

Samarqand davlat universiteti

Mexanika-matematika fakulteti

Malakaviy bitiruv ishi

Abdullayeva Dilnoza

**Mavzu : TEBRANISHLAR NAZARIYASI FANINI
O'QITISHDA VENN DIAGRAMMASINI QO'LLASH**

Ilmiy rahbar: X.Buranov

TEBRANISHLAR NAZARIYASI FANINI O'QITISHDA VENN DIAGRAMMASINI QO'LLASH

KIRISH.....	3
--------------------	----------

I BOB. OLIY TA'LIMDA PEDAGOGIK TEXNOLOGIYALAR TUSHUNCHASI

1-§ PEDAGOGIK TEXNOLOGIYALAR HAQIDA QISQACHA MA'LUMOTLAR	5
2-§ ERKINLIK DARAJASI BIRGA TENG MEXANIK SISTEMALARNING KICHIK TEBRANISHLARI	9

II BOB. ERKIN VA MAJBURIY TEBRANISHLAR MAVZUSI BO'YICHA PEDAGOGIK TEXNOLOGIYALAR

3-§ ERKIN TEBRANISHLARDA YANGI PEDAGOGIK TEXNOLOGIYALARNI QO'LLASH	18
4-§ MAJBURIY TEBRANISHLARDA GRAFIK ORGANAYZERLARNI QO'LLASH	21
XULOSA	31
ADABIYOTLAR RO'YXATI	32

KIRISH

Innovatsion pedagogika – pedagogik texnologiyalarni muntazam takomillashtirish jarayoni, pedagogik ta'lim mazmunini boyitish, mazkur maqsadga pedagogik metodlar, vositalar va uslublarni maksimal darajada ta'lim jarayonida qo'llashdir. Innovatsion pedagogika – ta'lim tizimida har qanday ijobiy natijalilikka olib keluvchi yangi tizimlar va yo'nalishlar bo'lib, ularni sifatli va oxirgi mahsulotni ishlab chiqarishga safarbar etishdir.

Masalaning qo'yilishi. Ushbu malakaviy bitiruv ishida oliy ta'lim muassasalarida tebranishlar nazariyasi fani mavzularini o'tish davomida talabalarning o'tilgan mavzularni yaxshi tushunishlariga yordam beruvchi texnologiyalar, grafik organayzerlarni qo'llash mavzusi qo'yilgan. Bitiruv ishida erkinlik darajasi bitta bo'lgan mexanik sistemalarning erkin va majburiy tebranma harakatlarini o'rganish davomida tahliliy jadval va Venn diagrammasi kabi grafik organayzerlardan foydalanish masalasi qo'yilgan. Mavzu davomida bir nechta grafik organayzerlar qo'llangan.

Mavzuning dolzarbligi. Oliy ta'lim shakllarini jadallashtirish vazifasini ko'zlagan o'qitish va bilimlarni o'zlashtirishning barcha jarayonlarini texnika va inson omillarida va ularning birgalikdagi harakatlari vositasida yaratish, tatbiq etish va belgilashning izchil metodlarini ishlab chiqarish zamonaviy oliy ta'limning dolzarb masalalaridan biridir. O'tilgan mavzularni faqat yozuv va formulalar shaklida berilishidan tashqari ularni tahlil qilish, tushunib yetish uchun qo'llaniladigan, o'quv jarayonida qo'yilgan maqsadga erishishda yordam beruvchi turli sxemalar, chizma, jadval, grafiklarni qo'llash ta'lim sifatini oshirish imkonini yaratadi. Ta'lim sifatini oshirish kadrlar tayyorlash milliy dasturi nazarda tutgan bosh vazifalardan biri. Unga asosan oliy ta'limning rivojlanishi ta'limda dars berayotgan o'qituvchi, tarbiyachi, ishlab chiqarish ustalarining ma'naviy qiyofasi hamda kasbiy mahoratlariga ham bog'liqdir.

Ishning maqsad va vazifalari. Malakaviy bitiruv ishi tebranishlar nazariyasi fanini yangi pedagogik texnologiyalarni qo'llagan holda grafik organayzerlardan foydalanib, ma'ruzalarni mazmunli va talabalar uchun dars maqsadiga erishadigan qilib o'tish masalasi qaralgan. Bunda moddiy nuqtaning erkin va majburiy tebranishlari mavzusi bo'yicha bir nechta grafik organayzerlar taklif etilgan.

Pedagogik kadrlarning kasbi, uning mashaqqatlari, shuningdek, o'qituvchi shaxsida aks etishi zarur bo'lgan sifatlar xususidagi qarashlarni yoritish orqali o'zlarini yuksak kasb egasi ekanliklarini singdirish, faqat yuksak ma'naviyatli, ma'rifatli shaxs ta'lim-tarbiya samaradorligi va inson kamolotini ta'minlovchi fikrga ega bo'lgan shaxslargina oliy ta'lim sohasida faoliyat olib borishi kerakligini yana bir marta izohlash bitiruv ishining asosiy vazifalaridan biri. Yosh professor-o'qituvchilar uchun tebranma harakat mavzusi orqali darsni mazmunli tashkil etish to'g'risida ba'zi ko'rgazmali jadval va diagrammalar taklifi kiritilgan.

Ilmiy-tadqiqot metodlari. Malakaviy bitiruv ishida oliy ta'lim sohasida yangi pedagogik texnologiyalar, grafik organayzerlardan foydalangan holda ma'ruza darslarini tashkil etish ko'rsatilgan. Grafik organayzerlardan tahliliy jadval va Venn diagrammalari qo'llanilgan.

Ishning ilmiy va amaliy ahamiyati. Malakaviy bitiruv ishida olingan natijalar o'z ichida fizik mayatniklarni saqlaydigan qurilmalar qo'llaniladigan texnikaning har bir sohasida mehnat qilayotgan injener-texniklar, matematika, mexanika, amaliy matematika, fizika mutaxassisliklari talabalari uchun foydali bo'ladi.

Ishning tuzilishi. Bitiruv malakaviy ishi kirish, to'rtta paragraf, xulosa va foydalanilgan adabiyotlar ro'yxatidan iborat bo'lib, kirish qismida ishning ishning dolzarbligi, tuzilishi, ahamiyati haqida qisqacha ma'lumotlar keltirilgan. Birinchi paragrafda pedagogik texnologiyalar haqida qisqacha ma'lumotlar berilgan. Turli pedagog-olimlarning ta'riflari bilan bir qatorda YuNESKO tomonidan berilgan va

butun dunyo pedagoglari qabul qilgan ta'rif keltirilgan. Bundan tashqari oliy ta'limda dars berayotgan professor-o'qituvchiga qo'yiladigan eng muhim talablar sanab o'tilgan.

Ikkinchi paragrafda erkinlik darajasi birga teng mexanik sistemalarning kichik tebranishlari mavzusi yoritilgan va uchinchi paragrafda muhit qarshiligi mavjud bo'lgan va bo'lmagan hollardagi tebranishlar uchun qiyosiy-tahliliy jadval va talabalarga bu ikki turdagi tebranishlarni yaxshiroq eslab qolishga yordam beruvchi Venn diagrammasi tuzilgan. Bitiruv ishining to'rtinchi paragrafida moddiy nuqta majburiy tebranma harakatlari mavzusi yoritilgan. Bunda tebranma harakat differensial tenglamalari integrallanib, moddiy nuqtaning majburiy tebranma harakatlari uchta turdagi tebranma harakatlar yig'indisidan iborat ekanligi ko'rsatilgan. Bu uchta turdagi tebranishlar uchun qiyosiy tahliliy jadval va Venn diagrammasi tuzib ko'rsatilgan.

Olingan natijalarning qisqacha mazmuni. Malakaviy bitiruv ishida tebranishlar nazariyasi fani bo'yicha ma'ruza darslarida yangi pedagogik texnologiyalar, grafik organayzerlardan foydalangan holda ma'ruza darslarini tashkil etish dars samarasini oshirish mumkinligi to'g'risida fikr yuritilgan. Erkinlik darajasi birga teng mexanik sistemalar erkin va majburiy tebranishlari mavzusi uchun tahliliy jadval va Venn diagrammalari qo'llanilgan. Bu grafik organayzerlar ikki turdagi tebranma harakatlar tahlili va tebranma harakatlarda qatnashuvchi tebranma harakatlar tuzuvchilari uchun qurib ko'rsatilgan.

**Talaba bu bilimlar bilan to'ldirilishi lozim
bo'lgan idish emas, yondirilishi
lozim bo'lgan mash'al.**

I BOB. OLIY TA'LIMDA PEDAGOGIK TEXNOLOGIYALAR TUSHUNCHASI

1-§. Pedagogik texnologiyalar haqida qisqacha ma'lumotlar

Oliy ta'limdagi o'qitish jarayoni samaradorligini oshirishda pedagogik texnologiyalarning o'rni muhim sanaladi.

Pedagogikaga oid adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, hozirgi davrda pedagogik texnologiya tushunchasi ta'lim amaliyoti va nazariyasi ilmdan mustahkam o'rin egalladi, lekin uni pedagogikaning mukammal lug'atlaridagi o'rni hali noma'lumligicha bo'lmay qolmoqda.

Texnologiya tushunchasi 60-yillardagi Amerika va G'arbiy Yevropada ta'limni isloh qilinishi bilan bog'liq ravishda kirib keldi. B.Blui, J. Koroll, P.Ya.Galperin, V.I.Davidov, N.A.Menchinskaya, Z.I.Kalmikova, L.I. Zankov texnologiyalari mashhur. O'qitishni tashkil qilishning texnologik yondashuvlari V.P.Bespalko, N.F.Talizina, L.M.Fridman, Yu.N.Kulyutkina, G.S.Suxobskoy, T.V.Kudryavsev, A.M. Matyushkin, M.I.Maxmutov kabi aksariyat psixolog va didaktik olimlarga taalluqlidir.

Pedagogik texnologiya tushunchasining shakllanishi va rivojlanishi tarixida turli qarashlar mavjud bo'lgan: u texnik vositalar haqidagi ta'limot deb hamda o'qitish jarayonini loyihalashtirilgan holda izchil va muntazam tashkil etish deb talqin qilingan. Hozir pedagogik texnologiyalarning bir qancha ta'riflari mavjud.

Pedagogik texnologiya mohiyatini yoritish uchun pedagog-didaktikachilar tomonidan berilgan ta'riflarga to'xtalamiz.

«Pedagogik texnologiya – psixologik va pedagogik o'gitlar yig'indisi bo'lib, shakllar, metodlar, usullar, o'qitish yo'llari, tarbiyaviy vositalarning maxsus to'plamidir. Ayni zamonda u pedagogik jarayonning tashkiliy-metodik omilini ham bildiradi» (B.Lixachev).

«Pedagogik texnologiya – o'quv jarayonini amalga oshirishning mazmuniy texnikasi» (V.P. Bespalko).

«Pedagogik texnologiya – rejalashtirilgan o'qitish natijalariga erishish jarayoni tavsifi» (I.P. Volkov).

«Texnologiya – ishlov berish, holatni o'zgartirish san'ati, mahorati, malakasi va metodlar yig'indisi» (V.M. Shepel).

«Pedagogik texnologiya – talaba va o'qituvchining ularga zarur sharoit yaratish orqali o'quv jarayonini loyihalashtirish, tashkil etish hamda o'tkazish bo'yicha ular pedagogik faoliyatining har tomonlama o'ylangan modelidir.»(V.M.Manaxov).

«Pedagogik texnologiya – bu ta'lim shakllarini jadallashtirish vazifasini ko'zlagan o'qitish va bilimlarni o'zlashtirishning barcha jarayonlarini texnika va inson omillarida va ularning birgalikdagi harakatlari vositasida yaratish, tatbiq etish va belgilashning izchil metodidir» (YuNESKO).

«Pedagogik texnologiya – pedagogik maqsadlarga erishishda foydalaniladigan shaxsiy imkoniyatlar, jihozlar va metodologik vositalarda amalda bo'lishning tizimli yig'indisi va tartibini bildiradi»(M.V.Klarin).

«Pedagogik texnologiya – o'zida turli mualliflar (manbalar)ning barcha ta'riflari mazmunini qamrab olgan mazmuniy umumlashma hisoblanadi». (G.K. Selevko).

Bu ta'riflar tahlilidan pedagogik texnologiya natijani qo'lga kiritish uchun ta'lim doirasida zarur bo'lgan vositalar tizimini rejalashtirish va tatbiq etish degan xulosaga kelish mumkin.

O'z davrlarida Abu Nasr Forobiy, Abu Rayhon Beruniy, Abu Ali ibn Sino, Alisher Navoiy, Yan Amos Komenskiy, Lev Tolstoy, Hamza Hakimzoda Niyoziy, Abdulla Avloniy va boshqalar o'z asarlarida o'qituvchilik kasbi, uning mashaqqatlari, shuningdek, o'qituvchi shaxsida aks etishi zarur bo'lgan sifatlar xususidagi qarashlarni yoritish orqali o'zlari ham pedagogik madaniyatga ega ekanliklarini namoyon etganlar. Binobarin, pedagogik jarayonning mohiyatini anglamagan, bolaga nisbatan chuqur hurmatda bo'lmagan shaxs ta'lim-tarbiya

samaradorligi va inson kamolotini ta'minlovchi fikrga ega bo'lmaydi. Ularning pedagogik madaniyatlari negizini bolani tushuna olish, unga insbatan insonparvar munosabatda bo'lish, vaziyatni to'g'ri baholash, yuzaga kelish ehtimoli bo'lgan ziddiyatlarni o'z vaqtida bartaraf etish, pedagogik faoliyatning haqligi, jamiyat taraqqiyoti hamda pedagogik jarayonda talabalar ongiga singdirilayotgan ezgu g'oyalarning hayot mavjudligini ta'minlashda qudratli omil (vosita) ekanligiga ishonch kabilar tashkil etadi.

O'qituvchi – pedagogik va psixologik jihatdan o'z ixtisosligi yo'nalishlari bo'yicha maxsus ma'lumot, kasbiy tayyorgarlik, yuksak axloqiy fazilatlariga ega hamda ta'lim muassasalarida faoliyat ko'rsatuvchi shaxs sanaladi.

Oliy ta'lim muassasalarida faoliyat ko'rsatayotgan o'qituvchi o'qitish shakllarining optimal darajada tashkil etishni, barkamol shaxsni shakllantirish nazariyasini turli yangi g'oyalar bilan boyitishni puxta bilishi lozim. Zero, «Kadrlar tayyorlash milliy dasturi» g'oyalarini amaliyotga tatbiq etish Respublika ta'lim tizimida olib borilayotgan islohotlar muvaffaqiyatini ta'minlash, ta'lim muassasalarida faoliyat olib borayotgan o'qituvchi, tarbiyachi, ishlab chiqarish ustalarining ma'naviy qiyofasi hamda kasbiy mahoratlariga ham bog'liqdir.

Shaxsni tarbiyalash ishi nihoyatda murakkab jarayon bo'lib, juda qadimdan ushbu faoliyatga jamiyatning yetuk kishilari jalb etilgan. Mazkur holat yosh avlod tarbiyasi, uning tashkil etilishi mazmuni nafaqat shaxs kamoloti, balki jamiyat taraqqiyotini ham belgilashda muhim ahamiyatga ega ekanligini anglatadi. Ushbu tajribalar o'qitish shakllarida foydalaniladigan o'qitish qonuniyatlari, prinsiplarini ijodiy qo'llashda, ilmiy bilishga doir g'oyalar, nazariyalar, qonuniyatlarni amaliyotga tatbiq etishda muhim ahamiyat kasb etadi.

2-§ ERKINLIK DARAJASI BIRGA TENG MEXANIK SISTEMALARNING KICHIK TEBRANISHLARI

Erkinlik darajasi birga teng mexanik sistema deb, holati bitta umumlashgan koordinata bilan bir qiymatli, harakati esa sistemaga qo'yilgan kuchlar ta'sirida vaqt o'tishi bilan aniqlanadigan sistemaga aytiladi. Bunday sistemaga misol qilib o'zining O o'qiga perpendikulyar tekislikda tebranayotgan soat mayatnigini keltirish mumkin. Bu mayatnikning holati vertikal Oy tekislik O o'q va tosh og'irlik markazi S nuqtadan o'tuvchi tekislik orasidagi burchak θ umumlashgan koordinata bilan aniqlanadi.

Erkinlik darajasi birga teng sistemaning eng sodda tebranma harakati q umumlashgan koordinata vaqt o'tishi bilan sinus (yoki kosinus) qonuniga muvofiq o'zgaradigan harakat hisoblanadi.

$$q(t) = A \sin(\omega t + \alpha) \quad (2.1)$$

A koeffitsiyent – q koordinataning sistema maksimal chetlashishiga mos keladigan qiymati *tebranishlar amplitudasi* deyiladi. Sinusning argumenti $\omega t + \alpha$ kattalik tebranishlar fazasi; α - boshlang'ich faza; ω – xususiy *doiraviy chastota* deyiladi.

τ (sekund) deb sistemaning biror q , $\dot{q}$ holatidan chiqib, yana o'zining o'sha holatiga aynan q , $\dot{q}$ qiymatlar bilan bir marta to'liq tebranib qaytib kelish vaqtini belgilaymiz. Bu vaqtga tebranishlar davri deyiladi; ω chastota bilan

$$\omega = \frac{2\pi}{\tau} \quad (2.2)$$

munosabat bilan bog'langan. Bu tenglikdan ω chastota bu sistemaning τ sek davomidagi tebranishlar soniga tengligi kelib chiqadi. Ko'rinib turibdiki,

$$\begin{cases} q(t + \tau) = q(t) \\ \dot{q}(t + \tau) = \dot{q}(t) \end{cases} \quad (2.3)$$

Oxirgi tengliklar sistema harakati davriyligining zaruriy va yetarli shartlari hisoblanadi. Sistema «holati koordinatalari» - q , $\dot{q}$ uchun sanoq boshi sifatida q , $\dot{q}$ koordinatalar nolga teng deb olamiz. U holda sistema q , $\dot{q}$ koordinatalarining noldan farqli qiymatlari sistemaning muvozanat holatidan

chetlashishini bildiradi. Muvozanat holatidan chetlashtirilib, erkin qo'yib yuborilgan sistema toyilgan harakatni amalga oshiradi. $q, \dot{q}$ koordinatalar nolga teng muvozanat holati ixtiyoriy ε son uchun shunday δ son topilib, harakat boshlanganda

$$|q_0| \leq \delta, \quad |\dot{q}_0| \leq \delta, \quad (2.4)$$

bo'lib, harakat davomida $q, \dot{q}$ lar absolyut qiymati bo'yicha ε dan oshib ketmasa, ustivor muvozanat holati deyiladi. Bu quyidagini anglatadi: boshlang'ich holatda kichik chetlashish olgan sistema, muvozanat holati atrofida kichik tebranishlar sodir etib, so'nuvchi tebranishlarni amalga oshiradi. $q, \dot{q}$ koordinatalarning hech qaysisi absolyut qiymati jixatidan ε dan oshib ketmaydi; sistemaning bunday tebranishlari muvozanat holati atrofidagi kichik tebranishlar deyiladi. Ustivor muvozanat holati atrofidagi kichik tebranishlarni tadqiq etishda ko'pgina hollarda koordinata va tezlik qatnashgan ifodalarda bu kattaliklarning faqat kichik tartiblilarini saqlab qolib, boshqa hadlarini yuqori tartibdi cheksiz kichik miqdorlar sifatida tashlab yuborish mumkin. Bunday ishni amalga oshirish kichik tebranishlar masalasini o'zgarmas koeffitsiyentli chiziqli differensial tenglamaga olib keladi. Bu ish sistema harakat tenglamalarini «chiziqlilashtirish» deyiladi. Chiziqli differensial tenglamalar bilan aniqlanadigan tebranishlar chiziqli tebranishlar deyiladi. Tenglamalarni chiziqlashtirish ba'zan qaralayotgan sistemalarda biroz o'zgartirishlar kiritib yuborishi mumkin, bu esa chiziqlashtirishlarning qo'llanilish sohasi ma'lum darajada chegaralanganligini bildiradi. Yuqorida aytilgan muloxazalardan kelib chiqqan holda statsionar bog'lanishlardagi konservativ sistemaning ustivor muvozanat holati atrofidagi kichik tebranishlarining kinetik va potensial energiyalari uchun ifodalarni tuzamiz. Bunday sistema uchun bog'lanishlar tenglamalari

$$x_i = x_i, \quad y_i = y_i, \quad z_i = z_i$$

ko'rinishida bo'ladi. Kinetik energiya uchun ifoda

$$T = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N m_i (\dot{x}_i^2 + \dot{y}_i^2 + \dot{z}_i^2)$$

ga

$$\dot{x}_i = \frac{\partial x_i}{\partial q} \dot{q}, \quad \dot{y}_i = \frac{\partial y_i}{\partial q} \dot{q}, \quad \dot{z}_i = \frac{\partial z_i}{\partial q} \dot{q},$$

hosilalarni qo'yib, quyidagi ifodani olamiz:

$$T = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N m_i \left(\left(\frac{\partial x_i}{\partial q} \right)^2 + \left(\frac{\partial y_i}{\partial q} \right)^2 + \left(\frac{\partial z_i}{\partial q} \right)^2 \right) \dot{q}^2 = \frac{1}{2} A \dot{q}^2.$$

$A(q)$ koeffitsiyentning q ning darajalari bo'yicha yoyilmasida faqat birinchi hadi bilan chegaralanib, ya'ni

$$A(q) \approx A = a$$

deb olib, chiziqlashtirilgan sistema uchun kinetik energiya ifodasini olamiz:

$$T = \frac{1}{2} a \dot{q}^2 \quad (2.5)$$

bunda a – musbat son, chunki kinetik energiya manfiy qiymatlar qabul qila olmaydi. Odatda a son jism massasi yoki inersiya momenti deb olinadi.

Faqat statsionar bog'lanishlar bo'lgan holda potensial energiya P faqat q koordinatalarning funksiyasi bo'ladi. $P = P(q)$ va musbat ham, manfiy ham qiymatlar qabul qilishi mumkin. Potensial energiyaning sanoq boshi sifatida $q=0$ muvozanat holati olingan bo'lsa, u holda potensial $P(0)=0$ bo'ladi. Bu muvozanat holatida birinchi tartibli hosila $P'(0) = 0$ ham 0 ga teng. Shuning uchun $P = P(q)$ ning $q=0$ muvozanat holati atrofidagi yoyilmasi q ning kamida ikkinchi darajasidan boshlanadi.

$$P(q) \approx \frac{1}{2} c q^2 + \dots,$$

bunda $c = \left[\frac{d^2 P}{dq^2} \right]_{q=0}$. Kichik tebranishlar uchun

$$P = \frac{1}{2} c q^2. \quad (2.6)$$

Bundan keyingi qaraydigan sistemalarimizda $c > 0$, shuning uchun potensial energiyaning nol qiymati q ning $|q|$ biror sondan oshmaydigan qiymatlari uchun minimal qiymati bo'lib hisoblanadi. Muvozanat holatida sistema kinetik energiyasi

0 ga teng. Shunday qilib, potensial va kinetik energiyalarning muvozanat holatida 0 ga tengligi sistemaning to'liq energiyasi 0 ga tengligini keltirib chiqaradi va aksincha.

Agar sistema tebranishlari faqat sistema o'zining holati bilan aniqlansa (ya'ni q ga bog'liq bo'lgan tiklovchi kuch va $\dot{q}$ ga proporsional qarshilik kuchi bilan), sistemaning bunday tebranishlariga erkin tebranishlar deyiladi. Ba'zan ular chiziqli ossillyator deyiladi.

Agar qarshilikni e'tiborga olmasak, chiziqli ossillyator tebranishlari tenglamasi

$$a\ddot{q} = -cq. \quad (2.7)$$

bo'ladi. $\frac{c}{a} = k^2$ belgilash olib,

$$q = B\cos kt + C\sin kt$$

ni olamiz. Bunda $B = A\sin\alpha$, $C = A\cos\alpha$ belgilashlarni kiritib, (2.8) tenglamani quyidagicha yozib olamiz

$$q = A\sin(kt + \alpha).$$

Agar $t=0$ boshlang'ich paytda

$$q = q_0, \quad \dot{q} = \dot{q}_0$$

bo'lsa,

$$\left. \begin{aligned} B = q_0, \quad C = \frac{\dot{q}_0}{k}, \\ A = \sqrt{q_0^2 + \frac{\dot{q}_0^2}{k^2}}, \quad \alpha = \arctg \frac{kq_0}{\dot{q}_0} \end{aligned} \right\} \quad (2.10)$$

Demak, sistema erkin tebranishlarining amplituda va fazasi boshlang'ich shartlarga bog'liq, doiraviy chastota

$$k = \sqrt{\frac{c}{a}} \quad (2.11)$$

va tebranishlar davri

$$\tau = \frac{2\pi}{k} = 2\pi\sqrt{\frac{a}{c}}$$

boshlang'ich shartlarga bog'liqmas.

Faraz qilamiz, sistemaga tiklovchi kuchdan tashqari $\dot{q}$ tezlikka proporsional qarshilik kuchi

$$R = -\alpha\dot{q},$$

ta'sir etsin ($\alpha > 0$). U holda sistema tebranishlari tenglamasi

$$a\ddot{q} + c\dot{q} = -\alpha\dot{q},$$

yoki $\frac{\alpha}{a} = 2n$, $\frac{c}{a} = k^2$ deb belgilash kiritsak,

$$\ddot{q} + 2n\dot{q} + k^2q = 0 \quad (2.12)$$

hosil bo'ladi.

(2.12) tenglamaning yechimi n va k ga bog'liq ravishda turli xil ko'rinishga ega bo'lishi mumkin:

a) qarshilik kichik bo'lgan hol: $n < k$

(2.12) ga mos xarakteristik tenglama

$$z^2 + 2nz + k^2 = 0 \quad (2.13)$$

tenglama bu holda kompleks ildizlarga ega

$$z_1 = -n + ik_1, \quad z_2 = -n - ik_1$$

bunda $k_1 = \sqrt{k^2 - n^2}$, $i = \sqrt{-1}$. Bu holda

$$q = e^{-nt} (B_1 \cos k_1 t + C_1 \sin k_1 t) \Rightarrow e^{-nt} \left(q_0 \cos k_1 t + \frac{\dot{q}_0 + nq_0}{k_1} \sin k_1 t \right) \quad (2.14)$$

bu yerda q_0 , $\dot{q}_0$ koordinalarning $t=0$ dagi boshlang'ich qiymatlari. B_1 va C_1 o'zgarmaslar o'rniga

$$B_1 = A \sin \beta, \quad C_1 = A \cos \beta$$

formulalar orkali boshqa A , β o'zgaruvchilarni kiritsak,

$$q = Ae^{-nt} \sin(k_1 t + \beta) \quad (2.15)$$

ko'rinishga kelimiz.

(2.9) va (2.15) tengliklarni taqqoslab, quyidagi xulosalarga kelimiz:

1. Qarshilikli muhitda sistema tebranishlari amplitudasi vaqt o'tishi bilan eksponensial qonun bo'yicha kamayib, «so'nib» boradi. Tebranishlarning bunday tartibda so'nishi sistema erkin tebranishlariga qarshilikning ta'sirini ko'rsatadi.
2. (2.15) tenglamadan ko'rinib turibdiki, q koordinata o'z ishorasini davriy ravishda o'zgartiradi, ya'ni sistema muvozanat holatidan bir xil yo'nalishda o'tadigan ikkita ketma-ket holatiga ketgan bir xil vaqt oralig'ida o'tadi. Muvozanat holatidan bir xil yo'nalishda o'tadigan ikkita ketma-ket holatiga ketgan τ_1 vaqtga so'nuvchi *tebranishlar davri* deyiladi. Bu atama shartli atamadir, chunki so'nuvchi tebranishlarda muvozanat holatidan o'tishdan tashqari davriylik bajarilmaydi. Huddi shu ma'noda so'nuvchi tebranishlarni izoxron tebranishlar deyish mumkin, chunki bir xil yo'nalishda muvozanat holatidan o'tishga ketgan vaqt (sistema amplitudalari qanchalik kichik bo'lmasin) o'zgarmay qoladi.

τ_1 davr qiymati

$$\tau_1 = \frac{2\pi}{\sqrt{k^2 - n^2}} = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{n}{k}\right)^2}}, \quad (2.16)$$

formula bilan hisoblanadi, bunda $\tau_0 = \frac{2\pi}{k}$ – shu sistemaning qarshiliksiz muhitdagi tebranishlar davri. *Yetarlicha kichik n larda τ_1 davrni*

$$\tau_1 \approx \frac{2\pi}{k} \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{n}{k} \right)^2 \right] = \tau_0 \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{n}{k} \right)^2 \right]$$

taqribiy formula bo'yicha hisoblash mumkin.

3. Sistemaning muvozanat holatidan bir tomonga amplitudaviy og'ishlari nisbati

$$\psi = \frac{Ae^{-nt}}{Ae^{-n(\tau_1)}} = e^{n\tau_1} \quad (2.17)$$

so'ndirish koeffitsiyenti deyiladi. ψ – kattalik o'zgarmas bo'lganligi uchun amplitudaviy og'ishlar geometrik progressiya bo'yicha kamayadi.

So'ndirish koeffitsiyentidan amplitudalarning kamayish tezligini ifodalashda foydalaniladi. Biroq bu maqsadga ψ koeffitsiyentning natural logarifmidan foydalanish qulayroq

$$\delta = \ln \psi = n \tau_1 = \frac{2\pi}{\sqrt{\left(\frac{n}{k}\right)^2 - 1}} \quad (2.18)$$

(2.16) va (2.18) formulalardan

$$\frac{\tau_1}{\tau_0} = \sqrt{1 + \frac{\delta^2}{4\pi^2}}$$

kelib chiqadi. Oxirgi formuladan ko'rinib turibdiki, qarshilikning tebranishlar davriga ta'siridan ko'ra amplitudalar kamayishiga ta'siri ancha sezilarliroqdir. Masalan, $\tau_1/\tau_0=1,1$, ya'ni tebranishlar davri $0,1\tau_0$ ga o'zgarganda $\delta \approx 2,879$ va $\psi \approx 17,8$ bo'ladi. Ikkita to'la tebranishda amplituda 316 marta kamayadi, ya'ni tebranishlar amalda tugaydi.

Tajriba yo'li bilan δ dekrementni aniqlashning yana bir taqribiy formulasi mavjud. y va y_1 orqali ikkita ketma-ket kelgan chetlashishlarini belgilaymiz va

$$y - y_1 = \Delta y$$

bo'lsin. U holda

$$\delta = \ln \frac{y}{y - \Delta y} = \ln \left[1 + \frac{\Delta y}{y} + \left(\frac{\Delta y}{y} \right)^2 + \dots \right] \approx \frac{\Delta y}{y} \quad (2.19)$$

bo'ladi. $\frac{\Delta y}{y}$ nisbatni masalan, ossillogrammada bir yoki bir nechta chetlanishlarni o'lchash orqali topish mumkin.

b) Katta qarshilik bo'lgan hol. Bu holda (2.13) xarakteristik tenglamaning har ikkala ildizi haqiqiy va manfiy ishorali bo'ladi:

$$z_1 = -n + k_2, \quad z_2 = -n - k_2,$$

bunda $k_2 = \sqrt{n^2 - k^2}$. (2.12) tenglamaning umumiy yechimi

$$q = e^{-nt} \left(C_1 e^{k_2 t} + C_2 e^{-k_2 t} \right) \quad (2.20)$$

ko'rinishda bo'ladi. C_1 va C_2 o'zgarmaslar boshlang'ich shartlardan topiladi. Agar $t=0$ da $q=q_0$, $\dot{q}=\dot{q}_0$ bo'lsa, u holda

$$C_1 = \frac{q_0 \cos(n\omega_2) + \dot{q}_0}{2k_2}, \quad C_2 = \frac{q_0 \cos(n\omega_2) - \dot{q}_0}{2k_2} \quad (2.21)$$

va

$$q = e^{-nt} \left[\frac{q_0 \cos(n\omega_2) + \dot{q}_0}{2k_2} e^{k_2 t} + \frac{q_0 \cos(n\omega_2) - \dot{q}_0}{2k_2} e^{-k_2 t} \right]. \quad (2.22)$$

q chetlanish t vaqtning quyidagi tenglama ildizlariga teng qiymatlarida nolga teng qiymat qabul qiladi:

$$e^{-n\omega_2 t} \left[\frac{q_0 \cos(n\omega_2) + \dot{q}_0}{2k_2} e^{k_2 t} + \frac{q_0 \cos(n\omega_2) - \dot{q}_0}{2k_2} e^{-k_2 t} \right] = 0. \quad (2.23)$$

Kvadrat qavs ichidagi ifodada parametrlar qanday qiymatlarga ega bo'lmasin oxirgi tenglikning o'ng tomonidagi ifoda $t \rightarrow \infty$ da nolga intiladi. Demak, ixtiyoriy boshlang'ich shartlarda sistema asimptotik ravishda muvozanat holatiga yaqinlashadi. Kvadrat qavs ichidagi ifoda t ning yana bir $0 < t < \infty$ qiymatida nolga aylanishi mumkin, ya'ni sistema muvozanat holatining bir tomonidan boshqa tomoniga bir marta o'tib muvozanat holatiga kelishi mumkin, agar

$$e^{2k_2 t} = \frac{\dot{q}_0 + \cos(n\omega_2) \dot{q}_0}{\dot{q}_0 + \cos(n\omega_2) \dot{q}_0} > 0 \quad (2.24)$$

bo'lsa, bu esa $q_0 > 0$, $\dot{q}_0 < 0$, $|\dot{q}_0| > \cos(n\omega_2) \dot{q}_0$ bo'lganda ro'y berishi mumkin. Shunday qilib, t vaqtning shunday qiymati topiladiki, sistema shu vaqtda o'zining muvozanat holatidan o'tadi, shundan keyin esa muvozanat holatining o'sha tomonidan muvozanat holatiga yaqinlashadi. q koordinataning o'zgarish grafigi rasmda tasvirlangan. Boshqa barcha hollarda q va $\dot{q}_0$ bir xil ishoraga ega bo'lib,

sistema o'zining muvozanat holatiga boshqa tomonga o'tmasdan asimptotik ravishda yaqinlashadi.

Shunday qilib, $n > k$ bo'lgan holda sistemaning toyilgan holati tebranuvchan bo'lmaydi. Bu harakat **aperiodik harakat** deyiladi.

v) $n = k$. Xarakteristik tenglama ildizlari haqiqiy, manfiy va o'zaro teng bo'ladi. (2.11) tenglamaning umumiy integrali

$$q = e^{-nt} (C_1 t + C_2) \quad (2.25)$$

ko'rinishida bo'ladi. Bu holda ham sistema oldingi holdagidek aperiodik harakatda bo'ladi.

II BOB. ERKIN VA MAJBURIY TEBRANISHLAR MAVZUSI BO'YICHA PEDAGOGIK TEXNOLOGIYALAR

3-§. Erkin tebranishlarda yangi pedagogik texnologiyalarni qo'llash

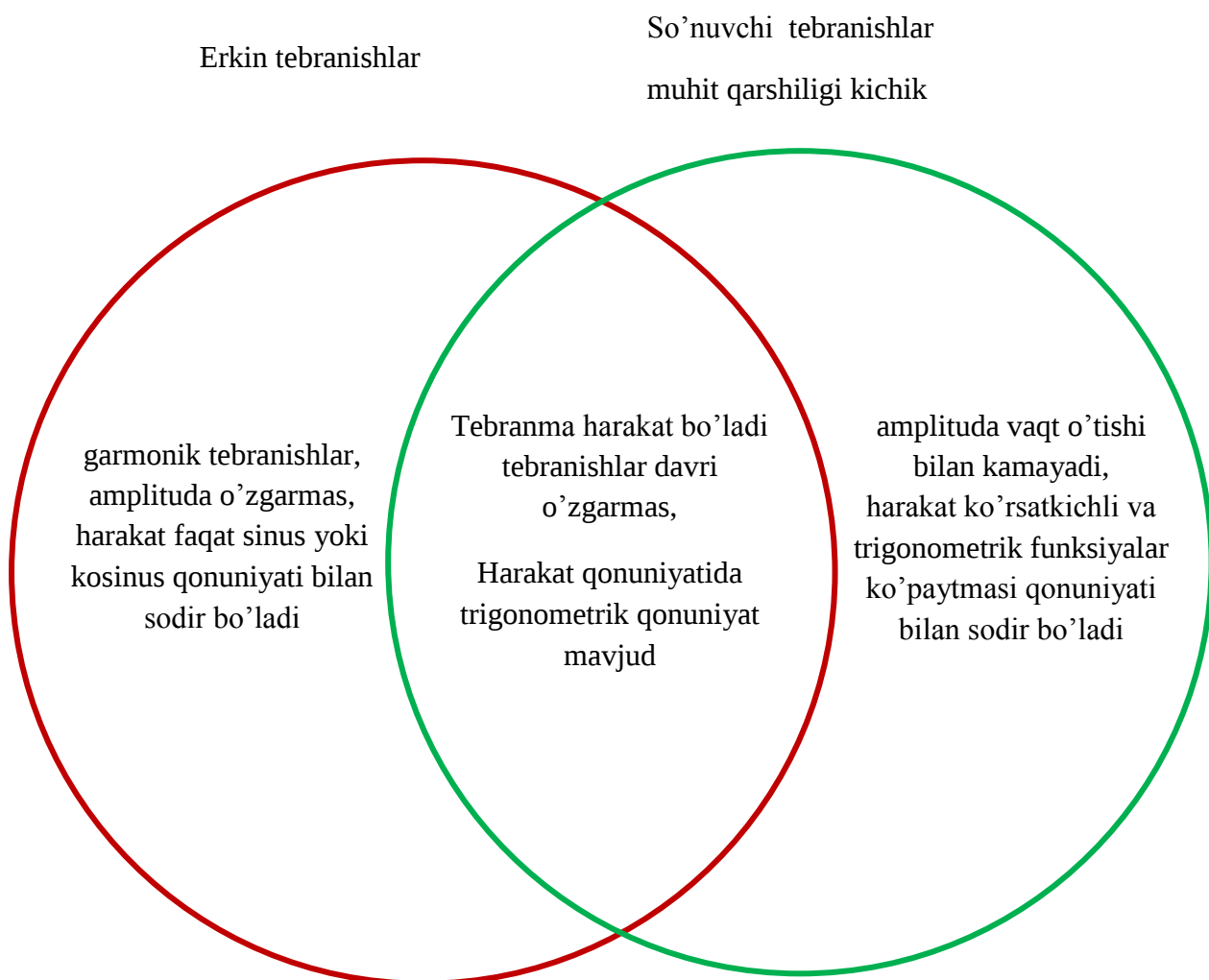
Olingan barcha natijalarni talabalarga ko'rgazmali bayon qilish maqsadida

T-jadvalga natijalarni kiritamiz:

<i>Ta'sir etayotgan kuchlar</i>	<i>Tebranma harakat nomi</i>	<i>Tebranishlar xossalari</i>
Tiklovchi kuch	Erkin tebranishlar	garmonik tebranishlar, amplituda o'zgarmas, tebranishlar davri o'zgarmas, harakat sinus yoki kosinus qonuniyati bilan sodir bo'ladi
Tiklovchi kuch, muhit qarshiligi kichik bo'lgan hol	So'nuvchi tebranishlar	amplituda vaqt o'tishi bilan kamayadi, tebranishlar davri deyarli o'zgarmas, harakat ko'rsatkichli va trigonometrik funksiyalar ko'paytmasi qonuniyati bilan sodir bo'ladi
Tiklovchi kuch, muhit qarshiligi katta bo'lgan hol	So'nuvchi harakat	harakat muvozanat holatidan ko'pi bilan bir marta o'tib so'nadi, tebranishlar sodir bo'lmaydi, harakat ko'rsatkichli funksiyalar yig'indisi qonuniyati bilan sodir bo'ladi
Tiklovchi kuch, muhit qarshiligi chegaraviy hol	So'nuvchi harakat	harakat muvozanat holatidan ko'pi bilan bir marta o'tib so'nadi, tebranishlar sodir bo'lmaydi, harakat ko'rsatkichli va chiziqli funksiyalar ko'paytmasi qonuniyati bilan sodir bo'ladi

Tahliliy jadvaldan ko'rinib turibdiki, tahlil qilingan harakatlarning dastlabki ikkitasida tebranishlar davri o'zgarmas bo'lgan tebranma harakat sodir bo'ladi,

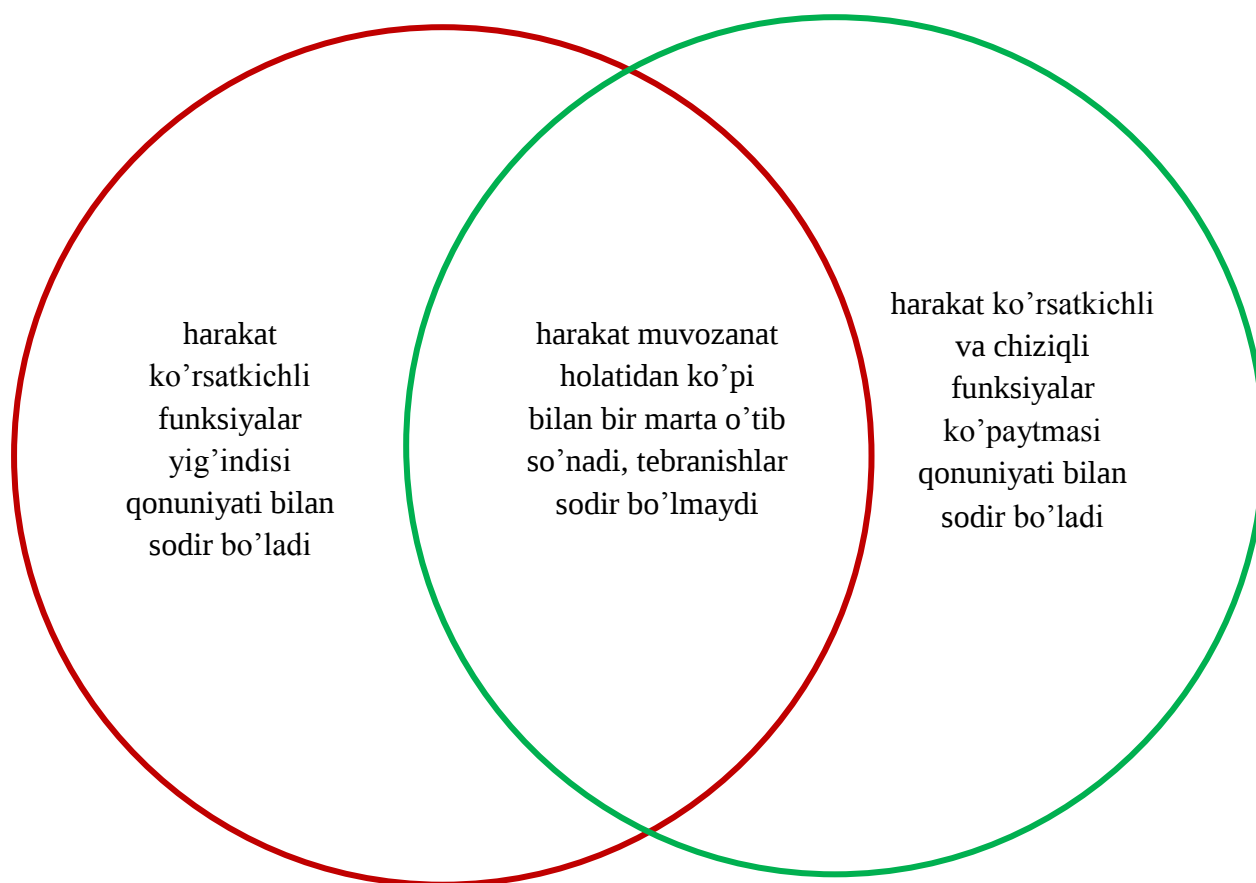
demak, bu ikki harakat uchun umumiy jihatlari, lekin bu ikki harakat uchun amplitudalar o'zgarishi va harakat qonunlari bir-biridan farq qiladi. Bu fikrlar asosida quyidagi ko'rinishdagi Venn diagrammasini tasvirlash mumkin:



Oxirgi ikki turdagi harakatlarda tebranma harakatlar sodir bo'lmasligi, harakat muvozanat holatidan ko'pi bilan bir marta o'tib so'nib borishi, harakat qonuniyatlarida ko'rsatkichli funksiya qatnashishi bu turdagi harakatlar uchun umumiy bo'lib, farqli tomonlari chegaraviy hol uchun harakat qonuniyatida vaqtning chiziqli funksiyasi ko'paytma bo'lib qatnashishida. Bu harakatlar uchun Venn diagrammasining ko'rinishi quyidagicha bo'ladi:

So'nuvchi tebranishlar
muhit qarshiligi katta hol

So'nuvchi tebranishlar
chegaraviy hol



4-§. MAJBURIY TEBRANISHLARDA GRAFIK ORGANAYZERLARNI QO'LLASH

Sistemaning majburiy tebranishlari unga tashqi (odatda davriy) kuchlarning ta'siridan vujudga keladi.

Ushbu masalani biz sistemaga ta'sir etayotgan tashqi kuch garmonik qonun bilan o'zgarayotgan holni qarash bilan boshlaymiz:

$$Q = H \sin pt$$

bunda H – uyg'otuvchi kuchning maksimal yoki amplitudaviy qiymati; p – bu kuchning 2π sekund vaqt mobaynidagi to'liq o'zgarish tsikllari soni. Chiziqli ossillyatorning Q kuchdan tashqari q ning birinchi darajasiga proporsional tiklovchi kuch ta'siridagi harakat differensial tenglamasi

$$a\ddot{q} + cq = H \sin pt,$$

yoki

$$\ddot{q} + k^2 q = h \sin pt, \quad (4.1)$$

bunda $h = \frac{H}{a}$.

Bu tenglamaning umumiy yechimi $p \neq k$ bo'lgan holda unga mos bir jinsli tenglamaning umumiy yechimi va (4.1) ning bitta xususiy yechimlari yig'indisiga teng:

$$q = C_1 \cos kt + C_2 \sin kt + \frac{h}{k^2 - p^2} \sin pt$$

bunda C_1 va C_2 – ixtiyoriy o'zgarmaslar.

Boshlang'ich $t=0$ paytda $q = q_0$, $\dot{q} = \dot{q}_0$ bo'lsin. U holda

$$C_1 = q_0, \quad C_2 = \frac{\dot{q}_0}{k} - \frac{hp}{k(k^2 - p^2)}$$

va

$$q = q_0 \cos kt + \frac{\dot{q}_0}{k} \sin kt - \frac{hp}{k(k^2 - p^2)} \sin kt + \frac{h}{k^2 - p^2} \sin pt \quad (4.2)$$

(4.2) ning o'ng tomonidagi qo'shiluvchilarning dastlabki ikkitasi k xususiy chastotali tebranishlarga mos keladi, ya'ni sistemaga tashqi uyg'otuvchi kuch ta'sir qilmaganda ro'y beradigan tebranishlarini ifodalaydi. Nolli boshlang'ich shartlarda $q_0 = \dot{q}_0 = 0$ bunday tebranishlar tashqi uyg'otuvchi kuch ta'sir qilayotgan vaqt mobaynida yuzaga kelmaydi.

Uchinchi qo'shiluvchi – bu tashqi uyg'otuvchi kuchga bog'liq bo'lib, k xususiy chastota bilan ro'y beradigan garmonik tebranishlardir. Bu tebranishlar ham erkin tebranishlarga mos keladi. Bu tebranishlar boshlang'ich shartlarga bog'liq bo'lmagan ravishda majburiy tebranishlar davomida ro'y beradi.

To'rtinchi qo'shiluvchi

$$\frac{h}{k^2 - p^2} \sin pt = q_3 \quad (4.3)$$

ossillyatorning sof majburiy tebranishlarini aniqlaydi.

Shunday qilib, chiziqli ossillyatorning qaralayotgan holdagi tebranishlari uchta: 1) erkin; 2) yo'ldosh erkin va 3) sof majburiy tebranishlarning chiziqli yig'indisidan iborat.

(4.3) tenglamadan kelib chiqadigan majburiy tebranishlarning xossalarini aytib o'tamiz:

- majburiy tebranishlar tashqi uyg'otuvchi kuch chastotasi bilan ro'y beradi;
- majburiy tebranishlar erkin tebranishlardan farqli o'laroq boshlang'ich shartlardan bog'liq emas. Shuning uchun majburiy tebranishlar amplitudasini o'zgartirish uchun (tashqi uyg'otuvchi kuchni saqlagan holda) sistema parametrlari: bikrligi, massasini o'zgartirish kerak bo'ladi;
- $k > p$ bo'lsa, q_3 chetlashishning ishorasi Q ning ishorasi bilan mos keladi, ya'ni kuch va ko'chish bir fazada bo'ladi. Agar $k < p$ bo'lsa, kuch va ko'chish ishoralari farq qiladi;
- $k \approx p$ bo'lgan holda (4.2) dagi oxirgi ikki qo'shiluvchiga mos keluvchi tebranma harakatlarda tebranishlar amplitudasi ma'lum vaqt oshib borib, ma'lum vaqtdan keyin kamayib boradi. Bu tipdagi tebranma harakatlarga tepkili tebranma harakatlar deyiladi;

- $k=p$ bo'lgan holda (4.3) ifoda o'z ma'nosini yo'qotadi. Lekin majburiy tebranishlar yo'ldosh erkin tebranishlar bilan birgalikda faqatgina 0/0 ko'rinishidagi aniqmaslikni beradi, bu aniqmaslikni Lopital qoidasi bo'yicha ochamiz

$$-\frac{hp}{k^2 - p^2} \sin kt + \frac{h}{k^2 - p^2} \sin pt = h \left[\frac{-p \sin kt + k \sin pt}{k^2 - p^2} \right]_{k=p} =$$

$$= \lim_{p \rightarrow k} h \left[\frac{-\sin kt + kt \cos pt}{-2kp} \right] = \frac{h}{2k^2} \sin kt - \frac{ht}{2k} \cos kt$$

shunday qilib, (4.2) umumiy integral

$$q = q_0 \cos kt + \frac{\dot{q}_0}{k} \sin kt + \frac{h}{2k^2} \sin kt - \frac{ht}{2k} \cos kt \quad (4.4)$$

ga keladi.

(4.2) kabi bu yerda ham chiziqli ossillyatorning harakati uchta tebranishlarning chiziqli yig'indisidan iborat bo'lmoqda, lekin ular orasida keskin farq qiluvchi jihati bor: majburiy tebranishlar o'rniga davriy bo'lmagan

$$-\frac{ht}{2k} \cos kt,$$

t vaqt ko'paytuvchili had qatnashadi. Vaqt o'tishi bilan bu had absolyut qiymati cheksiz ravishda ortib boradi, bu had amplitudalari chiziqli qonun bo'yicha ortadi. Uyg'otuvchi kuch chastotasi bilan xususiy chastotaning mos kelishi *rezonans* hodisasi deyiladi.

Shu joyda aytish kerakki, taqqoslash tipidagi grafik organayzerli pedagogik texnologiyalarni nafaqat ikki turdagi tebranma harakatlarni tahlil etish jarayonida balki (4.4) ko'rinishidagi yig'indini tashkil etuvchi hadlarini tahlil etish jarayonida ham qo'llash mumkin. Ushbu tahlilni quyida namoyish etib beramiz. Tahlil tushunarli bo'lishi uchun Venn diagrammasini tuzishdan oldin tahlil jadvalini

tuzamiz. Bunda (4.4) majburiy tebranishlar tenglamasidagi har bir hadning xususiyatlarini bitta tahliliy jadvalga tashlaymiz.

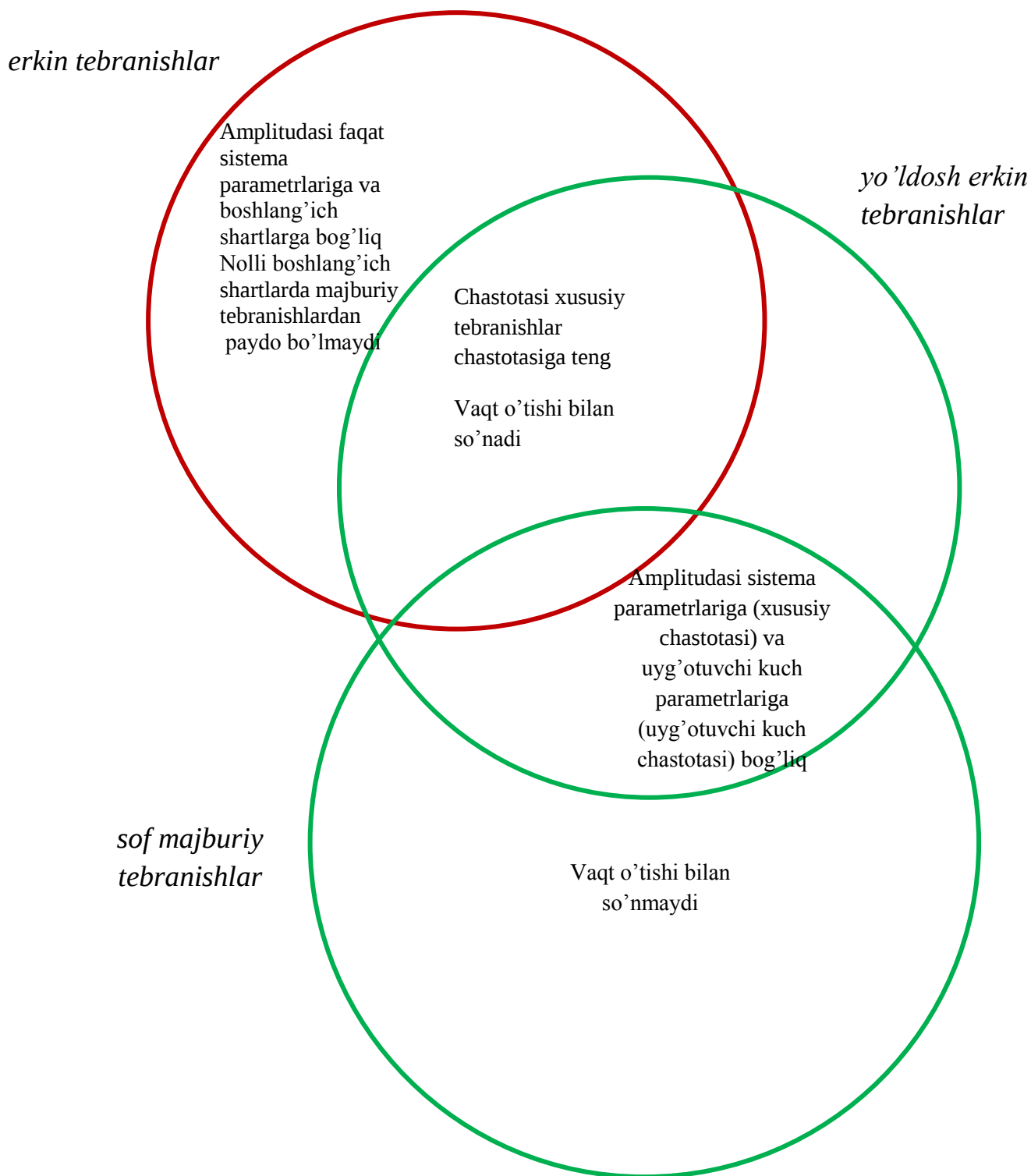
T-jadval

	<i>Majburiy tebranishlarning tashkil etuvchilarining xossalari</i>		
	<i>erkin tebranishlar</i>	<i>yo'ldosh erkin tebranishlar</i>	<i>sof majburiy tebranishlar</i>
1.	Amplitudasi faqat sistema parametrlariga va boshlang'ich shartlarga bog'liq	Amplitudasi sistema parametrlariga (xususiy chastotasi) va uyg'otuvchi kuch parametrlariga (uyg'otuvchi kuch chastotasi) bog'liq	Amplitudasi sistema parametrlariga (xususiy chastotasi) va uyg'otuvchi kuch parametrlariga (uyg'otuvchi kuch chastotasi) bog'liq
2.	Chastotasi xususiy tebranishlar chastotasiga teng	Chastotasi xususiy tebranishlar chastotasiga teng	Chastotasi uyg'otuvchi kuchning chastotasiga teng
3.	Nolli boshlang'ich shartlarda majburiy tebranishlardan paydo bo'lmaydi	Erkin tebranishlar bo'lsa ham, boshlang'ich shartlardan bog'liq bo'lmagan holda paydo bo'ladi	Majburiy tebranishlar asosida ro'y beradi
4.	Vaqt o'tishi bilan so'nadi	Vaqt o'tishi bilan so'nadi	Vaqt o'tishi bilan so'nmaydi
5.	Umumiy tebranishlarga ta'siri seziladi	Umumiy tebranishlarga ta'siri seziladi	Umumiy tebranishlarga ta'siri seziladi

Jadvaldagi ushbu xossalarni tahlil qilib, Venn diagrammasini yasash uchun quyidagi xulosalarni aytish mumkin:

- erkin va yo'ldosh erkin tebranishlarda tebranishlar amplitudasi vaqt o'tishi bilan kamayadi, tebranishlarining chastotalari xususiy tebranishlar chastotasiga teng;

- erkin yo'ldosh va majburiy tebranishlar amplitudalari ham sistema parametrlariga va ham uyg'otuvchi kuch parametrlariga bog'liq;



Qarshilik mavjud bo'lgan holda (uni biz avvalgidek tezlikning birinchi darajasiga proporsional deb qabul qilamiz), $R = -\alpha \dot{q}$ deb olib biz faqat bitta (hattoki $p=k$ holga ham to'g'ri keluvchi) yechim olamiz.

Haqiqatan ham, bu holda chiziqli ossillyatorning harakat differensial tenglamalari

$$\ddot{q} + 2n\dot{q} + k^2 q = h \sin pt \quad (4.5)$$

ko'rinishga ega bo'ladi. Uning umumiy yechimi

$$\ddot{q} + 2n\dot{q} + k^2 q = 0 \quad (4.6)$$

bir jinsli tenglamaning umumiy yechimi va (4.5) tenglamaning xususiy yechimlari yig'indisidan iborat. (4.6)ning umumiy yechimlarini avval topgan edik. Xususan $n < k$ bo'lganda

$$q_1 = e^{-nt} [C_1 \cos k_1 t + C_2 \sin k_1 t] \quad \left(k_1 = \sqrt{k^2 - n^2} \right)$$

so'nuvchi tebranishlarni ifodalaydi.

(4.5) ning xususiy yechimini

$$q_2 = A \sin(pt - \varepsilon)$$

ko'rinishida izlaymiz. Uni (4.5)ga qo'yib, mos trigonometrik hadlar oldidagi koeffitsiyentlarni tenglashtirib,

$$A = \frac{h}{\sqrt{(k^2 - p^2)^2 + 4n^2 p^2}}, \quad \operatorname{tg} \varepsilon = \frac{2np}{k^2 - p^2}$$

ni topamiz. (4.5)ning umumiy integrali esa,

$$e^{-nt} [C_1 \cos k_1 t + C_2 \sin k_1 t] + \frac{h}{\sqrt{(k^2 - p^2)^2 + 4n^2 p^2}} \sin(pt - \varepsilon).$$

Agar boshlang'ich $t=0$ paytda $q = q_0$, $\dot{q} = \dot{q}_0$ bo'lsa,

$$\begin{aligned} q = & e^{-nt} \left(q_0 \cos k_1 t + \frac{\dot{q}_0 + nq_0}{k_1} \sin k_1 t \right) + \\ & + A e^{-nt} \left(\sin \varepsilon \cos k_1 t + \frac{n \sin \varepsilon - p \cos \varepsilon}{k_1} \sin k_1 t \right) + A \sin(pt - \varepsilon) \end{aligned} \quad (4.7)$$

Olingan tenglikning birinchi ikkita qo'shiluvchisi erkin va yo'ldosh erkin tebranishlarga mos keladi. Ularning har ikkalasi vaqt o'tishi bilan so'nib boradi va biror paytga kelib, bu tebranishlarni umuman e'tiborga olmasa ham bo'ladi, bu holda sistema faqat

$$q = \frac{h}{\sqrt{k^2 - p^2 + 4n^2 p^2}} \sin \omega t - \varepsilon. \quad (4.8)$$

majburiy tebranishlarga ega bo'ladi. Bu tenglama bilan barqarorlashgan sistemaning n va k o'rtasidagi boshqa hollar: $n > k$ va $n = k$ dagi tebranishlari ham aniqlanadi.

(4.8) tenglamadan quyidagi xulosalarni chiqarish mumkin:

- Majburiy tebranishlar uyg'otuvchi kuchning chastotasi bilan ro'y beradi. Bu qonun chiziqli ossillyatorning majburiy tebranishlari qonuni hisoblanadi va sistemaga qarshilik ta'sir etish, etmasligiga bog'liq emas.
- Majburiy tebranishlar amplitudasi boshlang'ich shartlarga bog'liq emas, vaqt o'tishi bilan o'zgarmay qolaveradi, va demak, majburiy tebranishlar qarshilik kuchi ta'sirida so'nmaydi. Rezonans holatida ($p=k$) majburiy tebranishlar amplitudasi chekli bo'lib qolaveradi, bu holda sistema amplitudasi o'zining eng katta qiymatiga erishmaydi. Haqiqatan ham, amplituda maksimal

$$A = \frac{h}{\sqrt{k^2 - p^2 + 4n^2 p^2}} \quad (4.9)$$

qiymatga erishadigan p ning qiymatini topsak, $p^2 = k^2 - 2n^2$ da bo'ladi, ya'ni rezonans xodisasigacha ro'y beradi.

- Qarshilikli muhitdagi majburiy tebranishlarda hamma vaqt uyg'otuvchi kuch fazasiga nisbatan fazalar siljishi ro'y beradi. Fazalar siljishining bu qiymati

$$\operatorname{tg} \varepsilon = \frac{2np}{k^2 - p^2} \quad (4.10)$$

bilan aniqlanadi. Fazalar siljishining maksimal qiymati 2π rezonans holatida bo'ladi ($p=k$).

Majburiy tebranishlar amplitudasi orqali uyg'otuvchi kuch ta'sirida paydo bo'ladigan sistemaning qayishqoq elementlaridagi maksimal kuchlanishlar aniqlanadi. Aytib o'tish lozimki, bu kuchlanishlar nafaqat uyg'otuvchi kuch qiymatiga bog'liq bo'lmay, ko'proq chastotasiga bog'liqdir. H ning o'zgarmas bir qiymatiga amplituda sistemada paydo bo'ladigan kuchlanishlar p ga bog'liq ravishda turlicha bo'lishi mumkin. Bu o'zgarishlarni baholash uchun ularni H kuch ta'sirida A_0 statik chetlanish bilan taqqoslanadi

$$A_0 = \frac{H}{c} = \frac{h}{k^2} \quad (4.11)$$

A amplitudaning A_0 ga nisbati

$$\frac{A}{A_0} = \eta = \frac{1}{\sqrt{1 - a^2 + 4a^2b^2}} \quad (4.12)$$

dinamiklik koeffitsiyenti deyiladi, bunda $a = \frac{p}{k}$, $b = \frac{n}{k}$. Dinamiklik koeffitsiyenti

H sinpt kuch ta'siridagi maksimal chetlanish o'zgarmas H kuch ta'siridagi statik chetlanishdan necha marta farq qilishini bildiradi. Rasmda rezonans egri chiziqlar yordamida dinamiklik koeffitsiyenti η ning uyg'otuvchi kuch chastotasidan

bog'liqlik grafiklari $b = \frac{n}{k}$ qarshilik koeffitsiyentining ba'zi qiymatlari uchun

tasvirlangan. Punktir chiziq bilan qarshilik bo'lmagan hol uchun rezonans egri chiziq tasvirlangan, bu holda dinamiklik koeffitsiyenti

$$\eta = \frac{1}{1-a^2} = \frac{1}{1-\frac{p^2}{k^2}} \quad (4.13)$$

bo'ladi va $a=1$ bo'lganda uzilishga ega.

Rezonans egri chiziqlarini ko'rib chiqib, majburiy tebranishlarning taqribiy hisoblashlarida muxim rol o'ynaydigan bir muhim fakti aytib o'tish lozim. Rezonansdan yetarlicha uzoqda joylashgan sohalarda qarshilik kichik bo'lganda amplitudalar

$$A = \frac{h}{k^2 - p^2}$$

yordamida hisoblanuvchi qarshiliksiz muhitdagi amplitudalardan juda kam farq qiladi.

Bu sohalarda amplitudalarni hisoblashda umuman qarshilikni e'tiborga olmasa ham bo'ladi.

Rezonans holatida amplitudalar chekli bo'lganligi bilan mashina va detallarning rezonans holatida ko'p ishlashligi ularning qisman yoki butunlay buzilishiga olib kelishi mumkin. Shuning uchun uyg'otuvchi kuch ta'sirida bo'ladigan konstruktsiyalarni yasashda mashina va detallar parametrlarini shunday tanlab olinadiki, normal ish rejimi rezonans holatidan uzoqroqda joylashsin. Huddi shu maqsadda ba'zan chiziqlimas muftalar, dinamik so'ndirgichlar qo'llaniladi.

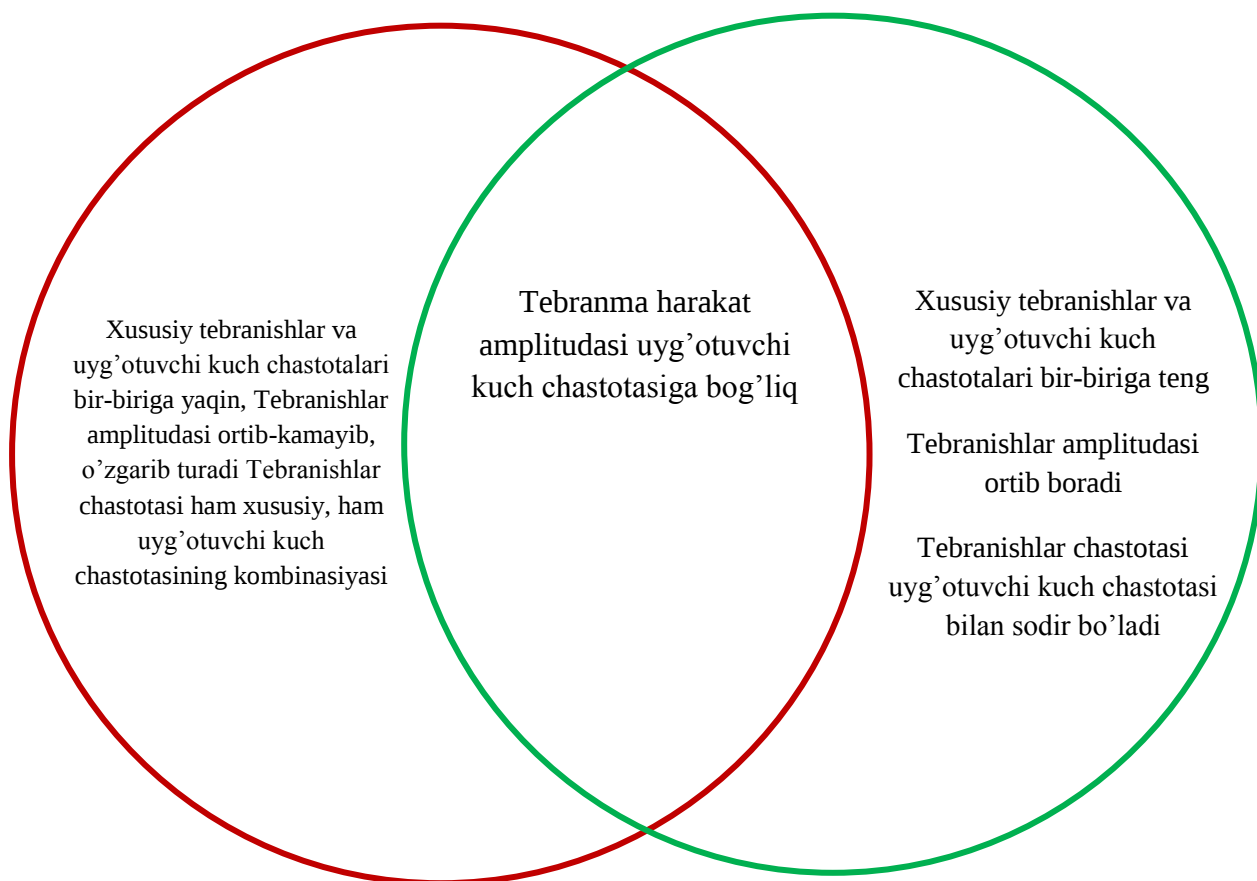
Olingan natijalar bo'yicha quyidagi tahliliy jadval va Venn diagrammasini quyidagi ko'rinishda tuzimiz mumkin:

<i>N_o</i>	<i>Tepkili tebranishlar</i>	<i>Rezonans hodisasi</i>
1.	Xususiy tebranishlar va uyg'otuvchi kuch chastotalari bir-biriga yaqin	Xususiy tebranishlar va uyg'otuvchi kuch chastotalari bir-biriga teng

2.	Tebranma harakat amplitudasi uyg'otuvchi kuch chastotasiga bog'liq	Tebranma harakat amplitudasi uyg'otuvchi kuch chastotasiga bog'liq
3.	Tebranishlar amplitudasi ortib- kamayib, o'zgarib turadi	Tebranishlar amplitudasi ortib boradi
4.	Tebranishlar chastotasi ham xususiy, ham uyg'otuvchi kuch chastotasining kombinasiyasi	Tebranishlar chastotasi uyg'otuvchi kuch chastotasi bilan sodir bo'ladi

Tepkili tebranishlar

Rezonans hodisasi



XULOSA

Malakaviy bitiruv ishi tebranishlar nazariyasi fani ma'ruza darslarida grafik organayzerlarni qo'llashga bag'ishlangan bo'lib, bitiruv ishi bo'yicha quyidagi xulosalarni aytib o'tish mumkin:

- Erkinlik darajasi bitta bo'lgan mexanik sistemalar tebranishlari mavzusini o'tishda ko'rgazmali jadval va sxemalardan tahliliy jadval va Venn diagrammasini qo'llash darsning mazmunli va sifatli o'tilishi uchun asos bo'lib xizmat qiladi;
- Venn diagrammasini nafaqat ikki turdagi voqyea-hodisalarni tahliliy-taqqoslashda, balki bir voqyeaning ayrim tuzuvchilari orasida ham olib borish mumkin, masalan majburiy tebranma harakatlarning har bir tuzuvchilari orasida olib borish mumkinligi bitiruv ishida ko'rsatilgan;
- Har bir o'tilayotgan ma'ruza darslarni zamonaviy texnologiyalar asosida o'tish uchun Oliy ta'lim muassasalarida faoliyat ko'rsatayotgan professor-o'qituvchi o'qitish shakllarining optimal darajada tashkil etishni, barkamol shaxsni shakllantirish nazariyasini turli yangi g'oyalar bilan boyitishni puxta bilishi lozim;
- Grafik organayzerlarni o'qituvchi tayyor (to'ldirilgan) holda qo'llab, vosita vazifasida bajarmasdan, talabalarning mashg'ulot mavzusiga doir bilimlarini mustahkamlash va fikrlashini rivojlantirish maqsadida ishlatib, o'qitish metodi sifatida keltirsa, ta'lim samarasini oshirishi mumkin;
- Oliy ta'lim professor-o'qituvchisi talabalarga bilim emas, bilim olish yo'lini o'rgatishi kerak.

ADABIYOTLAR

1. Farberman B.L. va boshq. Oliy o'quv yurtlarida o'qitishning zamonaviy usullari. – T., 2002.
2. I. A. Kurochkina, O. N. Shaxmatova. Pedagogicheskaya konfliktologiya: uchebnoye posobiye / Yekaterinburg: Izd-vo Ros. gos. prof.ped. un-ta, 2013. 229 s.
3. Zeyer E. F. Psixologiya lichnostno oriyentirovannogo professionalnogo obrazovaniya /Yekaterinburg: Izd-vo Ural. gos. prof.ped. un-ta, 2000. 258 s.
4. N.N.Buxgols. Osnovnoy kurs teoreticheskoy mexaniki. –M.: «Nauka», I.II. chasti, 2009 g.
5. Do'smatov O.M., Tilavov A. Nazariy mexanika (Sistema dinamikasi).SamDU – 2005.
6. Do'smatov O.M., Tilavov A. Nazariy mexanika. – Samarqand -2001 y.
7. To'rayev X.T., Tilavov A. Nazariy mexanika. – Samarqand -2006 y.
8. Rashidov T., Shoziyotov Sh., Mo'minov Q.B. Nazariy mexanika asoslari. - T.: «O'qituvchi», 1990.
9. <http://www.unilib.neva.ru/rus/lib/>