yig'aylik. Manbani ulab, ossillograf yordamida generatorning ishlayotganiga ishonch hosil qilamiz. Kondensator sig'imini o'zgartirib, tebranishlar chastotasining ham o'zgarishini ko'ramiz: sig'im ortganda tebranishlar chastotasi kamayadi, sig'im kamayganda esa chastota ortadi.

Tebranish konturi g'altagining induktivligi ortganda ham chastota kamayishini, induktivlik kamayganda esa chastota ortishini ko'ramiz.

Bu tajribalar avtotebranishlar chastotasi erkin tebranishlar chastotasi kabi, tebranish konturining induktivligi va sig'imi bilan aniqlanishini ko'rsatadi.

Har qanday avtotebranish sistemasida avtotebranishlar chastotasi tebranish sistemasining parametrlariga bog'liq bo'ladi. Masalan, soat mexanizmi mayatnigining uzunligini o'zgartirib, uning tebranishlari chastotasining o'zgarishini kuzatamiz.

*Avtotebranishlar chastotasi  $\omega$  tebranish sistemasidagi erkin tebranishlar chastotasi  $\omega_0$  ga yaqin.*

**4. Avtotebranishlar amplitudasi.** Erkin tebranishlarni o'rganganimizda biz tebranish sistemasiga boshlang'ich turtki bilan berilgan energiya undagi tebranishlar amplitudasini aniqlashini ko'rgan edik. Avtotebranishlar amplitudasining boshlang'ich turtkiga bog'liq yoki bog'liq emasligini aniqlaymiz. Buning uchun soat mexanizrnining mayatnigiga, uni har xil burchakka og'dirish bilan, har xil porsiya energiya beramiz. Kuzatishlar mayatnikning barqarorlashgan avtotebranishlari amplitudasi boshlang'ich turtkiga bog'liq emasligini ko'rsatadi.

*Avtotebranishlar amplitudasifaqat avtotebranish sistemasining parametrlarigagina bog'liq.* Bunga avtogeneratorda tajriba o'tkazib, osongina ishonch hosil qilish mumkin.

Manbaning kuchlanishini o'zgartirib, bunda avtotebranishlar amplitudasi ham o'zgarishini ko'ramiz. Kuchlanish qancha katta bo'lsa, avtotebranishlar amplitudasi ham shuncha katta bo'ladi, va aksincha. ***Tebranish konturidagi elektromagnit tebranishlar amplitudasi manbaning  $U_m$  kuchlanishiga proporsionaldir:***

$$I_m = k U_m$$

bu yerda  $k$  — proporsionallik koeffitsienti

Konturdagi tebranishlarni garmonik deb hisoblash mumkinligi sababli,

$$i = I_m \sin \omega t = k U_m \sin \omega t$$

bo'ladi. Bundan tashqari biz ko'rdikki, teskari bog'lanish g'altagi bilan tebranish konturi g'altagi orasidagi masofa orttirilganda avtotebranishlar amplitudasi kamayadi. Binobarin, avtotebranishlar amplitudasi teskari bog'lanishga bog'liq. Tebranish konturining qarshiligi o'zgarganda ham tebranish amplitudasi o'zgaradi.

***Shunday qilib, barqarorlashgan avtotebranishlar amplitudasi boshlang'ich shartlarga bog'liq emas va avtotebranish sistemasining parametrlari bilan aniqlanadi.***

**1. Modulyatsiya haqida tushuncha.** Quyidagi garmonik tebranish

$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi_0)$$

Vaqtga bog'lanib o'zgarmaydigan uchta kattalik —  $I_m$  amplituda,  $\omega$  — chastota va  $\varphi_0$  boshlang'ich faza bilan xarakterlanadi. Bu kattaliklarning har birini avtotebranish sistemasining u yoki bu parametriga ta'sir etish bilan o'zgartirish mumkin. Bu jarayon ***tebranishlarni modulyatsiyalash*** deyiladi. Qaysi kattalik o'zgartirilishiga qarab ***amplitudaviy, chastotaviy va fazaviy*** modulyatsiyalash amalga oshirilishi mumkin.

• *Tebranishlar amplitudasi, chastotasi yoki fazasini aniq qonuniyatlar bo'yicha tebranishlar chastotasidan ancha kichik chastota bilan o'zgartirish jarayoni, mos holda, amplitudaviy, chastotaviy yoki fazaviy modulyatsiya deyiladi.* Modulyatsiyalashning har qanday usulida parametrlarning o'zgarish tezligi yetarlicha sekin bo'lishi kerak. O'zgarish shu darajada sekin bo'lishi kerakki, tebranishlar davri ichida modulyatsiyalanuvchi parametr deyarli o'zgarmay qolsin.

Amplitudaviy modulyatsiyalashni batafsilroq ko'raylik. Biz oldingi paragraflardan bilamizki, konturdagi tebranishlar amplitudasi generator zanjiridagi kuchlanishga proporsional:

$$i = k U_M \sin \omega t ,$$

bu yerda  $k$  — proporsionallik koeffitsienti.

Avtogeneratordagi elektr avtotebranishlarni amplitudaviy modulyatsiyalash usullaridan biri generator zanjiridagi  $U_M$  kuchlanishni o'zgartirishdan iborat.

Aytaylik, elektr avtotebranishlarni  $\cos \Omega t$  qonun bo'yicha amplitudaviy modulyatsiyalash zamr bo'lsin, bu yerdagi  $\Omega$  siklik chastota generatordagi asosiy tebranishlar chastotasi  $\omega$  dan ko'p marta kichik. Bunday amplitudaviy modulyatsiyani amalga oshirish uchun  $U_M$  doimiy kuchlanish manbayiga  $\Omega$  chastotali

$$U_\Omega = U_M \cos \Omega t$$

Kuchlanish manbayini ketma-ket ulash kifoya. Bu holda to'liq kuchlanish manbaning  $U_M$  doimiy kuchlanishi bilan modullovchi signal manbayi beradigan  $U_\Omega$  o'zgaruvchi kuchlanishning yig'indisiga teng:

$$U = U_M + U_\Omega$$

To'liq kuchlanish o'zgaruvchi bo'lgan  $i$  uchun konturdagi tok kuchi ham o'zgaruvchi bo'ladi. Konturdagi o'zgaruvchi tok kuchining oniy qiymati

$$i = k(U_M + U_\Omega) \sin \omega t ,$$

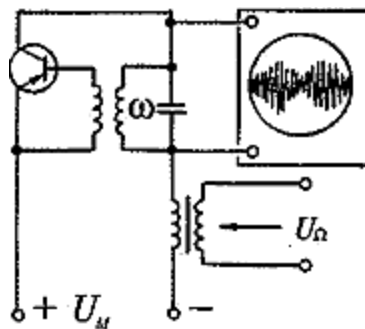
formula bilan ifodalanadi.

Kuchlanishning  $U_\Omega$  o'zgaruvchi qo'shiluvchisining bo'lishi shunga olib keladiki, konturdagi elektr tebranishlarning amplitudasi modullovchi signal chastotasiga teng bo'lgan chastota bilan o'zgaradi.

Elektr avtotebranishlarning modulyatsiyasini tajribada kuzatish mumkin. Buning uchun 2.10- rasmda tasvirlangan sxema bo'yicha qurilma yig'iladi. Tovush generatori ulanmasdan oldin (bu tajribada u modulyatsiyalovchi signal manbai bo'ladi), ossillograf ekranida yuqori chastotali modulyatsiyalanmagan garmonik tebranishlar ossillogrammasi ko'rinadi. Tovush generatori ulanganda ossillograf ekranida amplitudasi bo'yicha modulyatsiyalangan tebranishlar ossillogrammasi paydo bo'ladi. Modulyatsiyalovchi signal kuchlanishining o'zgarishi bilan modulyatsiya «chuqurligi»ning ham o'zgarishi ossillograf ekranida yaqqol ko'rinadi.

Modulyatsiyalovchi tebranish kuchlanishi umuman olganda har qanday qonun bo'yicha o'zgarishi mumkin. Ammo biz ko'rgan tajribalarda modulyatsiyalovchi signal garmonik qonuniyat bo'yicha o'zgaradi. Garmonik signal bilan **modulyatsiyalash bir tonalli modulyatsiya**, garmonik bo'lmagan signal bilan modulyatsiyalash **ko'ptonalli modulyatsiya** deyiladi.

Aytilganlarni xulosalab, amplitudaviy modulyatsiyani, quyidagicha ta'riflash mumkin:



2.10- rasm

*Tebranishlar amplitudasini aniq qonuniyat bo'yicha tebranishlar chastotasiga nisbatan ancha kichik chastota bilan o'zgarirish jarayoni amplitudaviy modulyatsiya deyiladi.*

## **2. Amplitudaviy modulyatsiyalangan tebranishlar spektri.**

Modulyatsiyalangan tebranishlar garmonik emas. Ammo ularni bir nechta garmonik tebranishlar yig'indisi ko'rinishida ifodalash mumkin. Buni ko'rsataylik.

Amplitudaviy modulyatsiya holda tebranish konturidagi tok kuchi

$$i = k(U_M + U_\Omega) \sin \omega t ,$$

yoki

$$i = k(U_M + U_m \cos \Omega t) \sin \omega t ,$$

qonuniyat bo'yicha o'zgaradi. Yoki yig'indini yoyib yozsak,

$$i = kU_M \sin \omega t + kU_m \cos \Omega t \sin \omega t ,$$

Ikkinchi holdagi  $\cos \Omega t \cdot \sin \omega t$  ko'patmani trigonometriyaning ma'lum  $\cos \alpha \cdot \sin \beta = \frac{1}{2} [\sin(\alpha + \beta) + \sin(\alpha - \beta)]$

formulasi asosida almashtirsak,

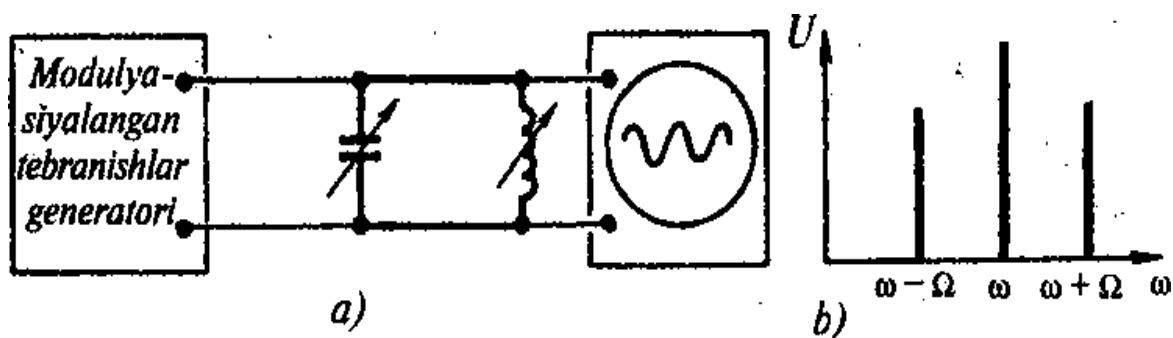
$$i = kU_M \sin \omega t + \frac{1}{2} kU_m \sin(\omega + \Omega) t + \frac{1}{2} kU_m \sin(\omega - \Omega) t$$

yig'indiga ega bo'lamiz. Bu munosabatdan ko'rinadiki, modulyatsiyalangan tebranish chastotalari  $\omega + \Omega$ ,  $\omega - \Omega$  bo'lgan uchta garmonik tebranish yig'indisiga teng. Bu yerda  $\omega$  — *asosiy yoki eltuvchi chastota*,  $\omega + \Omega$  va  $\omega - \Omega$  esa *yon chastotalar deyiladi*.

Asosiy va yon chastotali tebranishlarning real mavjudligini tajribada aniqlash mumkin. Buning uchun modulyatsiyalangan tebranishni elektr sig'imini va induktivligini bir tekis o'zgartirish mumkin bo'lgan tebranish

konturiga berish kerak (2.11-a rasm). Konturning induktivligi va sig'imini bir tekis o'zgartirib ossillograf ekranida ketma-ket ravishda chastotalari  $\omega - \Omega$ ,  $\omega$ ,  $\omega + \Omega$ . bo'lgan garmonik tebranishlar ossillogrammasini ko'ramiz. Ossillogrammadan yon chastotali tebranishlar amplitudasi asosiy chastotali tebranishlar amplitudasidan kichik ekani ko'rinadi.

2.11- b rasmda modulyatsiyalangan tebranish spektri tasvirlangan



2.11- rasm

**Majburiy tebranishlar:** Tebranishlar sistemasida davriy o'zgaruvchi tashqi kuch yoki davriy o'zgaruvchi tashqi kuchlanish ta'sirida yuzaga keladigan tebranishlar *majburiy tebranishlar* deyiladi.

Masalan, vibrator ta'sirida prujinali mayatnik majburiy tebranishlar qiladi (2.12-rasm).

Majburiy tebranishlar hayotda juda ko'p uchraydi. Ishlovchi barcha mashinalarning korpuslari va ular o'rnatilgan tagliklar majburiy tebranishlar qiladi. Elektron - nur trubkasidagi elektron nuri ham majburiy tebranishlar qiladi.

Majbur etuvchi kuch yoki kuchlanish har qanday qonun bo'yicha o'zgarishi mumkin. Ammo biz, faqat garmonik qonuniyat bo'yicha o'zgaruvchi.

$$F = F_m \sin \omega t, \quad u = U_m \sin \omega t,$$

kuch yoki kuchlanish ta'sirida tebranish sistemasida yuzaga keluvchi majburiy tebranishlarni o'rganamiz, bu yerda  $\omega$  — majburiy tebranishlar



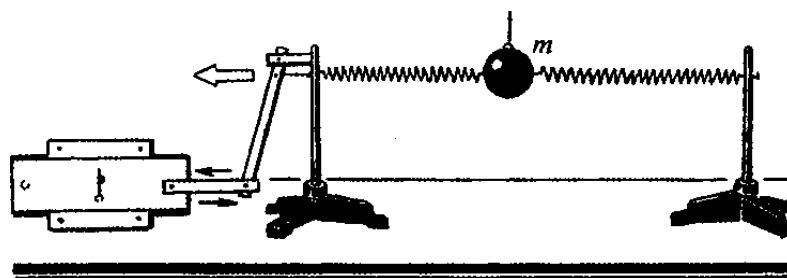
chastotasi (erkin tebranishlar chastotasi  $\omega_0 \gg$  bilan chalkashtirmaslik kerak).

Majburiy elektromagnit tebranishlarga sinusoidal qonun bo'yicha o'zgaruvchi va sanoatda, qishloq xo'jaligida hamda kundalik hayotda ishlatiladigan o'zgaruvchan tok misol bola oladi.

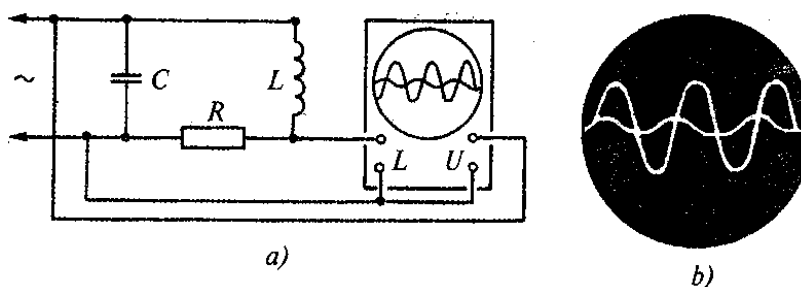
**Majburiy tebranishlarning umumiy qonuniyatlari:** Majburiy tebranishlar mexanik yoki elektromagnitik bo'lishi mumkin. Ammo, tabiati har xil bo'lishiga qaramay, ular bir xil umumiy qonuniyatlarga ega. Ana shu qonuniyatlardan ayrimlarini ko'raylik.

**1. Majburiy tebranishlar chastotasi.** Bizga ma'lumki, erkin va avtotebranishlar chastotasi tebranish sistemasining parametrlari bilan aniqlanadi.

Majburiy tebranishlar chastotasi nimaga va qanday bog'langanligini aniqlaymiz. Buning uchun 2.12-rasmda tasvirlangan qurilmani yig'amiz. Kulisaning tebranishlari chastotasini, demak, majbur etuvchi kuch chastotasini o'zgartirib, majburiy tebranishlar chastotasi ham o'zgarishini ko'ramiz: majbur etuvchi kuch chastotasi ortsa,



2.12-rasm



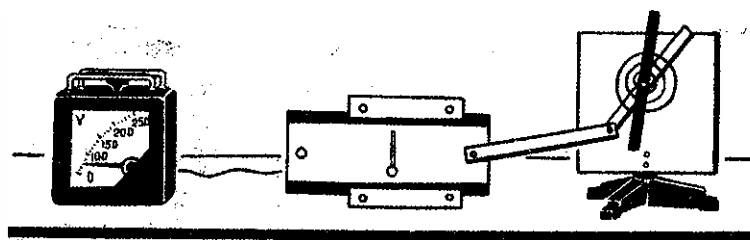
2.13-rasm

Majburiy tebranishlar chastotasi ham ortadi, va aksincha, Tebranuvchi jism massasini yoki prujina qattiqligini o'zgartirib, tajribani qaytarsak, majburiy tebranishlar chastotasi, erkin tebranishlardagi kabi tebranish sistemasining parametrlariga emas, balki bu holda ham majbur etuvchi kuch chastotasiga bog'liqligi aniqlanadi.

Tebranish konturini o'zgaruvchi chastota generatoriga ulaymiz. Tebranish konturidagi va majbur etuvchi EYK generatoridagi tebranishlarni kuzatish maqsadida zanjirga qo'shnurli ossillografni ulaymiz (2.13-rasm). Ossillografning o'ng klemmalariga majbur etuvchi kuchlanish manbayidan, chap klemmalariga esa tebranish konturidan kuchlanish beramiz. Ossillogrammalarni taqqoslab, majburiy tebranishlar chastotasi majbur etuvchi kuchlanish chastotasiga tengligini ko'ramiz (ossillograf ekraniga bir xil sondagi do'ngliklar va chuqurliklar joylashadi). Majbur etuvchi kuchlanish chastotasi o'zgarsa, majburiy tebranishlar chastotasi ham o'zgaradi.

***Tajribalar majburiy tebranishlar chastotasi majbur etuvchi tebranishlar chastotasiga tengligini ko'rsatadi.***

**2. Majburiy tebranishlar fazasi.** Majburiy tebranishlar fazasi bilan majbur etuvchi kuch (yoki kuchlanish) fazasining o'zaro bog'lanishini aniqlaylik. Buning uchun mexanik va elektr tebranish sistemalaridagi majburiy tebranishlarni qarab chiqamiz



2.14-rasm

Burama mayatnik prujinasining bir uchini mayatnik o'qiga kiygizilgan oq plastinka orqali vibrator kulisasiga biriktiramiz (2.14- rasm). Vibrator ishlaganda kulisa yordamchi plastinka (oq) va prujina orqali burama mayatnikka kuch bilan ta'sir etadi.

$$F = F_m \sin \omega t ,$$

Bu kuch ta'sirida burama mayatnik (qora plastinka) majburiy tebranishlar qiladi. Kuzatishlarning ko'rsatishicha, burama mayatnik plastinkasi bilan yordamchi plastinkaning tebranishlari fazalari bo'yicha bir-biriga to'g'ri kelmaydi. Oq plastinka majbur etuvchi, qora plastinka esa majburiy tebranishlar qiladi. Tajribaning ko'rsatishicha, majburiy tebranishlar fazasi majbur etuvchi tebranishlar fazasiga to'g'ri kelmaydi.

Majbur etuvchi kuch tebranishlari va majburiy tebranishlar tezligi orasidagi fazalar farqini  $\varphi$  bilan belgilab,

$$\vartheta = \vartheta_m \sin(\omega t + \varphi)$$

munosabatni yozish mumkin.

Tebranish konturidagi tokning majburiy tebranishlari fazasi bilan majbur etuvchi kuchlanish tebranishlari fazasi orasidagi bog'lanishni aniqlaylik. Buning uchun 35-a rasmda tasvirlangan tajribani tahlil qilamiz. Ossillografning o'ng tomonidagi kirish klemmalariga majbur etuvchi kuchlanish generatoridan, chapki klemmalarga esa tebranish konturi rezistoridan kuchlanish berilgan. Bu kuchlanish tok kuchiga proporsional ( $u = iR$ ), binobarin, ikkinchi ossillogramma — konturdagi tok kuchining ossilogrammasi.

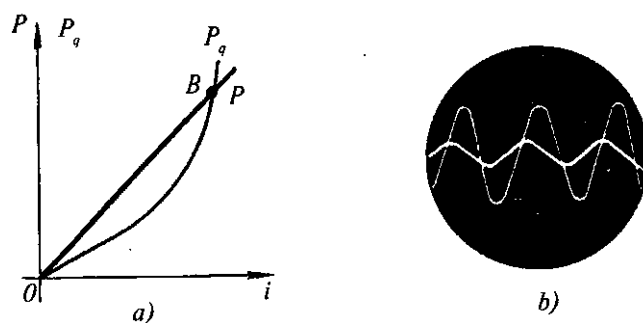
Bu ossilogrammalarni o'rganish shuni ko'rsatadiki, ular fazalari bo'yicha siljigan (2.13-b rasm). Demak,

***• konturdagi tokning majburiy tebranishlari bilan majbur etuvchi kuchlanish tebranishlari orasida  $\varphi$  fazalar farqi mavjud.***

Agar majbur etuvchi kuchlanish  $u = U_m \sin \omega t$  qonun bo'yicha o'zgarsa, tokning majburiy tebranishlari  $i = I_m \sin(\omega t + \varphi)$  qonun bo'yicha o'zgaradi. Shunga e'tiborni qaratamizki, tebranish konturidagi majbur etuvchi kuchlanish va tok kuchining o'zgarish qonunlari prujinali mayatnikdagi majbur etuvchi kuch va mayatnik tezligining o'zgarish qonunlari kabi bo'lar ekan.

**3. Tebranish sistemasida energiyaning almashinishi.** Majbur etuvchi tebranishlar manbayidan tebranish sistemasiga uzluksiz ravishda oniy quvati  $p = i \cdot u$  bo'lgan energiya kelib turadi. Tebranish konturiga keluvchi energiya boshlang'ich momentda qisman konturda yuzaga keluvchi tebranishlar energiyasiga aylanadi, qisman qaytarilmaydigan ichki energiyaga aylanadi va atrof fazoga sochiladi. Qaytarilmaydigan issiqlikka aylangan energiyaning oniy quvvati  $p_q = i^2 R$  ga teng.

Konturdagi tebranishlar amplitudasi ortishi bilan undagi tok kuchi, konturga keluvchi energiya va qaytarilmaydigan issiqlikka aylangan energiya ortadi. Konturga keluvchi va qaytarilmaydigan issiqlikka aylangan energiyalar oniy quvvatlarining o'zgarish grafiklari 2.15-a rasmda keltirildi. Konturga keluvchi energiyaning oniy quvati tok kuchiga, issiqlikka aylangan energiyaning oniy quvvati tok kuchining kvadratiga proporsionalligi tufayli, qandaydir vaqt davomida konturga keluvchi butun energiya qaytarib bo'lmaydigan issiqlikka aylanadi, konturdagi tebranishlar amplitudasi esa ortmaydi. Konturda statsionar majburiy tebranishlar barqarorlashadi.



2.15- rasm

## II.2 TEBRANISH KONTURI VA KONTURDAGI JARAYONLARNI TAVSIFLOVCHI TENGLAMA.

**Tebranish konturi.** Doimiy tok manbayidan  $C$  kondensatorni zaryadlab,  $L$  induktiv g'altak orqali uni tutashtiramiz, g'altakka elektron ossillograf parallel ulangan (2.16- rasm). Ossillograf ekranida hosil qilingan zanjirda elektr tebranishlar paydo bo'lganligini ko'rsatuvchi ossillogrammani ko'ramiz.

Binobarin, kondensator va induktiv g'altakdan tashkil topgan zanjir tebranish sistemasi bo'lar ekan. Bunday zanjir *tebranish konturi* deb nomlangan.

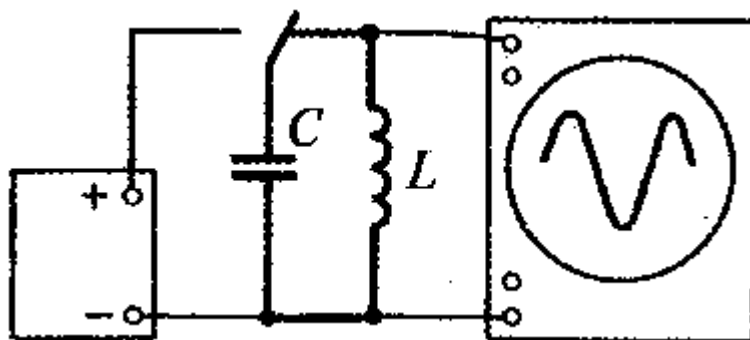
Konturdagi tebranishlar ossillogrammasi ularning so'nib borishini ko'rsatadi. Konturdagi tebranishlarning so'nish sababi, unda qaytmas energiya almashinuvini yuzaga keltiruvchi konturning qarshiligi deb taxmin qilish, tabiiydir.

Haqiqatan, konturning qarshiligini kamaytirib, tebranishlar so'nishining kamayishini ko'rish mumkin. Agar konturning g'altagi o'ta o'tkazuvchi bo'lganda edi, konturdagi tebranishlar deyarli so'nmas va sinusoidal shaklga ega bo'lar edi (o'ta o'tkazuvchan tebranish sistemalaridan kosmik radioaloqada foydalaniladi). Bunday tebranishlar *garmonik tebranishlar* deb yuritiladi.

**2. Garmonik tebranishlarni xarakterlovchi kattaliklar.** Elektr tebranishlarni xarakterlovchi kattaliklar (zaryad, tok kuchi, kondensatordagi kuchlanish va h.k.) tebranish jarayonida uzluksiz ravishda o'zgarib turadi, shuning uchun ularning oniy qiymatlarini kichik  $q, i, u$  va h.k. harflar bilan belgilash qabul qilingan.

Garmonik tebranishlarni xarakterlash uchun o'zgaruvchi kattaliklarning maksimal qiymatlarini bilish ahamiyatli, ular tegishli kattaliklarning *amplituda qiymatlari yoki amplitudalar* deb nomlanadi.

Amplituda qiymatlarini katta  $Q_m, I_m, U_m$  va h.k. harflar bilan belgilash qabul qilingan.



2.16- rasm

Garmonik tebranishlarni xarakterlovchi kattaliklarning qiymatlari, **tebranishlar davri** deb ataluvchi  $T$  teng vaqtlar oralig'ida qaytarilib turadi. Agar  $t$  vaqt ichida  $N$  ta to'liq tebranishlar yuz bersa, tebranishlar davri

$$T = \frac{t}{N}$$

formula bilan aniqlanadi.

Shunday qilib, **to'la bir marta tebranish uchun ketgan vaqt oralig'i garmonik tebranishning davri** deb yuritiladi.

**Vaqt birligi (1 s) ichidagi tebranishlar soni tebranishlar chastotasi deyiladi va  $\nu$  harfi bilan belgilanadi.** Agar  $t$  vaqt ichida  $N$  ta to'liq tebranishlar yuz bersa,

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

bo'ladi.

Chastota  $\nu$  birligi sifatida shunday chastota olinadiki, bunda 1 s ichida bitta tebranish yuz beradi. Chastotaning bu birligi, nemis fizigi G.Gers sharafiga gers (1 Hz) deb nomlangan. Amalda chastotani o'lchash uchun karrali birliklardan foydalaniladi: kilogers (kHz), mcgagers (MHz) va gigagers (GHz).

Davr va chastota uchun topilgan formulalarni taqqoslab, ular o'zaro teskari kattaliklar ekanligini ko'ramiz:

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

**3. Tebranish konturida energiya almashinuvi.** Doimiy kuchlanish manbayiga kondensatorni ulab, uni zaryadlaymiz, bunda tebranish konturiga

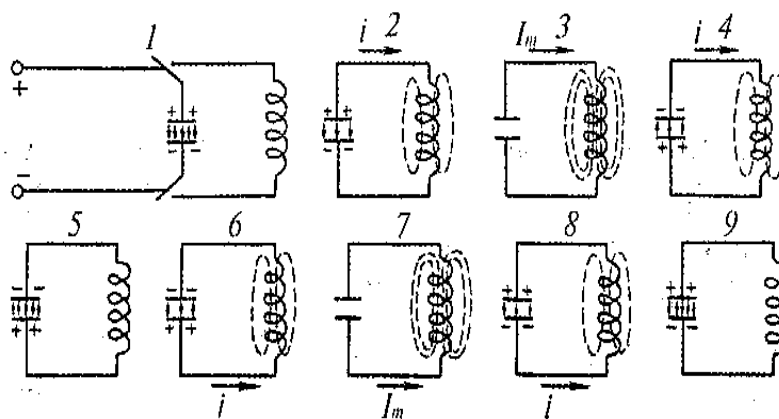
$$W_e = \frac{C U_m^2}{2}$$

Elektr energiyasi beriladi. Bu energiyani kondensatorning elektr maydoni oladi (2.17- rasm). Zaryadlangan kondensator induktiv g'altakka ulangach, konturda elektr toki paydo bo'lib, orta boradi, kondensator zaryadsizlanadi (razryadlanadi) boshlaydi (2.17-1-rasm). G'altakda bu tok bilan bog'liq o'zgaruvchi magnit maydon yuzaga keladi (2.17- 2- rasm) va orta boradi. G'altak o'zining o'zgaruvchi maydonida bo'lgani uchun unda induksion elektr maydon yuzaga keladi va Lens qoidasi bo'yicha konturdagi tok kuchining ortishiga qarshilik qiladi. Shu bois konturdagi tok kuchi sakrab emas, balki sekin-asta ortadi. G'altakdan tok o'tishi kondensatorning asta-sekin zaryadsizlanishi (razryadlanishi) bilan bog'liq.

Nihoyat, shunday moment keladiki ( $t = T/4$ ), unda kondensator to'liq zaryadsizlanadi, tok kuchi maksimal qiymatiga erishadi. Bu momentda elektr maydonning energiyasi to'liq g'altak magnit maydonining

$$W_m = \frac{L I_m^2}{2}$$

energiyasiga aylanadi (2.17- 3 rasm).



2.17-rasm

Keyingi vaqt momentidan boshlab, tok kuchi va u bilan bog'liq magnit maydon induksiyasi kamaya boshlaydi. Bu yana induksion elektr maydon paydo bo'lishiga olib keladi, ammo bu holda u g'altakdagi tokning kamayishiga

qarshilik qiladi. Konturdagi kondensator qaytadan (oldingiga teskari yo'nalishda) zaryadlana boshlaydi, uning elektr maydoni tokning ortishiga to'sqinlik qiladi (2.17-4 rasm). Tok kuchi nolga tenglashgan momentda ( $t = T/2$ ), kondensatorning qayta zaryadlanishi to'xtaydi, magnit maydon energiyasi to'lig'icha elektr maydon energiyasiga aylanadi (2.17-5 rasm).

Keyingi yarim davr ichida jarayon teskari yo'nalishda takrorlanadi, ya'ni konturdagi tok, kondensatordagi elektr va g'altakdagi magnit maydonlar o'z yo'nalishlarini o'zgartiradi (2.17-5, 9 rasm).

Shunday qilib, kondensatorning g'altak orqali zaryadsizlanishida (razryadlanishida) hosil qilingan zanjirda elektr tebranishlar yuzaga keladi. Bu tebranishlar jarayonida davriy ravishda elektr maydon energiyasining magnit maydon energiyasiga va, aksincha, magnit maydon energiyasining elektr maydon energiyasiga aylanishi yuz beradi:

$$W_e \rightarrow W_M \rightarrow W_e \rightarrow W_e \rightarrow \dots$$

Elektr tebranishlarning to'liq energiyasi har qanday vaqt momentida elektr va magnit maydonlarning energiyalari yig'indisiga teng:

$$E = W_e + W_m.$$

Energiyaning saqlanish qonuniga ko'ra ideal konturning to'liq energiyasi o'zgarmasdan saqlanadi:

$$E = \frac{CU^2}{2} + \frac{Li^2}{2} = \text{const},$$

bu yerda  $i$  — konturdagi tokning oniy qiymati,  $u$  — kondensatordagi kuchlanishning oniy qiymati.

Konturning to'liq energiyasini kondensator elektr maydoni yoki g'altak magnit maydoni energiyalarining maksimal qiymatlari orqali quyidagicha ifodalash mumkin:

$$E = \frac{C U_m^2}{2} = \frac{L I_m^2}{2}$$

Shuning uchun

$$E = \frac{CU^2}{2} + \frac{Li^2}{2} = \frac{C U_m^2}{2} + \frac{L I_m^2}{2}$$



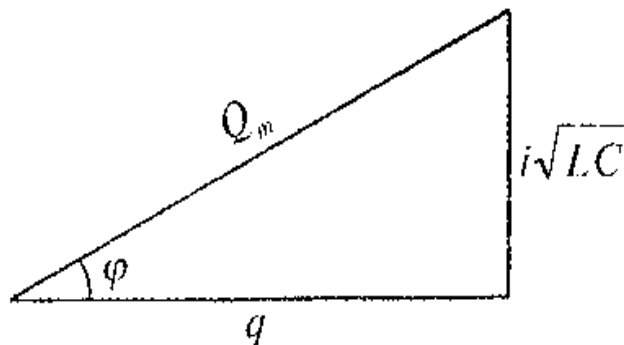
bo'ladi.

### Erkin elektromagnit tebranishlarning asosiy qonuniyatlari

Aytaylik, qarshiligi hisobga olmaslik mumkin bo'lgan darajada kichik bo'lgan konturda erkin elektromagnit tebranishlar yuz bersin. Bu tebranishlarning asosiy qonuniyatlarini topamiz.

**1. Kondensator zaryadining va konturdagi tok kuchining o'zgarish qonuniyatlari.** Ideal tebranish konturi uchun energiyaning saqlanish qonunini yozamiz:

$$\frac{CU^2}{2} + \frac{Li^2}{2} = \frac{C U_m^2}{2}$$



2.18-rasm

Ammo

$$u = \frac{q}{C}, \quad U_m = \frac{Q_m}{C}$$

bo'lgani uchun

$$\frac{CU^2}{2} + \frac{Li^2}{2} = \frac{Q_m^2}{2C}$$

bo'ladi. Bu ifodani  $2C$  ga hadma-had ko'paytirib,

$$q^2 + i^2 \cdot LC = Q_m^2 \text{ yoki } q^2 + (i \cdot \sqrt{LC})^2 = Q_m^2,$$

tenglamani olamiz.

Bu ifodani gipotenuzasi  $Q_m$ , katetlari  $q$  va  $i \cdot \sqrt{LC}$  bo'lgan to'g'ri burchakli uchburchak ko'rinishida geometrik tasvirlash mumkin (2.18-rasm). Bu uchburchakdan,

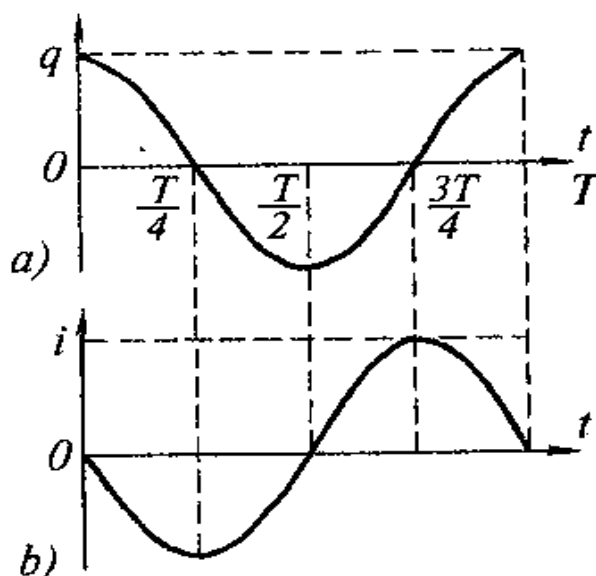
$$q = Q_m \cos \varphi; \quad i = \frac{Q_m}{\sqrt{LC}} \sin \varphi$$

munosabatlar topiladi. Tok kuchining qiymati  $\sin \varphi = 1$  da maksimal ( $i = I_m$ ) bo'lgani sababli, ikkinchi tenglikdan  $I_m = \frac{Q_m}{\sqrt{LC}}$  bo'ladi va

$$i = I_m \sin \varphi$$

Kelib chiqadi.

Topilgan natijalardan ko'rinadiki, kondensatorning zaryadi va g'altakdagi tok kuchi garmonik qonuniyat bo'yicha o'zgaradi. Binobarin, ideal tebranish konturida yuzaga keluvchi tebranishlar garmonik ekan. Shu bilan birga, kondensator qoplamalaridagi zaryadning va zanjirdagi tok kuchining tebranishlari orasida fazalar farqi  $\pi/2$  bo'ladi ( $\sin \varphi = \cos(\varphi + \frac{\pi}{2})$ ). Konturdagi zaryad va tok kuchining tebranish grafiklari 2.19- rasmda keltirilgan.



2.19-rasm

**2. Tebranishlar fazasi.** Zanjirdagi zaryad va tok kuchining o'zgarish qonunini ifodalovchi

$$q = Q_m \cos \varphi, \quad i = I_m \sin \varphi$$

formulalarga  $\varphi$  burchak kiradi.

Uning fizik ma'nosini aniqlaymiz. Avvalo, bir necha isbot talab qilmaydigan fikrlarni keltiramiz.

Birinchidan,  $\varphi$  burchak elektromagnit tebranishlarni matematik ifodalashda kiritildi. Demak, u faqat elektromagnit tebranishlarni matematik ifodalashdagina ma'noga ega.

Ikkinchidan, bu burchak zaryad va tok kuchining berilgan vaqt momentidagi qiymatini aniqlaydi. Demak, u tebranishlarning xarakteristikasi ekan. Bu xarakteristikani **tebranish fazasi** deb yuritishadi.

Endi  $\cos \varphi$  ni zaryad oniy qiymatining amplituda qiymatiga nisbati orqali ifodalaymiz:

$$\cos \varphi = \frac{q}{Q_m}.$$

Kondensator zaryadining  $q$  – oniy qiymati o'zgaruvchi kattalik,  $Q_m$  – amplituda qiymati esa doimiy kattalik bo'lgani sababli  $\cos \varphi$ , demak,  $\varphi$  faza ham uzluksiz ravishda o'zgarib turadi.

Fazaning o'zgarish tezligini topaylik. Buning uchun tok kuchi zaryaddan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosila ekanligini eslaymiz:

$$i = \dot{q} = -Q_m \dot{\varphi} \sin \varphi .$$

Bu yerdagi  $\dot{\varphi}$  hosila — fazaning izlangan o'zgarish tezligidir. Uni topish uchun tok kuchining yuqoridagi qiymatini ilgari topilgan qiymatiga tenglashtiramiz:

$$- Q_m \dot{\varphi} \sin \varphi = \frac{Q_m}{\sqrt{LC}} \sin \varphi,$$

Bundan

$$\dot{\varphi} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Kelib chiqadi. Tebranishlar fazasining  $\dot{\varphi}$  o'zgarish tezligi  $\omega_0$  bilan belgilanadi ( $\dot{\varphi} = \omega_0$ ) va **siklik chastota** deb yuritiladi:)

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Berilgan tebranish konturi uchun  $L$  va  $C$  lar doimiy, demak,  $\omega_0$  siklik chastota ham doimiy bo'ladi, shuning uchun faza quyidagicha yoziladi:

$$\varphi = \omega_0 \cdot t$$

Siklik chastota tushunchasidan foydalanib, kondensator qoplamalaridagi zaryad va konturdagi tok kuchining o'zgarish qonunlarini qayta yozamiz:

$$q = Q_m \cos \omega_0 t \quad va \quad i = I_m \sin \omega_0 t$$

**3. Boshlang'ich faza.** Topilgan  $q = Q_m \cos \omega_0 t$  formuladan ko`rinadiki,  $t = 0$  da kondensator zaryadi maksimal bo`ladi ( $q = Q_m$ ). Boshqacha aytganda,  $q = Q_m \cos \omega_0 t$  formula faqat vaqtni hisoblash kondensator zaryadsizlana boshlagan momentdan boshlab hisoblanadigan hol uchun kondensator zaryadining o'zgarishini ifodalaydi.

Agar vaqtni hisoblash kondensator zaryadsizlana boshlagan momentdan biroz  $t_0$  vaqt o'tgandan keyin boshlansa, zaryadsizlanish (razryadlanish) vaqti  $t + t_0$  ga teng bo'ladi (bu yerdagi  $t$  — vaqtni hisoblash boshlangan momentdan keying vaqt).

U holda zaryadning oniy qiymati

$$q = Q_m \cos \omega_0 (t + t_0) = Q_m \cos(\omega_0 t + \omega_0 t_0)$$

Formula bilan aniqlanadi. Bu yerdagi  $\omega_0 t_0$  doimiy kattalik ***boshlang'ich faza*** deyiladi va  $\varphi_0$  bilan belgilanadi:

Shunday qilib, zaryad va tok kuchining ifodalari, umumiy holda, ko'rinishda yoziladi.

$$q = Q_m \cos(\omega_0 t + \varphi_0), \quad i = I_m \sin(\omega_0 t + \varphi_0)$$

**4. Erkin tebranishlar chastotasi.** Bir  $T$  davr ichida faza  $2\pi$  ga o'zgaradi ( $t = T$  da  $\varphi = 2\pi$ ), shuning uchun

$$\varphi = \omega_0 T = 2\pi$$

boladi. Bundan

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T}, \quad \omega_0 = 2\pi\nu$$

munosabatlar topiladi.

**Shunday qilib, siklik chastota — fazaning o'zgarish tezligi bo'lib, vaqt ichidagi tebranishlar soniga teng.**

Yuqorida topilgan formulalardan foydalanib tebranishlar davri va chastotasini siklik chastota orqali ifodalaymiz:

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0}, \quad \nu = \frac{\omega_0}{2\pi}$$

Bu formulalarga siklik chastotaning ilgari topilgan

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

qiymatini qo'yib,

$$T = 2\pi\sqrt{LC}, \quad \nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

natijalarni olamiz.

Shuni yana bir bor ta'kidlaymizki, bu formulalar faqat «qarshiligi yo'q» ideal tebranish konturi uchungina to'g'ri. Ammo ulardan qarshiligi uncha katta bo'lmagan real tebranish konturlarini taqribiy hisoblashda ham foydalanish mumkin.

Elektromagnit tebranishlar davrining yuqoridagi formulasi birinchi marta ingliz fizigi U.Tomson (lord Kelvin) tomonidan olingan, shuning uchun u *Tomson formulasi* deb yuritiladi.

- Davr va chastota formulalaridan quyidagi muhim xulosa **kelib chiqadi: erkin tebranishlarning davr va chastotasi tebranishlar amplitudasiga (birinchi turtkiga) bog'liq emas va tebranish konturining  $L$  va  $C$  parametrlari bilan to'liq aniqlanadi.**

*Matematik mayatnikning tebranish davri ham tebranishlar amplitudasiga bog'liq bo'lmasdan, mayatnik parametrlari  $l$  va  $g$  bilan aniqlanishini eslang:*

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}.$$

**5. Tebranish konturidagi erkin elektromagnit tebranishlar amplitudasi.** Tebranish konturidagi elektromagnit tebranishlarning to'liq energiyasini ifodalovchi

$$E = \frac{CU_m^2}{2} = \frac{LI_m^2}{2}$$

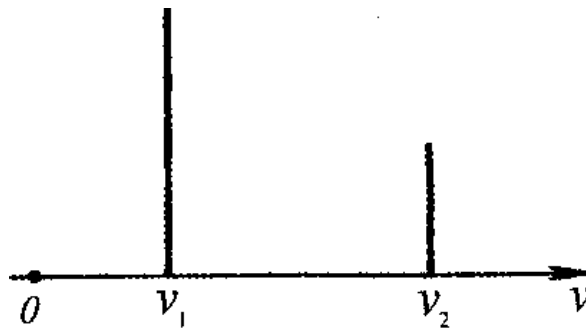
Fomulalardan tok va kuchlanishning tebranishlari amplitudasini topamiz:

- *Topilgan formulalardan ko'rinadiki, erkin elektromagnit tebranishlar amplitudasi (tok kuchi va kuchlanishning tebranishlari amplitudasi) boshlang'ich paytda tebranish konturiga berilgan energiya qiymatidan chiqarilgan kvadrat ildizga proporsional ekan.*

**Tebranishlarning grafik tasviri:** Hozirgacha biz garmonik tebranishlarning analitik ifodalaridan foydalandik. Ammo grafik yozuv aniqroq va ko'rgazmaliroqdir. Tebranishlarni grafik tasvirlash usullari bilan tanishamiz.

**1. Vaqtli grafik.** Vaqtli grafklarda tebranma harakatni xarakterlovchi kattaliklarning vaqtga bog'liqligi ko'rsatiladi. 2.19- rasmda konturdagi tok kuchi va kondensatordagi zaryadning o'zgarish grafigi keltirilgan edi. Bu grafiklar tekshiriluvchi kattaliklarning vaqtga bog'liqligini, shuningdek, fazaviy munosabatlarni ko'rsatish uchun juda qulayligi ko'rinib turibdi.

**2. Spektral usul.** Tebranma harakat parametrlarining vaqtga bog'lanib o'zgarishi bilan bog'liq masalalarga va fazaviy munosabatlarga bog'liq bo'lmagan hollardan usuldan foydalanish qulay. Bu holda tebranma harakat xususiy grafik ko'rinishida tasvirlanadi.



2.20-rasm

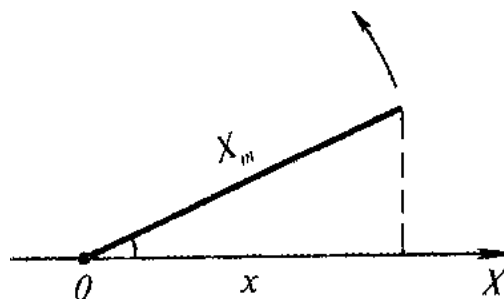
Gorizontaal o'q bo'yicha chastota, vertikal o'q bo'yicha tebranishlar amplitudasi qo'yiladi. 2.20-rasmda  $v_1$  va  $v_2$  chastotali va amplitudalari teng bo'lmagan ikkita garmonik tebranishlar keltirilgan. Tebranma harakatni tasvirlashning bunday usuli *spektral usul* deb yuritiladi.

**3. Vektor usuli.** Qator hollarda tebranma harakatni vektor usulida berish qulay. Buning uchun chizma tekisligida ixtiyoriy O nuqta tanlanib, undan o'q o'tkaziladi. Garmonik tebranma harakatning kerakli parametri amplitudasi O nuqtaga qo'yilgan vektor ko'rinishida tasvirlanadi. Vektor uzunligi amplitudaga proporsional bo'ladi, uning yo'nalishi esa shunday tanlanadiki, OX o'qi bilan vektor orasidagi burchak  $\varphi_0$  boshlang'ich fazaga teng bo'ladi. (2.7- rasm).

Agar  $X_m$  vektor O nuqta atrofida soat strelkasiga teskari yo'nalishda  $\omega_0$  burchak tezlik bilan bir tekis aylanadi deb tasavvur qilinsa, uning OX o'qdagi proyeksiyasi ixtiyoriy vaqt momentida

$$X = X_m \cos \omega_0 t$$

ga teng bo'ladi



2.21-rasm

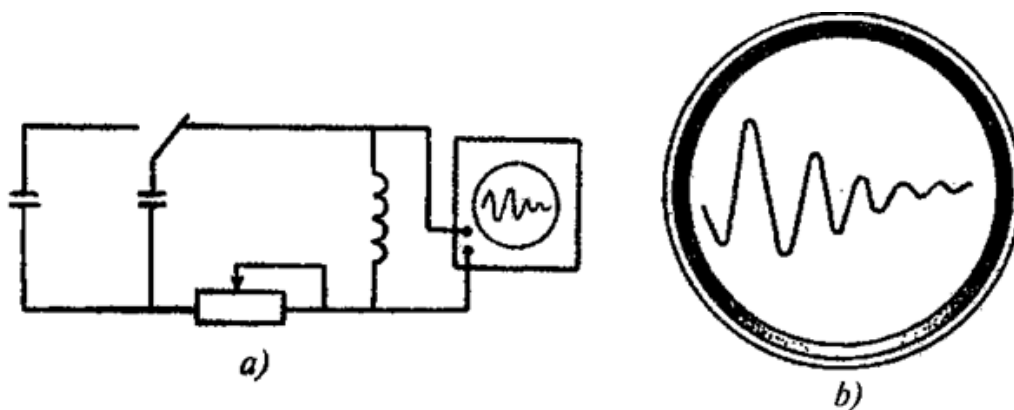
Binobari ,  $X_m$  vektorning OX o'qdagi proyeksiyasi  $x$  kattalikning oniy qiymatiga teng.

## Qarshilikli sistemalardagi erkin elektromagnit

**tebranishlar:** Erkin tebranishlarni o'rganar ekanmiz, biz hozirgacha tebranish konturining qarshiligini e'tiborga olmadik. Bunday qilish prinsipial ravishda mumkin, chunki ko'pchilik hollarda tebranish konturlarining qarshiligi kichik va uni hisobga olmaslik mumkin bo'ladi. Masalan, yaxshi radiopriyomnik konturining qarshiligi omning yuzdan, hatto mingdan bir ulushini tashkil etadi.

**1. Tebranishlarning so'nishi.** Tebranish sistemalarining qarshiligini e'tiborga olmasdan, ularni ideallashtirish erkin tebranishlarni o'rganishni ancha soddalashtiradi. Ammo barcha real tebranish sistemalarida ishqalanish kuchlari (qarshiliklar) mavjud.

Bunga 2.22- a rasmda tasvirlangan zanjir bo'yicha tajriba o'tkazib, ishonch hosil qilish mumkin. Kondensatorni doimiy tok manbayidan zaryadlab, uni qarshiligi yetarlicha katta bo'lgan g'altakka ulaymiz. Ossillograf ekranida so'nuvchi tebranishlarning tezda yo'qolib ketuvchi ossillogrammasini ko'ramiz (2.22- b rasm). Reostat yordamida konturning qarshiligini oshira borib, qarshilik qancha katta bo'lsa, tebranishlar shuncha tez so'nishiga ishonch hosil qilamiz. Tebranishlarning so'nishi shuning uchun yuz beradiki, tebranish sistemasiga berilgan energiyaning bir qismi qaytarib bo'lmaydigan ichki energiyaga aylanadi va atrof fazoga sochiladi.



2.22- rasm



## 2. So'nuvchi tebranishlarni xarakterlovchi kattaliklar

So'nuvchi tebranishlar garmonik emas, shuning uchun ularga amplitude tushunchasini to'liq ma'noda qo'llab bo'lmaydi. Shunga qaramay, bu termin so'nuvchi tebranishlarga ham qo'llaniladi, faqat bunda amplituda deganda mos kattalik (siljish, tezlik, tezlanish, zaryad, tok kuchi va h.k.) larning bir tebranish ichidagi eng katta qiymati tushuniladi.

So'nuvchi tebranishlar to'liq ma'noda davriy bo'lmaganligi sababli, ularga chastota va davr tushunchalarini ham qo'llab bo'lmaydi. Davriy deb shunday hodisalarga aytiladiki, bunda teng vaqt oraliqlaridan keyin har safar sistemaning holati aniq qaytariladi, So'nuvchi tebranishlarda esa sistemaning holati qaytarilmaydi: tebranishlar amplitudasi sekin-asta kamayadi.

**3. Tebranishlarni o'rganishda yagona yondoshish haqida.** Mexanik va elektr tebranishlarni ifodalovchi matematik tenglamalarni taqqoslash ular bo'ysunuvchi qonuniyatlarning o'xshashligini ko'rsatadi (1-jadval).

1-jadval

Tortishish maydonidagi tebranishlar	Elastik tebranishlar	Elektr tebranishlar
$x = X_m \sin \omega_0 t$	$x = X_m \sin \omega_0 t$	$q = Q_m \sin \omega_0 t$
$\vartheta = \vartheta_m \cos \omega_0 t$	$\vartheta = \vartheta_m \cos \omega_0 t$	$i = Q_m \cos \omega_0 t$
$\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{l}}$	$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$	$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}}$
$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$	$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$	$T = 2\pi \sqrt{LC}$

Bu qonuniyatlarning o'xshashligi hayron qolarli. Haqiqatan ham, deformatsiyalangan purjina ta'siridagi yukning harakati bilan kondensator qayta zaryadlanishidagi elektronlar harakati orasida qanday umumiylik bo'lishi mumkin? Albatta, bular har xil hodisalar.

Ammo agar nima tebranayotganiga emas, balki nima sababdan va qanday tebranayotganiga e'tibor berilsa, bu jarayonlar bir xil tushunchalar va bir xil matematik tenglamalar bilan ifodalanishi ma'lum bo'ladi. Shuning uchun akademik L.I.Mandelstam har xil fizik tabiatga ega bo'lgan tebranishlarni o'rganishga yagona nuqtayi nazardan yondashdi. Bu juda samarali bo'lib chiqdi. U bir turdagi tebranishlarni o'rganishda topilgan qonuniyatlarni boshqa turdagi tebranishlarga ham tatbiq etish imkonini beradi. Quyidagi 2-jadvalda mexanik va elektr tebranishlarni ifodalashda ishlatiladigan, bir-biriga o'xshash kattaliklar keltiriladi.

2- jadval

<i>Mexanik kattaliklar</i>	<i>Elektromagnit kattaliklar</i>
Massa	Induktivlik
Qattqlik	Elektr sig'imga teskari kattalik
Ishqalanish koeffitsienti	Qarshilik
Kuch	EYK (kuchlanish)
Siljish	Zaryad
Tezlik	Tok kuchi

$$W = \frac{q^2}{2C} + \frac{Li^2}{2} = \frac{q_m^2}{2C} = \frac{LI_m^2}{2} = \text{const.} \quad (3-2)$$

Bunda:  $L$  – g‘altakning induktivligi,  $C$  – kondensator sig‘imi,  $i$  va  $I_m$  – tok kuchining mos ravishda oniy va maksimal qiymatlari,  $q$  va  $q_m$  – kondensatordagi zaryadning mos ravishda oniy va maksimal qiymatlari. Tebranish konturida kondensatordagi elektr maydon energiyasining g‘altakdagi magnet maydon energiyasiga va aksincha, g‘altakdagi magnet maydon energiyasi kondensatordagi elektr maydon energiyasiga aylanib turishi hodisasini 10-sinfda qaralgan prujinali mayatnikda cho‘zilgan prujina potensial energiyasining, yukning kinetik energiyasiga va aksincha aylanib turishiga qiyoslash mumkin. Shunga ko‘ra, mexanik va elektr tebranishlarning parametrlari orasidagi o‘xshashlikni quyidagi jadvalda keltiramiz.

Mexanik kattaliklar	Elektr kattaliklar
$x$ -koordinata	$q$ -zaryad
$v$ -tezlik	$i$ -tok kuchi
$m$ -massa	$L$ –induktivlik
$k$ -prujinaning bikrligi	$1/C$ -sig‘imga teskari bo‘lgan katalik
$kx^2/2$ -potensial energiya	$q^2/(2C)$ –elektr maydon energiyasi
$mv^2/2$ -kinetik energiya	$Li^2/2$ -magnet maydon energiyasi

Ta’kidlash joizki, elektromagnet va mexanik tebranishlar turli tabiatga ega bo‘lsa-da, o‘xshash tenglamalar bilan ifodalanadi.

## 1. Elektromagnit to'liqlar.

Ma'lumki davriy ravishda o'zgaruvchi elektromagnit maydonning tarqalishini elektromagnit to'liq deb ataladi. Elektromagnit to'liqni shunday ikki o'zaro perpendikulyar tekisliklarda yotuvchi sinusoidalar shaklida tasvirlash mumkinki, bunda to'liq shu ikki tekislik kesishishi natijasida xosil bo'lgan chiziq bo'ylab tarqaladi. Maksvell ta'limotiga asosan, elektromagnit to'liqning biror muxitda tarqalish tezligi shu muxitning elektr va magnit xususiyatlariga bog'liq bo'lib, uning qiymati quyidagi munosabat bilan aniqlanadi.

$$g = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0} \cdot \sqrt{\mu \epsilon}} \quad (1)$$

Vakuumba muhitning magnit sindiruvchanligi va dielektrik sindiruvchanligi birga teng. Shuning uchun vakuumba elektromagnit to'liqning tarqalish tezligi

$$g_0 = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} = \frac{1}{\sqrt{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}}} = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{c} = C$$

u holda (1)ni quyidagicha yozish mumkin  $g = \frac{C}{\sqrt{\mu \epsilon}}$

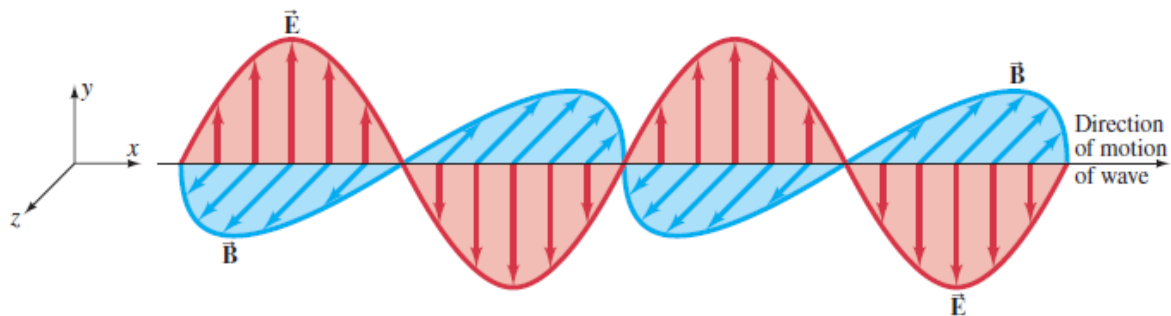
Demak elektromagnit to'liqlar muxitda tarqalish tezligi vakuumbdagi tezligidan  $\sqrt{\epsilon \mu}$  marta kichik.

Ma'lumki elektromagnit to'liq ikki o'zaro perpendikulyar tekisliklarda yotuvchi sinusoidalar shaklida tasvirlanadi, bunda elektromagnit to'liq shu ikki tekislik kesishishi natijasida xosil bo'lgan chiziq bo'ylab tarqaladi. Maksvell tenglamasiga asosan o'zgaruvchan elektromagnit maydonning E va H kuchlanganlik vektorlari

$$\Delta \bar{H} = \frac{1}{g^2} \cdot \frac{\partial^2 \bar{H}}{\partial t^2} \quad (1) \quad \Delta \bar{E} = \frac{1}{g^2} \cdot \frac{\partial^2 \bar{E}}{\partial t^2} \quad (2)$$

tipidagi to'liq tenglamalari qanoatlantiradi. Bunda  $\Delta \bar{H} = \frac{1}{g^2} \cdot \frac{\partial^2 \bar{H}}{\partial t^2}$  Laplas operatori,  $g$  -elektromagnit to'liqning tipidagi to'liq tenglamalari

qanoatlantiradi. Bunda  $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$  Laplas operatori,  $\mathcal{G}$  -elektromagnit to'liqining biror muhitdan taralish



tezligi. s-elektromagnit to'liqini vakuumda tarqalish tezligi.

Elektromagnit to'liqining muhitda tarqalish tezligi, vakuumdagi tezlikdan  $\sqrt{\epsilon\mu}$  marta kichik. (2) tenglamani quyidagi ko'rinishda yozish mumkin

$$\frac{\partial^2 E_y}{\partial x^2} = \frac{1}{\mathcal{G}^2} \cdot \frac{\partial^2 E_y}{\partial t^2} \quad \frac{\partial^2 H_z}{\partial x^2} = \frac{1}{\mathcal{G}^2} \cdot \frac{\partial^2 H_z}{\partial t^2} \quad (3)$$

Bu tenglamalarning eng oddiy yechimi quyidagi ko'rinishda bo'ladi.

$$\left. \begin{aligned} E_y &= E_0 \cos(\omega t - kx + \gamma) \\ H_z &= H_0 \cos(\omega t - kx + \gamma) \end{aligned} \right\} \text{yassi monoxramatik elektromagnit to'liqin}$$

tenglamasi, bunda  $E_0$  va  $H_0$  mos ravishda to'liqlarning elektr va magnit

maydon kuchlanganliklari amplitudasi.  $K = \frac{2\pi V}{\mathcal{G}} = \frac{2\pi}{\mathcal{G} \cdot T} = \frac{2\pi}{\lambda}$  to'liqin soni bo'lib

u  $2\pi$  metr uzunlikdagi kesmada joylashadigan to'liqin uzunliklarining sonini ifodalaydi.

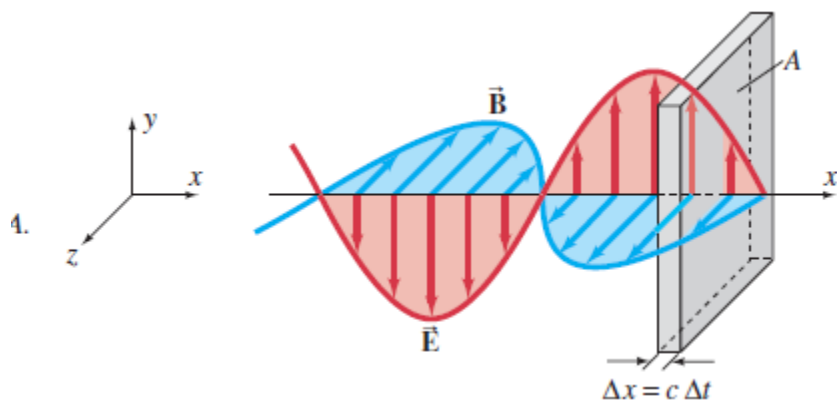
$\gamma$ -tebranishni boshlansich fazasi.

**Umov-Poynting vektori.** Elektromagnit to'liqlarni payqash mumkinligi (uchun chiqishi, lampochkaning shu'lanishini va hakazo) bu to'liqlarning o'zi bilan energiya ko'chirib yurishini ko'rsatadi. Birlik hajmidagi elektromagnit

maydon energiyasi ya'ni elektr maydon energiyasini zichligi  $\omega_j = \frac{\epsilon_0 E^2}{2}$  (4)

va magnit maydon energiyasining zichligi

$$\omega_M = \frac{\mu\mu_0 H^2}{2} \quad (5) \text{ yig'indisidan iborat. } \omega = \omega_j + \omega_M = \frac{\epsilon_0 E^2}{2} + \frac{\mu_0 \mu^2}{2} \quad (6)$$



Elektromagnit maydonda elektr va magnit maydonlar energiyalarining zichliklari har bir momentda birday bo'ladi, ya'ni  $\omega_e = \omega_m$  u holda (6) quyidagicha yoziladi.

$$\omega = 2\omega_e = 2\omega_m = \varepsilon\varepsilon_0 E^2 = \mu\mu_0 H^2 \quad (7)$$

Bundan 
$$\sqrt{\varepsilon\varepsilon_0} E = \sqrt{\mu\mu_0} H \quad (8)$$

(8) ga asosan (7) ni quyidagicha yozish mumkin

$$\omega = \sqrt{\varepsilon_0 \mu_0 \varepsilon \mu} E \cdot H \quad (9)$$

(1) ifodaga asosan (9) ni quyidagicha yozamiz

$$\omega = \frac{1}{g} E \cdot H \quad \text{yoki} \quad \omega \cdot g = E \cdot H$$

$\omega \cdot g = S$  bo'lib S-birlik vaqtda birlik yuza orqali ko'chirilayotgan energiya ya'ni

$$S = \omega \cdot g = E \cdot H$$

bu ifodani vektor ko'rinishda  $S = [E \cdot H]$  shaklida yozish mumkin. E va H lar o'zaro perpendikulyar bo'lganligi uchun bu vektorlarning vektor ko'paytmasi elektromagnit to'lqinning tarqalish yo'nalishidagi S vektordir. S vektorni **Umov-Poynting vektori** deb ataladi.

Elektromagnit to'lqinlar birinchi marta Gers tajribasidan 8 yil keyin 1895 yil 7 mayda rus fizigi A.S.Popov tomonidan amalda qo'llanildi. A.S.Popov rus-fizika-ximiya jamiyati majlisida dunyoda birinchi radiopriyomnikni demonstratsiya tildi va elektromagnit to'lqinlarni simsiz aloqa vositasi sifatida keng ishlatish mumkinligini ko'rsatdi. Diapazoni santimetr va millimetr bo'lgan elektromagnit to'lqinlar radiolokatsiya (to'lqinlarni to'siqlardan qaytish) da

keng qo'llaniladi. Hozirgi paytda fan va texnikaning xech bir soxasi yoki unda elektro magnit to`lqinlar ishlatilmasin.

Elektromagnit to`lqinlar o`z chastotalari va to`lqin uzunliklariga hamda nurlanish va qayd qilishning usullariga qarab bir necha turga bo`linadi. Bular: radioto`linlar, yorug`lik nurlanishi, rentgen nurlanishi, gamma nurlar va x.k.z.

### **III.Bob. MEXANIKA VA ELEKTR TEBRANISHLARNING O`XSHASHLIGI**

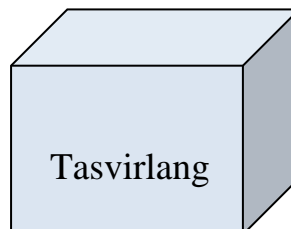
#### **3.1 Mexanik va elektromagnit tebranishlarning qiyosiy **xarakteristikasi** mavzusi misolida ta'lim tizimi o'quv jarayoniga innovatsion texnologiyalarni joriy etish zaruriyati**

Ta'lim-tarbiya jarayonida innovatsion ta'lim texnologiyalaridan foydalanish fan o'qituvchilaridan muayyan tayyorgarlik ko'rish zaruratini keltirib chiqaradi. Fan o'qituvchilari innovatsion pedagogik faoliyatga tayyorlanishda fanlarni o'qitish metodikasi kursida metodik tayyorgarligini shakllantirish samaradorligini orttirishga zamin tayyorlaydi va natijada o'quvchilarni innovatsion texnologiyalarga asoslangan mashg'ulotlarda faol ishtirokini ta'minlaydi.

Hozirgi kunda ta'limda inovatsion texnologiyalar asosida loyihalash va ulardan ta'lim sharoitida foydalanishning o'ziga xos jihatlari namoyon bo'lmoqda. Zamonaviy ta'limni tashkil etishga quyiladigan muhim ta'lablardan biri ortiqcha ruhiy va jismoniy kuch sarf etmay, qisqa vaqt ichida yuksak natijalarga erishishdir. Qisqa vaqt oralig`ida muayyan nazariy bilimlarni o'quvchilarga yetkazib berish, ularda ma'lum faoliyat yuzasidan malaka va ko`nikmalar hosil qilish, shuningdik, o'quvchilar faoliyatini nazorat qilish, ular tamonidan egallangan bilim ko`nikma hamda malakalar darajasini baholash o'qituvchidan yuksak pedagogik mahorat hamda ta'lim jarayoniga nisbatan yangicha yondashuv talab etadi. Masalan, kubik metodidan foydalangan natijaga to'g'talaylik.

*Kubik metodi* - bu metoddan darsni mustahkamlash vaqtida foydalansa yaxshi natija beradi. O'quvchilarga mavzu o'tilgandan so'ng unga biror tushuncha shakllanadi. Shakllangan tushunchani (kattalik, asbob, o'lchov birligi) quyidagicha yozish taklif etiladi.

1. Tasvirlang
2. Taqqoslang
3. O'xshating
4. Tahlil qiling
5. Ishlating
6. Foydali va zararli tomonlari.



#### *6-sinf o'quvchilari uchun*

Masalan: "Kuch" mavzusini o'tgandan so'ng kubik usulini qo'llasak taxminan o'quvchilar quyidagicha yozadilar:

1. Kuch
2. Katta, kichik
3. Zarb, kuchli, kuchsiz
4. Jismga tezlik beruvchi sabab
5. Dinamometr qo'l kuchini aniqlaydi. Traktorning tortish kuchini aniqlaydi.
6. Ishqalanish kuchi bo'lmasa yurolmaymiz.
7. Og'irlik kuchi bo'lmasa yer sirtida yash olmaymiz.

- Kuchli shamol, kuchli suv toshqini, vulkan natijasida kuchli portlash, zilzila, kuchli yer qimirlashi natijasida ko'p ofatlar keladi.

#### *Bosim mavzusidan so'ng*

1. Tavsiflang: Bosim.
2. Taqqoslang: Oshishi – pasayishi.
3. O'xshating: .
4. Tahlil qiling: Sirtga perpendikulyar tushuvchi kuch.
5. Ishlating: Tanometr. (Inson tanasidagi bosimni o'lchaydi.)
6. Foydali va zararli tomonlari: Atmosfera bosimi kamaysa kislorod kamayib inson hayotiga uchun xavfli yoki suv tez qaynaydi.

#### *Issqlik hodisalari o'tilgandan so'ng*

1. Tasvirlash- Issiqlik hodisasi
2. Taqqoslang- Issiq va sovuq
3. O'xshatish- Ona bag'rining issiqligi
3. Tahlil qilish- Energiya berish natijasida jismlarni isitish, elektr toki yordamida sovitish
4. Ishlating- Issiqlik termometr yordamida o'lchanadi



5. Foydali va zararli tomonlari- Issiqlik bilan ko'pgina kasalliklar davolanadi, issiqlik uzatish hodisasi tufayli bilan qavatli uylar isitiladi, issiqlik bilan tirik organizmlar yashaydi. Odam tana haroratining oshib ketishi natijasidan kasallanadi, issiq buyumlar tanani kuydiradi, issiqlikni me'yordan oshib ketishi ish jarayonini sekinlashishiga olib keladi.

#### *Energiya mavzusidan so'ng*

Kubik o'yini sharti bo'yicha ta'riflasak;

1. Energiyani tasvirlashda: bolg'a bilan mix qoqish holatini ko'z oldimizga keltirishimiz mumkin. Bunda bolg'aning ish bajara olish qobiliyati ya'ni energiyasi uning vaziyatiga bog'liqligini ko'rishimiz mumkin.
2. Energiyani taqqoslashda ko'p energiya va kam energiya so'zlaridan foydalanish mumkin. Bunda ko'p va kam so'zlari miqdor jihatdan taqqoslanadi
3. Energiyani biz harakatga o'xshatishimiz mumkin. Sust harakat –kam energiyalikni, jadal harakat – ko'p energiyalikni ifodalaydi.
4. Energiya deb jismning ish bajara olish qobiliyatiga aytiladi.
5. Energiya turmush tarzida ko'p ishlatiladi. Masalan, avtomobilni yurgizishda benzin orqali dvigatellar yoqilib – issiqlik energiyasi hosil qilinadi. Yoki 70 kg massali insonning ma'ruza o'qiganda - 920 kJ, o'tirganda – 420 kJ energiya yo'qotishini misol keltirishimiz mumkin.
6. Energiyaning foydali va zararli tomonlari.

Energiyani foydali tomoni:

1. Energiya bo'lmasa- insonlar va hayvonlar faoliyat ko'rsata olmaydilar.
2. Suvning kinetik energiyasi GESlarda turbinani aylantirib elektr energiyani hosil qiladi.

Energiyani zararli tomoni:

1. yorug'lik energiyasi bo'lmaganda Quyosh Yerni isitmas va Yer yuzi muzlab, hayot bo'lmas edi. 2) Avtomobil, samolyotlarda issiqlik energiyasining birdan kamayishi turli halokatlarga olib keladi.

#### *7- sinf. Jism massasi mavzusidan so'ng*

1. Tavsiflang: Massa.
2. Taqqoslang: Og'ir – yengil.
3. O'xshating: Vazn.
4. Tahlil qiling: Jismning inertlik xossasini tavsiflaydigan fizik kattalik. "Bo'lak, parcha" degan ma'noni bildiradi.
5. Ishlating: Tarozi.
6. Foydali va zararli tomonlari: Massa katta bo'lsa, tezlanish shuncha kichik bo'ladi va tez yurish qiyin kechadi.

#### *7- sinf. Elektr qarshilik mavzusidan so'ng*

1. Tavsiflang: Qarshilik.
2. Taqqoslang: Katta – kichik.
3. O'xshating: To'siq.
4. Tahlil qiling: O'tkazgichning zanjirda tok o'tishiga qarshilik qilish xossasi.

5. Ishlating: Reostat tok kuchini rostlaydi.
6. Foydali va zararli tomonlari: Qarshilik ortsa zanjirda tok kam o'tadi va lampochka xiralashadi.

*7 – sinf. Atom tuzilishi haqida tushuncha mavzusidan so'ng*

1. Tavsiflang: Atom.
2. Taqqoslang: Bir atomli va ko'p atomli.
3. O'xshating: Kichik quyosh sistemasi.
4. Tahlil qiling: "Bo'linmas" degan ma'noni bildiradi. Atom markazida musbat zaryadli yadro joylashgan bo'lib, yengil elektronlar uning atrofida aylanadi.
5. Ishlating: Energiya ishlab chiqarish manbai. AES.
6. Foydali va zararli tomonlari: AES lari atmosfera kislorodini ishlatmaydi. Energiya manbai hisoblanadi. Zararli tomoni radiaktiv chiqindilar chiqar

*7-sinf. To'lqin mavzusidan so'ng*

1. To'lqinni tasvirlashda, arqonni misol keltirishimiz mumkin. Bunda arqonning bir uchini tayanchga mahkamlab, ikkinchi uchidan ushlab davriy tebrantiramiz. Natijada tebranish arqon bo'ylab tarqalayotganini ko'ramiz. Tarqalayotgan bu tebranish to'lqinni ifodalaydi.

2. To'lqinlarni taqqoslashda ko'ndalang va bo'ylama to'lqindan foydalanamiz. Bu to'lqinlar tarqalish yo'nalishi va holatiga ko'ra farqlanadi.

3. To'lqinni – tebranish holatlariga o'xshatish mumkin.

4. To'lqin deb, tebranishlarning muhitda tarqalishiga aytiladi.

5. To'lqinning ishlatilishi; Ko'pincha cholg'u asboblarning torlarini tebratganimizda ulardan bo'ylama to'lqinlar tarqaladi. Yoki tiniq suvga tosh otganimizda suv sirtida to'lqinlar paydo bo'lganini ko'ramiz.

6. To'lqinning foydali va zararli tomonlari .

Foydali :

-tovushning tarqalishi muloqotga kirishishimizda yordam beradi ya'ni havoda tovush to'lqinlarining tarqalishi - bizning qulog'imiz eshitishini ta'minlaydi.

Zararli :

-zilzila vaqtidagi bo'ylama va ko'ndalang to'lqinlarning ta'sirida ko'plab aziyatlar keltirishi mumkin.

Shunday qilib, innovatsion ta'lim texnologiyalari sharoitida fizika o'qituvchisining metodik tayyorgarligini shakllantirishda an'anaviy va innovatsion ta'lim texnologiyalarga asoslangan mashg'ulotlarni qiyosiy tahlil qilish, o'quvchilarning bilish faoliyatini tashkil etish va boshqarishdagi farqlarni aniqlash, umumlashtirish, xulosa qilish, afzallik va kamchiliklarni aniqlash;

o'qitishda innovatsion ta'lim texnologiyalaridan foydalanishni asoslash; zamonaviy texnologiyalar, interfaol metodlardan foydalanish hamda dars

mashg'ulotlariga joriy etish zaruratini tushunish; innovatsion metodlar hamda ilmiy asoslangan tamoyillar asosida ta'lim jarayonini shakllantirish; loyihalashtirish, o'quv maqsadi va vazifalarni aniqlashtirish, elektron, multimedia tizimlari asosida ta'lim berish; tezkor va interfaol metodlar asosida bilimlarni xaqqoniy, aniq baholash; fizika o'qitish metodikasi fanidan tanlagan mavzu bo'yicha tahliliy yondashuv asosida referat yozish; innovatsion yondashuv asosida mashg'ulot o'tkazish ishlanmasini loyihalash; fizika darslari va o'qitishga innovatsion yondashishda shakl va usullarni qo'llash kerak.

### 3.2 Mexanik va elektromagnit tebranishlarning qiyosiy **xarakteristikasi** mavzuni o'qitish metodikasi

O'rta ta'lim martablari, akademik litseylarida mexanika va elektrodinamikaning asoslari keng o'rganiladi va bu bo'limlar muhim o'rinni egallaydi. Chunki bu bo'limlarga fizika kursining hammasi uchun ajratilgan soatning qariyb 30 % dan ko'proq to'g'ri keladi. Bu, albatta, tabiiydir. Chunki bu bo'limlar o'quvchilarda eksperimental faktlar, qonunlar, nazariyalar, mexanikaviy harakatlar, ish, quvvat va energiya, materiyaning maydon va modda kabi ko'rinishlarining mavjudligini shakllantiradi. Xalq xujaligini elektrlashtirish masalasini yoritadi.

Bu bo'limda o'quv materiallarini mexanik va elektromagnit tebranishlar to'g'risida keng ma'lumotlarni ko'ramiz.

Biz bu bo'limlarning faqat " mexanik va elektromagnit tebranishlarning o'xshashligi" qismiga oid o'quv materiallarigina didaktik talabga rioya qilgan holda tanlashni ko'rib o'tamiz.

Mexanik va elektromagnit tebranishlarni o'xshashligini o'rganish uslubi uchun qo'yidagilarga e'tibor berish kerak:

- Mexanik tebranishlar - bunda erkin va majburiy tebranishlar, matematik mayatnik va uni harakat tenglamasi, garmonik tebranishlar va **aylanma harakat** orasidagi bog'liqlik munosabatiga oid o'tilgan mavzulardan o'quvchilar erishgan bilimiga tayanishga;
- Elektr tebranishlar – bunda erkin, avto va majburiy elektr tebranishlar, tebranish konturi va konturdagi jarayonlarni tavsiflovchi tenglamalarga oid o'tilgan mavzulardan o'quvchilar erishgan bilimiga tayanishga;
- Mexanik va elektromagnit tebranishlarning o'xshashlidan foydalanishga;
- ta'lim tizimi o'quv jarayoniga innavatsion texnologiyalarni joriy etish zaruriyati;
- O'qitish jarayonini samarali tashkil qilishda interfaol metodlardan foydalanishga;

- fizik eksperimentlardan keng va samarali foydalanishga;
- O'quvchilarda ilmiy dunyoqarashni shakllantirish imkoniyatidan foydalanishga;
- bevosita kuzatish imkoniyati bo'lmagan hollarda didaktik (slydlar, plakatlar, fil'mlar) materiallardan unumli foydalanishga.
- O'quvchilarda ilmiy dunyoqarashni shakllantirish imkoniyatidan foydalanishga;

### **Mexanik va elektromagnit tebranishlarni tematik revojlantirish.**

Bo'limlarni o'rganish jarayonida quyidagi didaktik maqsadlarni nazarda tutiladi:

**-umumiy ta'lim maqsadi:** O'quvchilarni eksperimental faktlar, tushinchalar, g'oyalar, qonunlar, nazariyalar va dunyoning zamonaviy ilmiy nazariyasi bilan tanishtirish, ular to'g'risida chuqur va mustahkam bilim berish;

**-tarbiyaviy maqsadi:** O'rganilayotgan hodisa, jarayonlarni (tebranishlarning asosiy qonunlarini, tenglamalarini ilmiy nuqtai nazaridan) tushitira bilish, malakasini hosil qila bilishdan iborat.

**-rivojlanish maqsadi:** Tebranishlarni texnikada, xalq xo'jaligida formulani, qonunlarni, amaliy masalalarni echishga tatbiq etishga, laboratoriya ishlarini bajarishda, mustaqil bilim olish va uni qo'llay bilishning amaliy malakasini shakllantirishga yo'naltirish.

Materiallar mundarijasi va uni o'rganish ketma-ketligi quyidagi taxminiy rejalashtirilgan darslardan iborat:

1. Tebranishlar to'g'risidagi materiallarni takrorlash.
2. Erkin va majburiy mexanik va elektromagnit tebranishlar.
3. Tebranish konturi.
4. Mexanik va elektromagnit tebranishlar o'xshashligi.
5. Matematik mayatnik va tebranish konturidagi jarayonlarni tavsiflovchi tenglamalar.
6. Elektromagnit maydon va uning xarakteristikasi.
7. Mexanik va elektromagnit tebranish mavzularga oid masalalar echish.

Yuqorida ko'rsatilgan reja asosidagi mavzular o'rganilgandan so'ng o'quvchilar quyidagilarni o'zlashtirgan bo'lishlari kerak:

- Mexanik va elektromagnit tebranishlarning fizik ma'nosi. Tebranish parametrlari: amplituda, chastota, davr va faza.
- Erkin tebranishlarning majburiy tebranishlardan farqi.
- Rezanansning sodir bo'lish shartlari.
- Matematik mayatnik va elektr tebranish konturining chastotasini aniqlovchi formula.

O'quvchilar quyidagilarni ongli ravishda tushinishlari shart:

- O'zgaruvchan tok majburiy tebranishning xususiy holi ekanligi.
- O'zgaruvchan elektr va magnit maydonlarning o'zaro bog'lanishda ekanligi.
- Tebranishlarning o'xshashligini faktlar, tajribalar, hodisalardan keng foydalanib, amaliyotga tadbiq qilish.
- Elektromagnit maydonning uyurmali xarakteri,

### **3.3. O'qitish jarayonini samarali tashkil qilishda interfaol metodlarning ahamiyati**

O'qitish metodikasi – bu o'qituvchining maqsadli yo'naltirilgan tizimli (sistemali) bo'lishidir. U o'quvchining pedagogik-psixologik xarakterini o'rganish va amaliy faoliyatini rivojlantirishni tashkillashtiradi. Bu esa ta'lim mazmunini o'zgartirishga yordam beradi.

Ma'lumki, bir fizik tabiatli tebranish va to'lqinlarni o'rganishda ilgari o'tilgan boshqa bir fizik tabiatli tebranish va to'lqinlar bilan taqqoslash uslubiyat jihatidan ancha samarali bo'ladi. Elektromagnit hodisani chuqur tahlil qilgan ingliz fizigi J.Maksvell o'zining tadqiqot usuli sifatida fizik o'xshashlikni tanlangan. Jumladan, u fizik o'xshashlikda –“*men fanning qandaydir ikki sohasidagi qonunlarning o'zaro xususiy o'xshashligini va biri ikkinchisi uchun aks tasvirdan iboratligini tushunaman*” – deb hisoblagan. Shu maqsadda ushbu maqolada tebranish konturida elektr tebranishlar qanday paydo bo'lishi va ularni aniq tassavur qilish uchun prujinaga bog'langan sharchaning tebranishlari bilan

qiyoslaymiz uchun darsning quyidagi umumiy didaktik maqsadiga e'tabor qaratamiz:

**Ta'limning maqsadi** – *elektromagnit tebranishlarni energitek nuqtai nazaridan mexanik tebranishlarning o'xshashligidan foydalanib tushuntirish.*

**Tarbiyaviy maqsadi** – *energiyaning saqlanish va aylanish qonuni hamda elektromagnit maydon materiyaning ayrim ko'rinishi ekanligi, dunyoning moddiylik to'g'risida tassavurlarni kengaytirish bilan o'quvchilarning ilmiy dunyo qarashlarini shakllantirish.*

**Rivojlantirish maqsadi** – *bu mavzu amaliy yo'nalishga ham ega bo'lganligi uchun o'quvchilarga faqat nazariy bilim beribgina qolmasdan, ularning amaliy malakalarini oshirishga yo'naltirish.*

**Darsning tipi** – *kombinatsion (aralash) dars.*

**Ta'limning usuli va yo'li** – *demonstratsion tajribalar, hodisalarni taqqoslash, interfaol metoddan foydalanish.*

**Darsni jihozlash** – *tebranish konturi mavzusiga oid jihozlar, prujinaga osilgan jism, shtativ, mavzuga oid slaydlar va videoproyektor, ekran.*

**Uslubiy tavsiyalar** – *elektromagnit tebranishlar mavzusidagi elektr hodisalarni o'rganish ancha murakkab. Bu mumurakkablikni bartaraf etishda zaruriyatga qarab mexanik tebranishlarning o'xshashligini qo'llash mumkin.*

Darhaqiqat, erkin mexanik tebranishlar, masalan, prujinaga bog'langan sharchaning tebranishlari bilan tebranishlar konturidagi elektr tebranishlar o'rtasida o'xshashlik mavjud. Bu o'xshashlik davriy ravishda o'zgaruvchan kattaliklarning o'zlarini tabiatga bog'liq emas, balki kattaiklarning davriy o'zgarish jarayoniga taaluqlidir. Shuning uchun bu o'xshashlikning chegarasini oqilona, to'g'ri aniqlab qo'llash esa hodisani tasavvurlashni shakllantirishga yordam beradi. Natijada o'quvchilar mexanik tebranishlar o'xshashligini elektr tebranishlarning real jarayoni kabi juda tez qabul qiladilar. Shuning uchun bu yerda gap faqat jarayonlarning o'xshashligi to'g'risida borayapti, ammo ularning aynan emasligini tajribada ko'rsatish zarur. Aks holda o'quvchilar

mexanik va elektromagnit tebranishlarni aynan bir xil deb xato tasavvurga ega bo'lishlariga yo'l qo'yilishi mumkin.

**Tayanch bilim va malakani oshirish** – muvozanatlik holatidan tortib, quyib yuborsak, yani siljitsak  $x = A$ ,  $x = -A$  bo'lsa, uning potensial energiyasi

$$E_k = \frac{kx_0^2}{2} = \frac{kA^2}{2} = 0 \quad \text{ko'rinishida maksimal bo'ladi. Bu holda yukning}$$

kinetic energiyasi esa  $E_k = \frac{mv^2}{2} = 0$  bo'ladi. Chunki tebranishlar to'xtaydi,

ya'ni tezlik nol bo'ladi. Yuk muvozanat vaziyatidan ( $y = 0$ ) o'tganda  $E_k = \frac{kx_0^2}{2}$

$= \frac{kA^2}{2} = 0$  ga teng bo'ladi. Kinetik energiya esa eng katta qiymatiga erishadi.

Demak, prujinaga bog'langan sharning to'la energiyasi  $E_T = E_k + E_p$  dan iborat bo'ldi.

Xuddi shuningdek, bizga ma'lumki, tebranishlar konturini  $q$  zaryadli, sig'imi  $C$  bo'lgan kondensatorni induktivligi  $L$  bo'lgan g'altakka ulasak, u holda elektr toki hosil bo'ladi va g'altakda magnit maydoni vujudga keladi. Energiyaning saqlanish qonuniga ko'ra kondensatorda elektr energiyasi

$$W_{\text{эл}} = \frac{qU}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C} \text{ kamayib boradi. Shuning hisobiga g'altakdagi magnit}$$

maydon energiyasi  $W_{\text{маг}} = \frac{LI^2}{2}$  shunchalik ortib boradi.

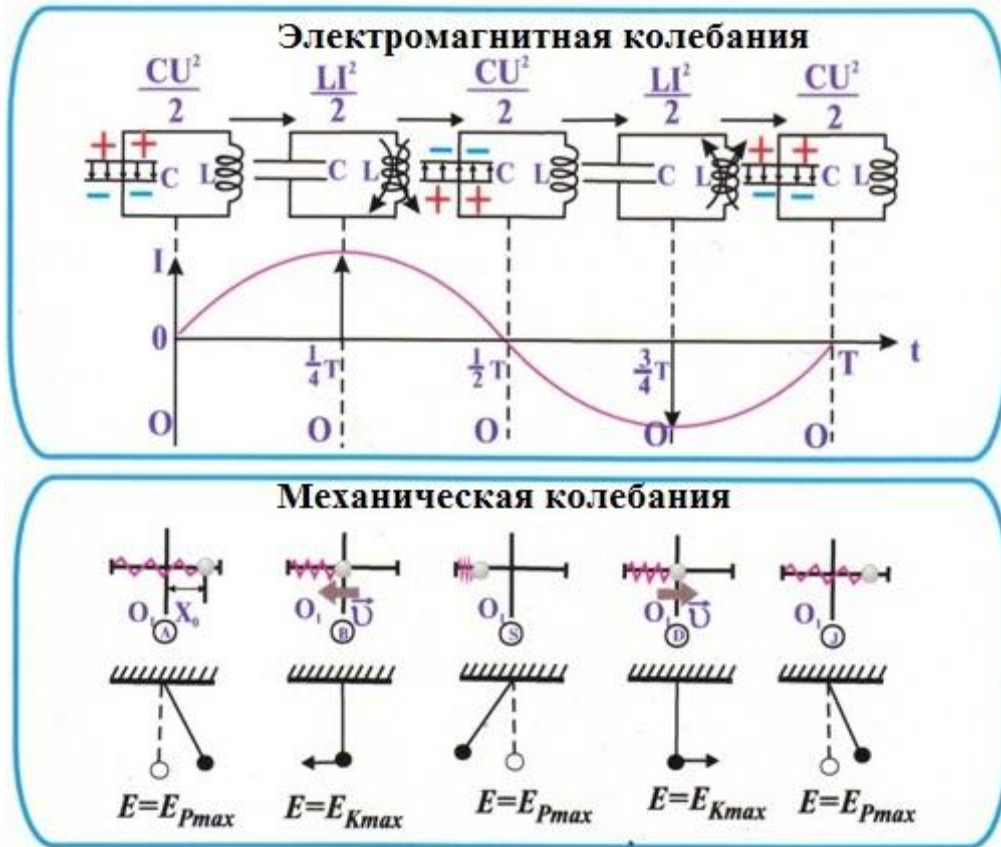
Mexanik tebranishlarda jismning koordinatasi  $x$  va uning tezligining proyeksiyasi  $v_x$  davriy ravishda o'zgaradi. Elektromagnit tebranishlarda esa davriy ravishda kondensatorning  $q$  zaryadi va zanjirdagi  $i$  tok kuchi o'zgaradi. Demak, mexanik va elektromagnit tebranishlardagi o'xshashlik kattaliklarning davriy o'zgarishlari jarayonida ekan.

Agar energiyalarga tegishli formulalarni taqqoslasak :

$$E_k = \frac{mv^2}{2} \quad (1) \quad W_{\text{маг}} = \frac{LI^2}{2} \quad (2)$$

(1), (2) formulalardan ko'rinadiki, mexanik tebranishlarda jism massasi  $m$  qanday rol o'ynasa, elektromagnit tebranishlarda induktivlik  $L$  ham shunday rol o'ynaydi. Xuddi shuningdek, formulalardagi tok kuchi  $I$  ning o'xshashligi jismning tezligi  $v$  kabi bo'ladi .





Yuqorida aytilganlarni yakunlash maqsadida kattaliklarning o`xshashliklarini umumlashtirish uchun quyidagi jadvaldan foydalanamiz.

jadval 1

Mexanik tebranishlarni tavsiflovchi kattaliklar	Elektromagnit tebranishlarni tavsiflovchi kattaliklar
Kordinata, $x$	Zaryad, $q$
Tezlik, $v_x$	Tok kuchi, $i$
Tezlanish, $a_x = dv_x/dt$	Tok kuchi tezligining o'zgarishi, $di/dt$
Massa, $m$	Induktivlik, $L$
Prujining bikrligi, $k$	Sig'im kattaligi, $1/C$
Potensial energiya, $kx^2/2$	Elektr maydon energiyasi, $q^2/2C$

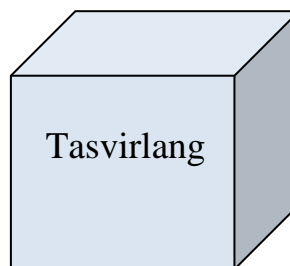
Kinetik energiya, $m\dot{\theta}_x^2/2$	Magnit maydon energiyasi, $Li^2/2$
---	------------------------------------

jadval 2

Tortishish maydonida tebranishlar	Elastik tebranishlar	Elektromagnit tebranishlar
$x = x_m \sin \omega_0 t$ $v = v_m \cos \omega_0 t$ $\omega_0 = \sqrt{g/l}$ $T = 2\pi\sqrt{l/g}$	$x = x_m \sin \omega_0 t$ $v = v_m \cos \omega_0 t$ $\omega_0 = \sqrt{k/m}$ $T = 2\pi\sqrt{m/k}$	$q = q_m \sin \omega_0 t$ $i = I_m \cos \omega_0 t$ $\omega_0 = \sqrt{LC}$ $T = 2\pi\sqrt{LC}$

O'tilgan mavzuni o'zlashtirishda yaxshi natija berishi uchun darsni mustahkamlashda kubik interfaol metoddan foydalanamiz. Chunki mavzu o'tilgandan so'ng o'quvchilarda biror tushuncha shakllanadi. Bu shakllangan tushunchalarni quyidagicha yozish taklif etiladi.

1. Tasvirlang
2. Taqqoslang
3. O'xshating
4. Tahlil qiling
5. Ishlating
6. Foydali va zararli tomomlari



Bu interfaol metodni qo'llasak o'quvchilar mavzuni taxminan quyidagicha izohlaydilar.

1. **Tasvirlang** - mexanik va elektr tebranishlarning o'xshashlik chegarasini oqilona to'g'ri aniqlab, qo'llash hodisasini tasvirlashni shakllantirishga yordam beradi. Bularsiz bu mavzuga oid qator hodisalarni tushunish va qonuniyatlarini tasvirlash o'quvchilar uchun qiyin bo'ladi.

2. **Taqqoslang** – mexanik tebranishlarda jism massasi  $m$  qanday rol o`ynasa elektromagnit tebranishlardagi induktivlik  $L$  ham, xuddi shuningdek, mexanik tebranishlarda jismning tezligi  $v$  qanday rol o`ynasa elektromagnit tebranishlardagi tok kuchi  $I$  ham shunday rol o`ynaydi, deb taqqoslash.
3. **O`xshating** – mexanik tebranishlarda jismning koordinatasi  $x$  va uning tezligining proyeksiyasi  $v_x$  ning davriy ravishda o`zgarishini elektromagnit tebranishlardagi kondensatorning  $q$  zaryadi va zanjirdagi  $i$  tok kuchining davriy ravishda o`zgarishiga o`xshatish.
4. **Tahlil qiling** – Bir fizik tabiatli hodisa (Elektromagnit tebranish) ni o`rganishda ilgari o`rganilgan boshqa bir fizik tabiatli tebranish (mexanik tebranish) bilan taqqoslash o`rganish uslubiyati samarali bo`ladi.
5. **Ishlating** – Tebranish texnik jarayonlaridan foydalanish sohasi xilma-xildir. Masalan, materiallarni mayda jismlarga ajratish, aralashtirish, muhitning zichligini oshirish, yumshatish, jipslashtirib mustahkamlash, yaxlit jism holiga keltirish va hokozo.
6. **Foydali va zararli tomomlari:**
  - a) **foydali tomonlari** – yaratilgan tebranish texnikalarini xalq xujaligining barcha tarmoqlariga joriy etilishi imkoniyatlarini cheksizligi va uni amalda oqilona foydalanilishi;
  - b) **zararli tomonlari** – tashqi kuchlar (zilzila, rezonans hodisasi) ning ta`sir etishi va bu ta`sirda jismni bir qismi yoki butun konstruksiyasini larzaga kelishi (ko`briklar, inshoatlar).

Shunday qilib, energiyaning saqlanish va aylanish qonuni nuqtai nazaridan kombinasion (aralash) dars yordamida elektromagnit tebranishlarni o`rganishda ilgari o`tilgan mexanik tebranishlar bilan o`xshashligini taqqoslab, o`quvchilarni ilmiy dunyoqarashlari yanada kengroq shakillantirildi.

## X U L O S A

Bajarilgan ish yuzasidan xulosa qilib shuni ta`kidlaymiz:

- I bobda mexanik tebranishlar - bunda erkin va majburiy tebranishlar, matematik mayatnik va uni harakat tenglamasi hamda

garmonik tebranishlar va **aylanma harakat** orasidagi bog`liqlik munosabati haqida nazariy tushinchalar keltirildi.

- II bobda esa elektr tebranishlarni erkin va majburiy elektr tebranishlar hamda tebranish konturi va konturdagi jarayonlarni tavsiflovchi tenglama yordamida nazariy tushintirildi.

- Dissertatsiyaning III bobida mexanika va elektr tebranishlarning qiyosiy xarakteristikasini tushintirishda innovatsion texnologiyalarni joriy etish bilan mavzuni o`qitish jarayonini samarali tashkil qilishda interfaol metod - o`tilgan mavzuni o`zlashtirishda yaxshi natija berishi uchun darsni mustahkamlashda **kubik interfaol metod**dan foydalandik. Chunki mavzu o`tilgandan so`ng o`quvchilarda biror tushuncha shakllanadi. Masalan, *6-sinf o`quvchilari uchun* kuch, bosim, issiqlik hodisalari, energiya mavzulari, *7 sinf o`quvchilari uchun* jism massasi, elektr qarshilik, atom tuzilishi haqida tushuncha, to`lqin kabi mavzular o`tilgandan so`ng *kubik usuli* ni qo`llab, o`quvchilarning bilimlari sinab ko`rildi. Shungdek, dissertatsiyada tebranish konturida elektr tebranishlar qanday paydo bo`lishi va ularni aniq tassavur qilish uchun prujinaga bog`langan sharchaning tebranishlari bilan qiyoslash uchun darsning umumiy didaktik maqsadi bayon etilgan.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Valiev X.A. Maktabda elektromagnit tebranishlar va to`lqinlarni o`rganish.  
T.1994. 20-25 betlar.

2. Izbosarov A.M., Kamolov I.R. Mexanika. T.2009. 230-239 betlar.
3. Стрелков С. П.. Механика. Т. 1977. 430 – 437 betlar.
4. Izbosarov A.M., Kamolov I.R. Elektromagnitizm. T.2006. 266-286 betlar.
5. Karimov A.M., Toshpulatova Sh.O. Fizikani o'qitishda innovatsion texnologoyalardan foydalanish. T.2017. 98 -101 betlar.