

O'zbekiston Respublikasi Xalq Ta'limi Vazirligi

Navoiy davlat pedagogika instituti

Fizika-matematika fakulteti

“Umumiy fizika” kafedrası

*“Mexanik tebranishlar mavzusini o'qitishda davr, chastota, faza va
amplituda tushunchalari” mavzusidagi*

Kurs ishi

*Bajardi: Fizika va astronomiya o'qitish metodikasi ta'lim
yo'nalishi 3- kurs “D” guruh tolibi Sayfullayev Siroj*

Ilmiy rahbar: kat. o'q. Sh.O Toshpulatova

NAVOIY-2015 yil

Reja:

I. Kirish

I.1. Tebranish haqida tushuncha

II. Asosiy qism

II.2. Mexanik tebranishlar, prujinaga mahkamlangan jismning tebranishi

II.3. Matematik mayatnik

II.4. Tebranishlar va ularning xossalari

II.5. Tebranishning zararli ta'siri

II.6 Ko'priknining tebranishi

Xulosa

Adabiyotlar

Kirish

Bizga ma'lumki, Atoqli sovet olimi, akademik N. D. Papaleksi (1880—1947), o'z nutqlaridan birida bunday deb o'qitgandi: Tebranish tabiatda bema'lol bo'lib turadigan jarayonlar orasida ham, texnikada foydalaniladigan jarayonlar orasida ham, tom ma'nosi bilan olganda, muhim ahamiyatga ega va ko'pincha zarur jarayon hisoblanadi, desam balki mubolag'a bo'lmas.

Texnikaniig tebranish jarayoni muhim rol o'ynamaydigan biror tarmoqni topish qiyin. Tebranish jarayonlariing turi juda ko'p, balki bu yerda tebranish jarayoniga qiziqish tug'dirayotgan va uni o'rganish zarurligini keltirib chiqarayotgan sabablarning ba'zilarini ko'rib chiqish bilangina kifoyalanamiz. Jismlarning kichik amplitudali va kichik davrli tebranishlarni (titrashlari)dan foydalanish xususida alohida to'xtab o'tmoqchimiz.

Tebranish jarayonlarini o'rganish va ulardan sanoatda foydalanish sohasida sovet olimlari juda katta xizmat ko'rsatdilar. Atom elektr stansiyasi, V. I Lenin nomidagi atom muziyorari, nihoyat darajada quvvatli elektr stantsiyalar qurilishi, dunyodagi birinchi Yer yo'ldoshining uchirilishi buning isbotidir.

Mashina, dvigatel, stanoklarda, kema va samolyotlarda, bino va inshootlarda vujudga keladigan tebranishlar ko'p hollarda katta xavf tug'diradi. Bunday tebranishlarning oldini olish yoki kuchini susaytirish uchun ularni keltirib chiqaruvchi sabablarni aniqlash, tebranishlarning qanday o'tishini aniglab olish hamda oqibatini oldindan ko'ra bilish zarur.

Biroq tebranishlar ba'zan foydali bo'lishi ham mumkin. Hozirgi vaqtda mexanik tebranishlarning bu xususiyatlaridan turli maqsadlarda qullanilishi ma'lum. Tebranish texnikasi bop imkoniyatlarga ega. Xalq xo'jaligining barcha tarmoqlarida tebrainsh texnikasidan oqilona va rejali foydalanish xalqqa naf keltiradi.

Tebranish texnologik jarayonlarda foydalanish sohasi xilma-xildir. Masalan, tebranish yo'li bilan materiallarni juda mayda qismlarga ajratib yuborish va aksincha, turli jinsli materiallarni puxta aralashtirish, ishlanayotgan muhitning zichligini birdaniga oshirish yoki uni niqoyat darajada yumshatish, shuningdek qattiq va o'ta qattiq jismlarni maydalash yoki o'zaro bog'liq bo'lmagan (tarqoq holdagi) zarralarni jipslashtirib mustahkam, yaxlit jism holiga keltirish mumkin. Tebranish natijasida yarim suyuq holdagi massa qattiq jismga aylanadi; sochilib turadigan nisbatan quruq materiallar tebranish ta'sirida suyuqliklarga xos xossalarga ega bo'ladi. Tebranish jismlarni betartib joylashtirish yoki, aksincha, muayyan tartibda joylashtirish imkonini beradi. Tebranish odamning tez charchashiga, hatto kasallanishiga sabab bo'ladi, lekin u chastotasini ham tez bosadi va shifobaxsh ta'sir ko'rsatadi.

Shunday qilib, tebranishning ajoyib xossalari bor. Shuning uchun ham tebranish prinsipida ishlaydigan ajoyib mashinalar yaratib, ularni xalq xo'jaligining turli tarmoqlariga joriy qilish imkoniyatlari cheksizdir.

Tebranuvchi sistemada tashqi o'zgaruvchi ta'sir bo'lmaganda shu sistemaning turg'un muvazanat vaziyatidan qandaydir og'ishi natijasida yuzaga keluvchi tebranishlar **erkin tebranishlar** deb ataladi. Erkin tebranishlarga iskanjaga qisilgan po'lat purujinaning, prujinaga osilgan yukning, muvazanat vaziyatidan chiqarib, o'z holiga quyib yuborilgan torning tebranishlari misol bo'la oladi.

Tebranishlar ossillogrammasi. Agar mayatnik bo'shlig'iga siyoh to'ldirilsa, u holda mayatnik tebranganda undan oqib tushayotgan siyoh mayatnik osilgan nuqtaga nisbatan tekis harakatlanayotgan qog'oz tasmada egri chiziq chizadi. Qog'oz tasma tekis harakatlansa, hosil bo'lgan egri chiziq mayatnikning vaqt o'tishi bilan muvazanat vaziyatga nisbatan qanday o'zgarishini, ya'ni mayatnik ko'chishining vaqitga bog'liqligini ko'rsatadi. Bo'nday egri chiziqlar ossillogramma deyiladi. "Ossillogramma" so'zi lotincha **oscillum**- tebranish va grekcha **grafio** – yozaman degan ma'noni bildiradi.

Tabiatda texnikada tebranisharning turi ko'p. Ularning hammasini alohida-alohida o'rganish mumkin emas. Biz bu masalani soddalashtiramiz va ko'z oldimizga uzunligi jism o'lchamlaridan juda katta bo'lgani uchun moddiy nuqta deb hisoblash mumkin bo'lgan massali uncha katta bo'lmagan jismdan iborat ideal mayatnikni keltiramiz.

Mexanik tebranishlar, prujinaga mahkamlangan jismning tebranishi

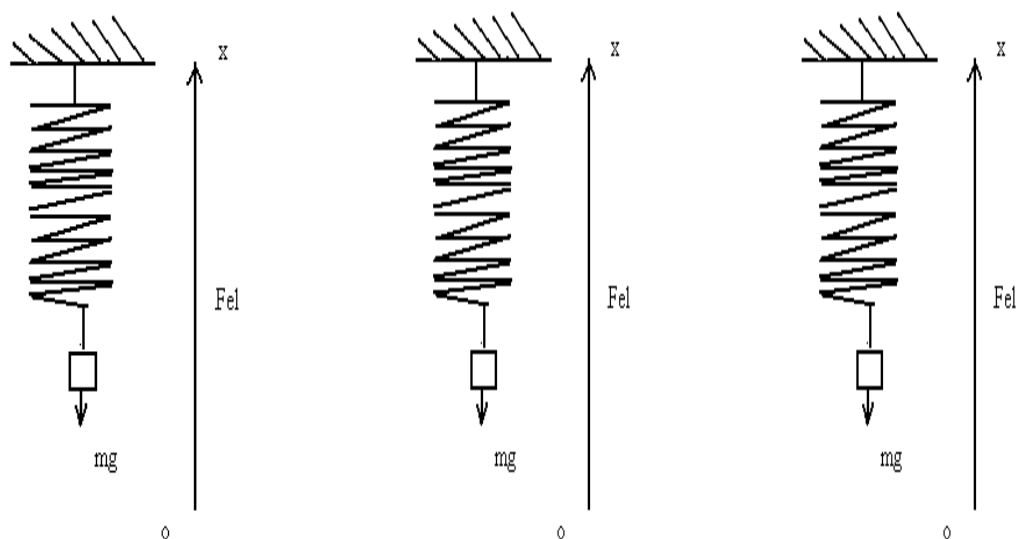
Tebranma harakatlar yoki oddiyroq qilib aytganda, tebranishlar deb ataladigan o'ziga xos harakatlar hammaga ma'lum. Bunday harakatlar bizni qurshab olgan atrof-muhitda keng tarqalgan. Shamol paytida daraxt shohlari. Bir uchi iskanjaga mahkamlangan metal plastinka, vertical holatdan chetga og'irilgan arg'imchoq, harakatlanayotgan resorli vagonlar va hokazolar tebranadi. Masalan, prujinaga osilgan yuk vertikal yo'nalishda turtib yuborilganda tebranma harakatga keladi. Turtib o'z holiga qo'yib yuborilgandan keyin yuk yuqoriga-pastga yoki o'ngga-chapda harakatlanadi. Bu harakat – tebranma harakatdir. Tebranishlar deb, jismning navbatma-navbat goh bir, goh boshqa tomonga og'adigan harakatiga aytiladi. Mazkur harakatning asosiy xususiyati – uning *davriyligidir*. Harakatning davriyligi tebranish davri deb ataladigan ma'lum vaqt oralig'ida jismning holati, ya'ni uning kordinatasi aniq yoki tahminan takrorlanishini anglatadi.

Prujinaga mahkamlangan jismning tebranishi

1-a rasmda prujina va unga mahkamlangan jism ko'rsatilgan. Prujina hozircha deformatsiyalanmagan (siqilgan ham, cho'zilgan ham emas), jismga elastiklik kuchi ta'sir etmayapti. Jism bilan tayanch orasidagi ishqalanish kuchi juda kichik deb hisoblaymiz. Og'irlik kuchi tayanchning reaksiya kuchi bilan muvozanatlashgan va shuning uchun jism muvozanat holatda turibdi.

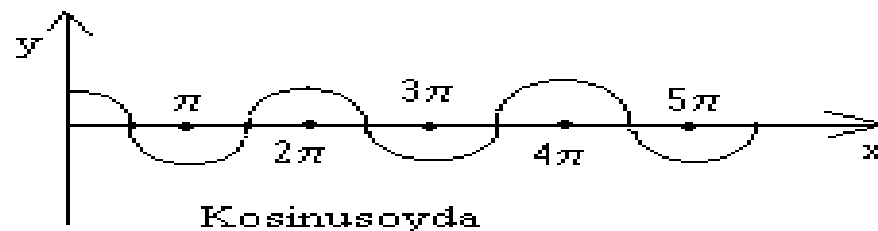
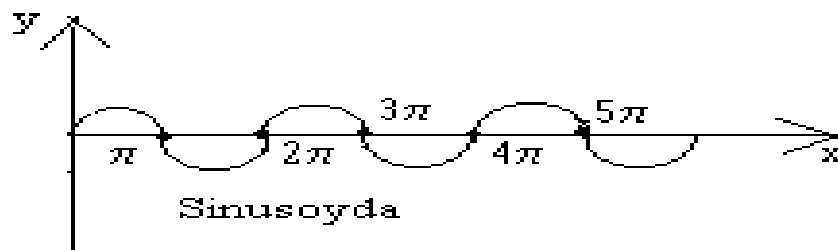
X koordinata o'qini tayanch bilan yo'naltiramiz, sanoq boshi sifatida emas muvozanat holatda bo'lgan jismning X o'qdagi massa markazi o'rnini belgilovchi nuqtani ($x = 0$) qabul qilamiz.

Jismning muvozanat holatdan chapga biror A masofaga siljitamiz. Bunda prujina siqiladi (1-b rasm) va jismga o'ng tomondan yo'nalgan elastiklik kuchi ta'sir qiladi. Agar jism qo'yib yuborilsa, u muvozanat holatgacha o'ng tomonga yo'nalgan tezlanish bilan harakatlanadi. Biroq jism mazkur holatda

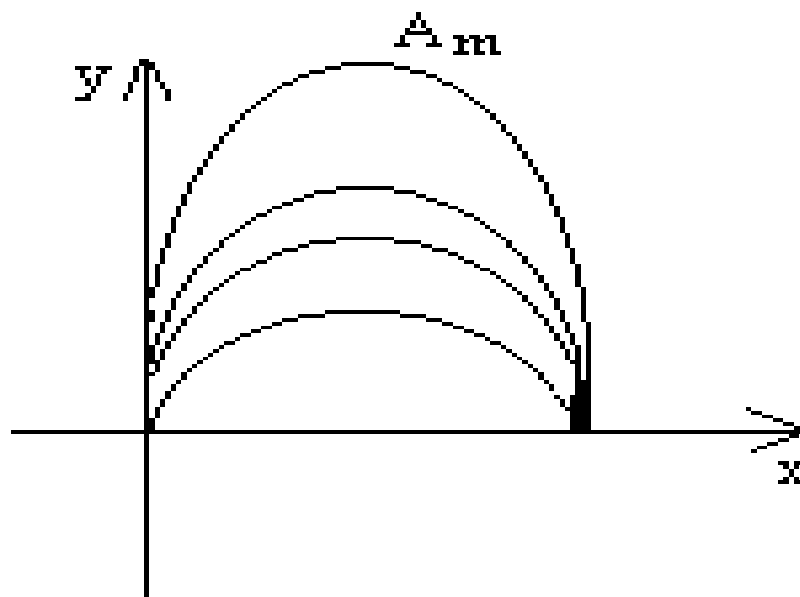


to'xtab qolmaydi, balki uning inertligi tufayli uning harakati o'ng tomonga qarab davom etadi. Bunda prujina cho'zila boshlaydi va jismga ta'sir etuvchi chapga yo'nalgan elastiklik kuchi asta-sekin ortib boradi. Shu tufayli jismning tezligi kamayib boradi, va nihoyat to'xtaydi. Endi prujina maksimal masofaga cho'zilgan holatda bo'ladi, tajribaning ko'rsatishicha, bu masofa ham A ga teng (1- v rasm). Bu holatda jismga chap tomonga yo'nalgan maksimal kuch ta'sir etadi. Jism bir on to'xtashdan so'ng yana chap tomonga qarab harakatlana boshlaydi. Natijada jism yana muvozanat holat orqali o'tadi (endi o'ngdan chap tomonga qarab) va yana A masofaga chetga chiqadi, ya'ni o'z harakatini boshlagan nuqtaga qaytadi (1 – g rasm). Bitta tebranish to'xtaydi va hamma jihatdan unga o'xshagan navbatdagi tebranish boshlanadi.

Tebranayotgan jism traektoriyasining istalgan nuqtasida elastiklik kuchi muvozanat holat tomonga, ya'ni og'ish yo'nalishiga qarshi yo'nalganligi ko'rinib turibdi. Elastiklik kuchi og'ish x ga proporsional bo'lib, uning X o'qqa proeksiyasi: $F_x = -kx$. Jismning muvozanat holatdan og'ishi *siljish* deb ataladi.



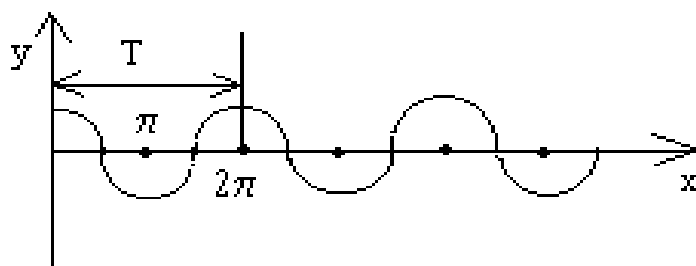
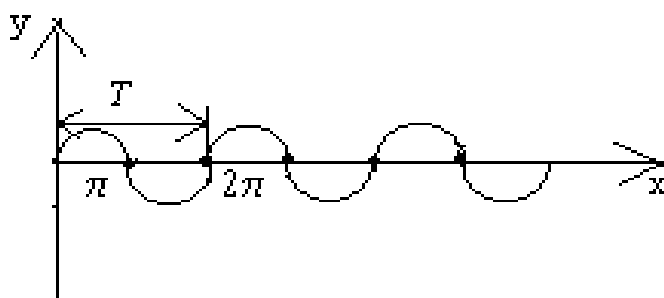
Siljishga proporsional va unga qarama-qarshi yo`nalgan kuch ta`sirida sodir bo`ladigan mexanik tebranishlar *garmonik tebranishlar* deb ataladi.



Tebranish amplitudasi. Prujinaga mahkamlangan jism harakatining tafsilotidan shu narsa ko`rindiki, tebranayotgan jismning koordinata sanoq boshidan uzoqlashish masofasi  $A$  dan ortiq bo`lmaydi. Jismning muvozanat holatidan moduli bo`yicha eng katta siljishiga *tebranish amplitudasi* deb ataladi. Tebranayotgan jismga ishqalanish kuchi ta`sir etmasa, tebranish amplitudasi o`zgarmaydi. Amplituda faqat jismga, dastlab uning muvozanat holatidan qancha og`ish berilganiga bog`liqdir.

Tebranishlar davri va chastotasi. Bir marta to`la tebranish uchun ma`lum vaqt talab etiladi.

Bir marta to`la tebranishning davom etish vaqti *tebranish davri* deb ataladi (2 - rasm). Tebranish davri T harf bilan belgilanadi va u s e k u n d a hisobida ifodalanadi. Tebranishlar, shuningdek, chastota bilan ham harakterlanadi. *Tebranishlar chastotasi* – vaqt birligidagi tebranishlar sonidir. Masalan



tebranish davri 0.1 c ga teng bo`lsa, u holda chastota  $\frac{1}{0,1\text{ c}} = 10$  tebranish/c ekani tushunarlidir. Chastota birligi qilib shunday tebranish chastotasi qabul qilinadiki, bunda 1 c da bir marta to`la tebranish sodir bo`ladi. Bunday birlik gers deb ataladi (qisqacha Gs) : $1\text{ Gs} = 1\text{ c}^{-1}$.

Chastota grekcha ν harfi bilan belgilanadi. Tebranish davri T va chastota ν orasida juda sodda bog`lanish mavjud: chastota davrga niosbatan teskari kattalikdir, xuddi shuningdek, davr chastotaga nisbatan teskari kattalikdir:

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

Tebranma harakatda tezlik va tezlanish. Boshqa harakatlar singari tebranma harakat ham tezlik va tezlanish bilan harakterlanadi. Biroq tebranma harakatda bu ikki kattalik bir nuqtadan boshqa bir nuqtaga, bir vaqt momentidan boshqa bir vaqt momentiga qadar *o'zgaradi*. Masalan, tebranayotgan jismning muvozanat holatidan maksimal og'ish nuqtalaridagi ($x = A$ va $x = -A$ dagi) tebranish tezligi nolga teng. Bu nuqtalarda jism to'xtaydi, so'ngra teskari yo'nalishlarda harakatlanadi. Muvozanat holat orqali o'tayotganda ($x = 0$) jismning tezligi maksimal bo'ladi. Aksincha, muvozanat holat orqali o'tish momentidan jismning tezlanishi nolga teng bo'ladi. Muvozanat holatdan maksimal og'ishga mos nuqtalardan ($x = A$ va $x = -A$ da) esa elastiklik kuchi maksimal bo'lgani tufayli tezlanish maksimal bo'ladi. Shunday qilib, tebranma harakatda tezlik va tezlanish davriy o'zgarib turadi: har bir T davr orasida tezlik vector yo'nalishi va moduli bo'yicha takrorlanib turadi.

Tebranma harakatda jism energiyasi

Prujinaga mahkamlangan jism harakatini ko'rib chiqdik. Agar dastlab, jismni muvozanat holatdan A masofaga, masalan, chap tomonga uzoqlashtirsak, u holda jism muvozanat holati orqali o'tib o'ngga, A masofaga uzoqlashadi. Biz jismning o'ng tomonga ham A masofaga uzoqlashishini tajriba asosida tasdiqlab oldik. Nima uchun tebranishlarda o'ngga va chapga og'ishlar albatta bir xil bo'lishi kerak? Bu energiyaning saqlanish qonunidan kelib chiqar ekan.

Ma'lumki, siqilgan yoki cho'zilgan prujinaning potensial energiyasi $\frac{kx^2}{2}$ ga teng, bunda k – prujinaning bikrligi va x – uning uzayishidir. Bizning holda jismning chap tomonga prujinani uzayishi $x = -A$ va demak, sistemaning potensial energiyasi $\frac{kA^2}{2}$ ga teng. Bu vaqt momentida kinetic energiya nolga teng, chunki mazkur holda jismning tezligi nolga tengdir. Demak, $\frac{kA^2}{2}$

potensial energiya berilgan vaqt momenti uchun sistemaning *to'liq energiyasidir*. Shartimizga ko'ra, tashqi kuchlar, jumladan ishqalanish kuchi nolga teng bo'lgani uchun sistemani yopiq deb hisoblash mumkin. Shu tufayli uning harakatdagi to'liq energiyasi o'zgarmaydi. Qachonki, jism o'z harakati mobaynida o'ng tomondagi chetki holatda bo'lsa, uning kinetik energiyasi yana nolga teng bo'ladi. To'la energiya yana potensial energiyadan tashkil topadi. To'liq energiya o'zgarishi mumkin emas. Demak, to'la energiya yana $\frac{kA^2}{2}$ ga teng. Ushbu hol jism o'ng tomonga ham A (tebranish amplitudasi) ga teng bo'lgan masofaga siljishini bildiradi.

Muvozanat holatda, aksincha, potensial energiya nolga teng, chunki $x = 0$ (prujina deformatsiyalanmagan). Mazkur holda jismning to'la energiyasi $\frac{mv_m^2}{2}$ kinetik energiyasiga teng bo'ladi, bunda m – jismning massasi, v_m - uning shu vaqtdagi maksimal tezligi. Biroq mazkur kinetik energiya ham $\frac{kA^2}{2}$ ga teng qiymatga ega bo'lishi kerak:

$$\frac{mv_m^2}{2} = \frac{kA^2}{2}.$$

Demak, tebranma harakatda kinetik energiyaning potensial energiyaga va aksincha aylanishi sodir bo'ladi. Jismning muvozanat holati bilan maksimal siljish oralig'idagi istalgan nuqtada jism ham kinetik, ham potensial energiyaga ega, biroq ularning yig'indisi, ya'ni jismning istalgan holatidagi to'liq energiyasi $\frac{kA^2}{2}$ ga teng. ***Tebranayotgan jismning to'liq energiyasi uning tebranish amplitudasi kvadratiga proporsionaldir.*** Bu hol prujinaga mahkamlangan jism tebranma harakatining muhim xususiyatlaridan biridir.

Energiyaning saqlanish qoidasidan foydalanib tebranish amplitudasi va tebranayotgan jismning maksimal tezligi orasidagi oddiy munosabatni osongina hosil qilish mumkin. (bu munosabat bizga keyinchalik kerak bo'ladi).

Yuqorida ko`rdikki, $\frac{mv_m^2}{2} = \frac{kA^2}{2}$. Bundan

$$\frac{A^2}{v_m^2} = \frac{m}{k} \text{ yoki } \frac{A}{v_m} = \sqrt{\frac{m}{k}}.$$

Tebranma harakatning geometrik modeli

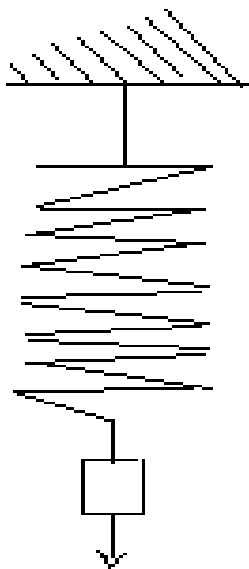
Tebranma harakat – davriy harakatdir. Shuning uchun tebranish davrini hisoblash formulasini keltirib chiqarish lozim. Bu formulani prujinaga mahkamlangan jism tebranishi va unga o`xshash aylana bo`ylab harakatlanayotgan sharcha soyasini birgalikda qarash orqali hosil qilish mumkin.

Faraz qilaylik, kichkina M sharcha v tezlik bilan aylana bo`ylab tekis harakatlansin. Aylana radiusi prujinaga mahkamlangan jismning tebranish amplitudasiga teng ( $R = A$ ) bo`lsin. Sharchaning aylana bo`ylab harakati ham davriy harakatdir. Chunki, sharcha ham ma`lum T vaqt oralig`idan so`ng (aylanish davri) yana dastlabki joyida bo`ladi. Biroq bu harakat tebranma harakat emas. Prujinaga mahkamlangan jism goh “u tomonga” va goh “bu tomonga” harakatlanadi. Sharcha esa soat strelkasi harakati bo`ylab yoki o`ngga teskari holda hamma vaqt “bir tomonga” qarab harakatlanadi.

Biz sharchaning harakatini emas, balki uning yon tomondan yoritish natijasida vertical ekranda hosil bo`lgan soyasining harakatini qarab chiqamiz (2 – rasm). Mazkur soya sharchaning ekranga bo`lgan proyeksiyasini ifodalaydi. Sharchaning soyasi gorizontal chiziq bo`ylab tebranma harakatda bo`lishini ko`ramiz. Soyaning tebranish davri sharchaning aylanish davri bilan bir xil bo`ladi. Mazkur harakat prujinadagi yukning tebranishiga aynan o`xshaydi. Bunga ishonch hosil qilish uchun o`sha ekranning o`zida prujinaga mahkamlangan yuk tebranishining soyasini hosil qilamiz.

Yukning muvozanat holatidan sharcha harakatlanadigan aylana radiusi A ga teng boʻlgan masofaga ogʻdiramiz. Sharchaning aylanish tezligini oʻzgartirish bilan uning aylanish davrini yukning tebranish davriga tenglashtirishga erishamiz. Mazkur holda sharcha va yuklarning ekrandagi soyalari bir xilda tebranayotganini aniq koʻramiz. Ularning tebranish davrlari, muvozanat holatdan chetga siljishlari, demak, istalgan vaqt momentidagi tezliklari bir xildir. Demak, aylana boʻylab harakatlanayotgan sharcha soyasining tebranishi prujinaga mahkamlangan yukning tebranishi bilan aynan oʻxshashdir. Maktab sharoitlarida mazkur tajribani vertikal joylashtirilgan prujinaga osilgan yuk bilan oson amalgam oshirish mumkin.

Tebranish davri. Sharcha soyasining, demak, prujinaga osilgan yukning



tebrtanish davri aylana boʻylab harakatlanayotgan sharchaning aylanishi davrini bilish orqali oson topiladi.

Maʼlumki, aylana boʻylab harakatlanayotgan sharchaning aylanish davrini aylana uzunligi (A) ni uning tezligi (v) ga nisbati orqali topish mumkin:

$$2T = \frac{2\pi A}{v}.$$

.

Biroq tebranma harakatda ishtirok etayotgan sharchaning v tezligi nimaga teng ekanligini bilish uchun keltirilgan tajriba sxemasiga murojat qilamiz sharcha aylana bo'ylab tekis harakat davomida B , C , O holatlarini ketma-ket egallab boradi. Bunda (v) tezlik modullari bir xil bo'ladi. Shu vaqtda sharchaning ekrandagi soyasi B' , C' , O' nuqtalar orqali o'tadi. Bunda mazkur soyaning tezligi B' nuqtada noldan O' nuqtada o'zining maksimal (v_m) qiymatiga erishadi.

Sharcha va uning soyasi tezliklari bir xil yo'nalishga ega bo'lgan O va O' nuqtalarda $v = v_m$ bo'ladi. Chunki sharchaning soyasi sharchaning o'zidan o'zib ketishi yoki undan qolib ketishi mumkin emas.

Ekrandagi sharcha soyasi va tebranayotgan yuk soyasi tezliklari istalgan nuqtalarda teng ekanligini tajriba yo'li bilan aniqlanganligini eslatib o'tamiz. Demak, v_m tezlik prujinaga mahkamlangan yukning maksimal tezligi bo'lishi ham mumkin ekan.

Shunday ekan, prujinaga osilgan yukning tebranish davri formulasini

$$T = \frac{2\pi A}{v_m}$$

ko'rinishda yozish mumkin.

tebranish amplitudasining uning maksimal tezligiga nisbatan $\frac{A}{v_m} = \sqrt{\frac{m}{k}}$ ga teng ekanini ko'rgan edik.

$\frac{A}{v_m}$ ning qiymatini oldingi ifodaga qo'yib, prujinaga mahkamlangan yukning tebranish davri formulasini hosil qilamiz:

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

Demak, tebranayotgan jism massasi ortishi bilan tebranish davri ortadi va prujinaning bikrligi ortishi bilan esa kamayadi. Tebranish davrining amplitudaga bog'liq emasligi juda yaxshidir.

Vaqt o'tishi bilan tebranayotgan jism koordinatasi qanday o'zgaradi?

(Tanishtirib o'tish uchun.) Tebranma harakat uchun ham mexanikaning asosiy masalasi yechilgan bo'lishi kerak: vaqt o'tishi bilan tebranayotgan jism koordinatasi ko'rsatadigan formulaga ega bo'lishi lozim.

Yana aylana bo'ylab harakatlanadigan sharcha va uning soyasi harakatiga (uning vertical ekrandagi proeksiyasiga) murojat qilamiz. Faraz qilaylik, sharcha qandaydir vaqt momentida O nuqtada uning soyasi esa O' nuqtada bo'lsin. O nuqtadan A radius o'tkazamiz. Sharcha aylana bo'ylab harakatlanib, biror t vaqt oralig'idan keyin B nuqtada, uning soyasi esa koordinataning sanoq boshi O' dan x masofada bo'ladi. B nuqtaga ham radius o'tkazamiz. Sharcha O nuqtadan B nuqtaga harakatlanganda unga o'tkazilgan radius φ burchakka buriladi.

rasmdan siljish $x = BD$ ekani ko'rinib turibdi. Shunga ko'ra BCD uchburchakdan $x = A \sin \varphi$ deb yozish mumkin.

Algebradan ma'lumki, $\varphi = \frac{l}{A}$.

burchak radianlarda ifodalanganda yoy uzunligi l ning aylana radiusi A ga nisbatiga teng bo'ladi.

$$\varphi = \frac{l}{A}.$$

Aylana bo'ylab tekis harakatda yoy uzunligi jismning (v) aylanish tezligi bilan $l = v * t$ ko'rinishida bog'langandir. $v = \frac{2\pi A}{T}$ bo'lgani uchun $l = \frac{2\pi A}{T} t$.

Demak, $\varphi = \frac{2\pi}{T}t$. U holda: $x = A \sin \frac{2\pi}{T}t$.

Bu formula vaqt o'tishi bilan tebranayotgan jism koordinatasini qanday o'zgarishini ko'rsatadi.

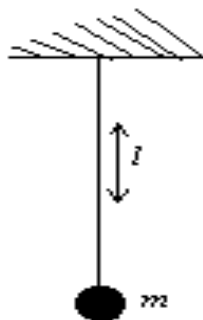
Matematik mayatnik

Bir jismning elastiklik kuchi ta'siri ostida sodir bo'ladigan garmonik tebranishlar bilan tanishdik. Mazkur kuch uchun shu narsa xarakterliki, bunda jism harakati traektoriyasining istalgan nuqtasida kuch muvozanat holat tomonga yo'nalgan bo'ladi; bu kuch go'yoki jismni avvalgi vaziyatiga qaytarishga intilayotgandek bo'ladi. Biroq garmonik tebranishlar faqatgina elastiklik kuchi ta'siri ostida bo'ladi, desak bo'ladimi? Yo'q bo'lmaydi. Harakat traektoriyasining istalgan nuqtasida muvozanat tomon yo'nalgan moduli jihatdan siljishga proporsional bo'lgan har qanday kuch jismning garmonik tebranma harakatda bo'lishiga majbur qiladi.

Faqat elastiklik kuchi ta'siriga bog'liq bo'lmagan tebranma harakstga muhim va qiziqarli misol sifatida mayatnik- bir uchi mahkamlangan ipining ikkinchi uchiga osilgan yukni keltirish mumkin. Agar mayatnikdagi jism (yuk) ipning uzunligiga nisbatan juda kichik o'lchamga ega bo'lsa, ipning massasi esa yukning massasi bilan solishtirganda hisobga olinmaydigan darajada kichik bo'lsa, u holda bunday mayatnik *matematik mayatnik* deb ataladi. Amalda uzun ipga

osilgan kichik o'lchamdagi og'ir sharcha o'zini matematik mayatnik sifatida namoyon etadi. Ip vertikal holatni egallaganda mayatnik tinch holatda bo'ladi. Buni muvozanat holat deyiladi. Agar mayatnikni chetga tortib qo'yib yuborilsa, u tebrana boshlaydi.

Birinchi qarashda mayatnikning harakati prujinaga mahkamlangan jism

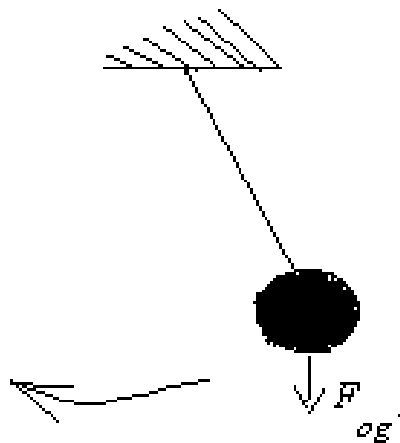


harakatiga unchalik o`xshamaydi. Prujinadagi jism to`g`ri chiziq bo`ylab, mayatnik esa yoy bo`ylab harakatlanadi. Agar mayatnik kichik burchakka og`dirilsa, unda ipga osilgan yuk harakati deyarli vatar bo`yicha harakatdan juda kam farq qiladi. Bunga kichik burchakka og`dirilgan mayatnik tebranishini stroboskopik usulda olingan rasmni kuzatish orqali ishonch hosil qilish mumkin. Xuddi mana shu holda mayatnik harakati prujinaga mahkamlangan jism harakatiga o`xshab ketadi (“jism – prujina” sistemasini ko`pincha *prujinali mayatnik* deb yuritiladi). Buning uchun amalda mayatnikning vertikaldan og`ish burchagi $5 - 8^{\circ}$ dan oshmasligi kerak.

Matematik mayatnikni tebranishga majbur etuvchi kuchlarni qarab chiqib, matematik va prujinali mayatniklarning o`xshashligi sabablarini aniqlay olamiz.

Mayatnik tebranishini yuzaga keltiruvchi kuch.

Muvozanat holatda yukka $\vec{F}_0$ og`irlik kuchi va  $\vec{F}_{el}$  elastiklik kuchi ta`sir qiladi. Mayatnikning muvozanati mazkur kuchlarning moduli jihatdan teng va yo`nalishlari bo`yicha qarama-qarshi ekanini ko`rsatadi. Mana mayatnik



φ burchakka chetga og`dirilgan. Yukka avvalgidek o`sha kuchlar ta`sir etadi, biroq ularning  $\vec{F}$  teng ta`sir etuvchisi nolga teng emas. Mayatnik unga katta bo`lmagan burchakka chetlanganligi tufayli kuch mazkur yoyni tortib turuvchi vatar chizig`iga yaqin bo`lgan urinma bo`yicha yo`naladi. Xuddi shu  $\vec{F}$  teng ta`sir etuvchi kuch yukni tezlanish bilan muvozanat holatga tomon harakatlanishga majbur etadi. Bu kuch

$\vec{F} = \vec{F}_0 = \vec{F}_{el}$ ga teng yoki yoy urinmasiga proyeksiyasida

$\vec{F}_{ur} = (\vec{F}_0)_{ur}$. Bu ifodada elastiklik kuchining urinmaga perpendikulyar bo`lganidan uning proeksiyasi nolga teng ekani, ya`ni $(\vec{F}_{el}) = 0$ hisobga olindi.

BDC uchburchakdan (burchak BDC ham φ ga teng) og`irlik kuchining yoy urinmasiga proeksiyasini topish mumkin. U $F_0 \sin \varphi$ yoki $mg \sin \varphi$ ga teng.

Uchburchak OAB dan esa $\sin \varphi = \frac{x}{l}$, bunda x – mayatnikning siljishi.

Shunga ko`rat eng ta`sir etuvchi kuchning urinmaga proeksiyasi:

$$F_{ur} = -\frac{mg}{l} x.$$

“Minus” ishora $\vec{F}$ kuch yo`nalishi siljish yo`nalishiga qarama-qarshi ekanini bildiradi.

Formuladan ko`rinishicha, mayatnikni tebratuvchi kuch prujinali mayatnikni tebratuvchi elastiklik kuchiga juda o`xshab ketadi ($F_x = -kx$). Biroq, bunda prujina bikrligini ifodalovchi k o`rnida $\frac{mg}{l}$ kattalik qatnashadi. Elastiklik kuchi singari

$\vec{F}$ kuch ham x siljishga proporsional bo`lib, unga qarama-qarshi yo`nalgan. Matematik va prujinalik mayatniklarning bir-biriga o`xshashlik sabablari ham shundan iborat: bir xil sababiyatlar bir xil oqibatlarga olib keladi. Demak, matematik mayatnik tebranadi. Uning tebranish davri  $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$  formuladagi  $k$  o`rniga $\frac{mg}{l}$ ni qo`yish yo`li bilan aniqlanadi. U holda matematik mayatnikning tebranish davri:

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

(2) formuladan mayatnikning tebranish davri jismning massasiga emas, balki osmaning uzunligiga bog`liq ekani ko`rinib turadi; shuningdek u tebranish amplitudasiga ham bog`liq emas. Shuning uchun ham mayatnikdan soatlarning yurishini sozlash uchun foydalaniladi.

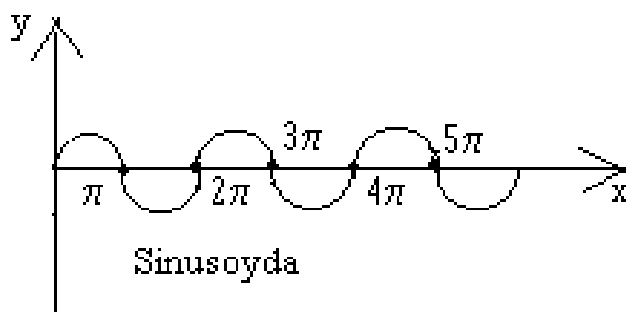
Mayatnik, shuningdek, geologik razvetskada o`z tatbiqini topdi. (2) formuladdan ko`rinadiki, mayatnikning tebranish davri erkin tushish tezlanishini g ga ham bog`liqdir. Bilamizki, yer ostida o`rtacha zichligi Yerning o`rtacha zichligidan farq qiladigan Yer osti jinslari bo`lgan joylarda g ning qiymati shu kenglikdagi g ning oddiy qiymatidan farq qilishi mumkin. Mayatnik yordamida g ning qiymatini o`lchab, Yer osti jinslari bor-yo`qligini qayd qilish mumkin.

Prujinalik mayatnikning matematik mayatnikdan muhim farqini ko`rsatib o`tamiz. $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ va $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ formulalardan ko`rinadiki, matematik mayatnikdan farqli o`laroq prujinalik mayatnikning tebranish davri *yukning massasiga* bog`liq. Prujinalik mayatnikning mazkur xususiyatidan jism massasini aniqlashda foydalanish mumkin. Eng qizig`i shundaki, jism massasini o`lchashning ushbu usulidan vaznsizlikda ham foydalanish mumkin, chunki bunday mayatnikning tebranish davri faqatgina yukning massasi va prujinaning bikrligiga bog`liqdir. Prujinalik mayatnik yordamida jism massasini o`lchaydigan asbob

mass-metr deb ataladi. Bunday asbob bilan kosmik parvozlarda kosmonavtlarning massasi oʻlchanadi. Maʼlumki, oddiy tarozilardan bu maqsad uchun foydalanib boʻlmaydi.

II.4. Tebranishlar va ularning xossalari.

Garmonik tebranishlarni grafik tasvirlash. Garmonik tebranma harakat jism koordinatasining vaqtga bogʻliqlik grafigi koʻrinishida tasvirlanganda yana ham koʻrimli boʻladi. Bunday grafikni tasvirlashni tebranayotgan jismning oʻziga “topshirish” mumkin. Buning uchun tebranayotgan jismga qandaydir yozuvchi



qurilma (qalam, ruchka) oʻrnatiladi, uning oldiga esa qogʻoz lenta joylashtiriladi. Jism tebranganda qogʻizga toʻgʻri chiziq chizadi. Bu toʻgʻri chiziqning har bir nuqtasini bir tebranish davrida jism ikki marta – tepaga chiqishda va pastga tushishda oʻtadi. Agar tebranayotgan jismning istalgan vaqt momentidagi holatini aniqlamoqchi boʻlsak, u holda pero yoki qalam uchini qogʻozga bir martadan ortiq tekkizmasligimiz kerak boʻladi. Buning uchun qogʻoz lentani tebranish yoʻnalishiga perpendikulyar holda biror oʻzgarmas tezlik bilan harakatlantirishimiz kerak boʻladi. Qogʻozda peroning turli vaqt momentida mos holatini ifodalovchi nuqtalardan tashkil topgan egri chiziq hosil boʻladi. Demak, tebranayotgan jismning istalgan vaqt momentidagi oʻrmini belgilash mumkin ekan. Rasmda mazkur egri chiziq alohida koʻrsatilgan. Agar jism muvozanat holatdan oʻtayotgan paytdan boshlab qogʻozni birm tekis torta boshlasak, shunday egri chiziqni hosil qilish mumkin. Bunday egri chiziq sinusoida deb atalishini eslatib oʻtamiz. Endi biz uni tajriba asosida hosil qildik.

Yuqorida prujinalik mayatnik garmonik tebranish qiladi deb aytgan edik. Endi esa garmonik tebranishlarda koordinataning vaqtga bog'lanish grafigi sinusoidani ifodalaydi., deb tasdiqlashimiz mumkin. Shunday tebranish grafiklarini chizib, tebranishlarni vaqt bo'yicha "yoyamiz" deb ayta olamiz. Qog'ozni tekis harakatlanishi go'yo vaqt o'tishini ifodalaydi. Bunday yoyilma tebranma harakat harakteristikalari hisoblangan amplituda, davr va demak, chastota kabilarni yaqqol ko'rsatishi mumkin.

Erkin tebranishlar. Tebranishlarning so'nishi

O'z-o'zidan sodir bo'ladigan tebranishlar. Prujinaga mahkamlangan yuk yoki ipga osilgan yuk tebranishlari go'yo o'z-o'zidan sodir bo'lgandek tuyuladi. Buning uchun prujinaga mahkamlangan yoki ipga osilgan yukni muvozanat holatdan ozgina chetha chiqarib yuborish kifoya. Bu demak, o'z-o'zidan, mayatniklar tashqi kuchlar tomonidan tebranishga majbur etilmaganligidir; tebranishlar jismlar sistemasini o'z ichida ta'sir etadigan kuchlar: prujinalik mayatnikda elastiklik kuchi yoki matematik mayatnikda og'irlik va ipning elastiklik kuchi 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 sistema *xususiy tebranishning chastotasi* deb ataladi.

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. Birinchidan, tebranish sistemasida bir-biriga "o'xshash" kuchlar

ta'sir etishi kerak. Prujinalik mayatnikda bu elastiklik kuchi bo'lib, uning koordinata o'qiga proeksiyasi prujina deformatsiyasiga, ya'ni jismning siljishiga proporsionaldir ($F_x = - kx$). 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 ($F_x = - kx$), bu kuch ham muvozanat holatga tomon yo'nalgan. 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 boshlang'ich energiyaga tengligicha qolishi kerak.

Tebranayotgan jismning to'la energiyasi tebranish amplitudasining kvadrati 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 to'xtab qoladi.

Sababi shundaki, Yerdagi real sharoitlarada boshqa ko`rinishdagi harakatlar singari, tebranma harakatda ham, ushqalanish 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 bo'lganligi sababli to'la mexanik energiya kamayadi. Energiyaning kamayishi amplitudaning kamayishini bildiradi. Vaqt o'tishi bilan amplitudasi kamayib boradigan tebranishlar *so`nuvchi tebranishlar* deb ataladi. Har bir yangi davrda amplituda kamayib boradi va ishqalanish kuchi qanchalik katta bo'lsa, amplituda shunchalik tez kamayadi. Rasmda so`nuvchi tebranish grafigi ko'rsatilgan. So`nuvchi tebranishlarni garmonik deb hisoblash mumkin emas, chunki garmonik tebranishlar uchun amplitudaning doimiyliigi harakterlidir.



Majburiy tebranishlar

Tebranish so`nmasligi uchun har bir tebranishda ishqalanish natijasida energiya yo`qolishini to`ldirib turish lozim bo`ladi.

Tebranish sistemasining energiyasini to`ldirib turish uchun tashqaridan davriy ravishda o`zgarib turuvchi kuch bilan ta'sir etish kerak. Sistemaning energiyasi tashqi kuch bajargan ish hisobiga to`ldirib turiladi. Bu holda jismlarning tebranishi endi erkin bo'lmaydi. Ular majburiy tebranishdir; mazkur tebranishni yuzaga keltiruvchi davriy o`zgaruvchi kuch *majbur etuvchi kuch* deb ataladi.

Jismning davriy o`zgaruvchi tashqi kuch ta'sirida tebranish *majburiy tebranish* deyiladi.

Masalan, agar prujinaning erkin uchiga davriy o'zgaruvchi kuch ta'sir etib tursa (14 – rasm), prujinaga mahkamlangan yuk majburiy tebranish qiladi. Prujinadagi yuk osilib tushmasligi uchun uni reyka bo'ylab suriladigan blokka mahkamlanadi. Prujinaning uchi markazdan qochma mashina diskiga mahkamlangan sterjenga bog'lanib, kuchning davriy ta'siri ta'minlanadi. Disk aylantirilganda ip prujinaning uchiga biror kuch bilan ta'sir etadi. Bunda kuchning ta'sir etish chastotasi diskning aylanish chastotasi ν ga teng bo'ladi. Shu tufayli jism ν_0 xususiy tebranish chastotasi bilan emas, balki aynan shu chastota bilan tebranadi. Majbur etuvchi kuch o'z chastotasini tebranayotgan jismga “beradi”.
Majburiy tebranish majbur etuvchi kuch chastotasida sodir bo'ladi.

Rezonans. Majbur etuvchi kuch chastotasi bilan jismning xususiy chastotasi mos tushgan yoki yaqin kelgan holat alohida qiziqish uyg'otadi. Tebranish sistemasiga ta'sir etuvchi majbur etuvchi kuch chastotasini osongina o'zgartirish mumkin bo'lgan tajribani qarab chiqamiz. Rasmda o'zgarmas uzunlikdagi A mayatnik va uzunligini oson o'zgartirish mumkin bo'lgan B mayatniklardan tashkil topgan qurilma tasvirlangan. Har ikkala mayatnik bitta arqonga bog'lab osilgan. Shu tufayli bo'lsa kerak, agar B mayatnik tebrantirilsa, u holda arqon orqali biror davriy kuch A mayatnikka ta'sir qiladi; natijada A mayatnik majburiy tebranadi.

B mayatnik uzunligini qisqartira borib, uning chastotasini o'zgartirishga erishamiz. Demak, A mayatnikka majburiy ta'sir etuvchi kuch chastotasini ham o'zgartirishga erishgan bo'lamiz. Bunda majbur etuvchi kuch chastotasi A mayatnikning xususiy tebranish chastotasiga yaqinlashganda (mayatniklar uzunligi tenglashadi) A mayatnikning tebranish amplitudasi keskin ortadi. Tebranish sistemasining majbur etuvchi kuch chastotasi ν va xususiy tebranish chastotasi ν_0 mos tushganda majburiy tebranish amplitudasi maksimum qiymatiga erishadi: $\nu = \nu_0$. bunda ishqalanish kuchi muhim ro'l o'ynaydi va u amplitudaning juda katta qiymatlarga erishuviga to'sqinlik qiladi. Biroq shunga qaramasdan, majbur etuvchi kuch tebranish chastotasi bilan sistemaning xususiy tebranish chastotasi teng bo'lgan holda amplituda juda katta qiymatga erishishi mumkin. Majbur etuchi

kuch tebranish chastotasi tebranish sistemasining xususiy tebranish chastotasiga tenglashganda majburiy tebranish amplitudasining keskin ortib ketish hodisasi *rezonans* deb ataladi.

Rasmda majburiy tebranish amplitudasining majbur etuvchi kuchning tebranish chastotasiga bog'lanishi ko'rsatilgan. Chastotaning ma'lum $\nu = \nu_0$ qiymatida tebranish amplitudasi maksimumga erishishi ko'rinib turibdi, bunda ν_0 tebranish sistemasining xususiy chastotasidir. Rasmda 1 egri chiziq maksimumi juda keskindir. Bu manzara ishqalish kuchining kichik qiymatiga mos keladi. Ishqalish kuchining qiymati juda katta bo'lganda bunday keskin maksimum ro'y bermaydi (2 egri chiziq).

Rezonans hodisasini qanday tushintirish mumkin? Masalan, arg'imchoq tebratilganda uncha katta bo'lmagan, biroq arg'imchoqning erkin tebranishi bilan bir "taktda" bo'lgan tashqi kuch bilan ta'sir etish kerakligi hammaga yaxshi ma'lum. Bir "taktda" degani – ta'sir etuvchi (turtki) kuchning yo'nalishi bilan arg'imchoqning harakat yo'nalishi mos tushishini anglatadi. Shuning uchun ham tashqi kuch musbat ish bajarib, bu ish arg'imchoqning har galgi yangi turtki energiyasiga ko'ra ortib boradi, uning tebranish amplitudasi ham ortadi. Mayatnik bilan bo'lgan tajribada ham xuddi shuning o'zi sodir bo'ladi bunda B mayatnik tortma orqali A mayatnikka uning xususiy tebranish chastotasi bilan bir "taktda" ta'sir etadi. Majbur etuvchi kuch chastotasi bilan sistemaning erkin tebranish chastotasi mos tushganda tebranish sistemasida maksimal energiya uzatilishi sodir bo'ladi. Shuning uchun ham amplituda keskin ortib ketadi.

Rezonans bir tomondan foydali bo'lishi mumkin, chunki kerak bo'lsa, tebranish amplitudasini oshirib beradi. Boshqa tomondan qaraganda, rezonans zararli va hattoki, havfli hodisa bo'lishi ham mumkin. Masalan, agar poydevorga mashina o'rnatilgan bo'lib, uning ish jarayonida mashinaning ayrim qismlari davriy harakatda bo'lsin. Bu harakat poydevorga uzatiladi, poydevor ham majburiy tebranishda ishtirok etadi. Poydevor ham o'zining xususiy tebranish chastotasiga

ega. Uning tebranish chastotasi mashinaning tebranish chastotasi bilan mos tushsa, poydevorning tebranish amplitudasi shunchalik katta bo'lishi mumkinki, bu tebranish poydevorning buzilishiga olib keladi. Ko'prikan soldatlar otryadi o'tganda tasodifan, ko'prikaning xususiy tebranish chastotasi soldatlar qadami chastotasiga mos kelib, ko'prikaning buzilib ketganlari ham tarixdan ma'lum. Rezonansning xatarli oqibatlariga qarshi kurashish chastotalarni mos keltirishga yo'l qo'ymaslik bilan belgilanadi. Buning uchun oldindan mashina, poydevor, transport vositalari va hokazoning tebranish chastotalari hisoblab chiqiladi, chunki ular ishlatilayotgan vaqtlarda rezonans holati ro'y bermasligi kerak.

Rezonans holatini biz kundalik hayotimizda tez-tez uchratib turamiz. Agar ko'chadan og'ir yuk mashinasi o'tayotganda uyning oynasi zirillab ketsa, bu oynaning xususiy tebranish chastotasi mashinaning tebranish chastotasiga tenglashganini bildiradi. Umuman olganda, har qanday zirillash rezonans bilan bog'liq bo'ladi. Rezonansni tajribada, majburiy tebranishlarni o'rganish munosabati bilan kuzatish ham mumkin. Majbur etuvchi kuchning tebranish chastotasini o'zgartirib (markazdan qochma mashina yordamida), mazkur tebranishlarning turli chastotalarida yukning tebranish amplitudasi turlicha bo'lishini sezish mumkin. Shunday chastota tanlash mumkinki, bunda amplitude nihoyatda katta bo'ladi. Bu hol rezonans sodir bo'lganini bildiradi.

TEBRANISHNING ZARARLI TA'SIRI

Tebranishning mashina ishiga tasir etishi injenerlik konstruksiyalariniig ko'pchiligini, xususan mashinalarni ishlatgan vaqtda ularga tashqi kuchlar ta'sir etadi va bu ta'sir muayyan vaqt oralig'ida takrorlanib turadi. Bunday takrorlanuvchi nagruzka (kuch) konstruksiyaning qaysi qismiga bevosita ta'sir ko'rsatayotgan bo'lsa, ko'p hollarda uning faqat shu qismini yoki butun konstruksiyani larzaga keltiradi (tebrantiradi).

Majburiy tebranish rejimi qaror topgan hollarda bu tebranishlar chastotasi mazkur konstruksiyaning tebranishiga sabab bo'layotgan o'zgaruvchan kuch chastotasiga

teng bo'ladi, bunday tebranishlar juda xavflidir, chunki borib-borib mashina konstruktsiyani sindirib, avariya sabab bo'lishi mumkin.

Mashinaning qismlari (vallar, turbina parraklari, mashinalarning va bug' kuchi bilan ishlaydigan bolg'alarining shtoklari, shatunlar, boltlar va boshqa detallar) takrorlanish vaqti o'zgarib turadigyn kuchlar ko'p marta ta'sir etishi, ya'ni majburan tebranishi natijasida, ko'pincha sezilarli qoldiq deformatsiya paydo bo'lmasdanoq, to'satdan sinib qoladi. konstruktsiyanishdan chiqaruvchi kuch uning statik (o'zgarmas) nagruzka ta'sirida normal ishlashiga imkon beradigan kuchlardan ham kam bo'ladi. Bunday hollarda konstruksiya qismlari, mashina detallari birdaniga sinmay, ancha vaqt ishlaganidan keyingina sinadi. Mashina detallari yoki konstruksiya qismlarining ma'lum vaqt ishlagandan keyin takrorlanuvchi nagruzka (kuchlar), ta'sirida sinishini «charchash»dan sinish deb atash qabul qilingan. Mashinaning «charchash» natijasida ishdan chiqishi deganda, o'zgarib turuvchi, ko'p marta takrorlanuvchi nagruzka (kuchlar) ta'sirida materialda hosil bo'lgan darzlarning sekin-asta kattalashib, mashinaning yemirilishi tushuniladi. Mashinaning o'zgaruvchi nagruzkalarga qarshilik ko'rsatishi uning chidamliligi deb ataladi.

Mashinasozlik taraqqiy etish munosabati bilan materialning «charchash» hodisasiga yanada kattaroq ahamiyat berilmoqda. Yaratilayotgan mashinalarning ish tezligi yil sayin oshirilmoqda, u bilan birgalikda esa ishlayotgan mashina detallariga ta'sir etadigan o'zgaruvchan kuchlar (zo'riqishlar) soni ham oshmoqda. O'zgaruvchan zo'riqishlar sonining oshishi mashinaning «charchab» ishdan chiqish xavfini oshiradi.

Mashinalarning ish tezligini oshirish darajasi iqtisodiy mulohazalarga qarab belgilanadi. Materialning mustahkamligini hisoblab ko'rish natijasida shu narsa ma'lum bo'ldiki, dvigateldan stanoklarga quvvat uzatuvchi val qancha sekin aylanadigan bo'lsa, uni shuncha yo'g'onroq qilib yasash lozim. Valning aylanish soni 100 baravar oshirilsa materialning mustahkamligi hamda uzatiladigan quvvat o'zgarishsiz qoldirilgani holda, valning vazni 21,5 baravar kamaytirilishi lozim. Ish

tezligi oshirilgan sari vazn kamaytiriladi, lekin tezlik oshganda mashinaning chidamliligi pasayadi, bunda mashina bardosh bera oladigan ish (nagruzka) sikllarining umumiy soni juda ko'p bo'ladi. Masalan, temir yo'l ko'prigi o'zining xizmat muddatida o'zgaruvchi ikki million ish sikliga bardosh bersa, bug' turbinasining vali 15 milliard ish sikliga bardosh bera oladi. Shunchalik katta ish sikliga sinmasdan bardosh berish uchun material «charchash» hodisasiga juda katta qarshilik ko'rsata bilishi lozim. Shuning uchun tebranish kuchi mashina va inshootlarga qanday ta'sir etishini bilish, shuningdek materialning chidamlilik darajasini tajribada sinab tekshirib ko'rish muhim ahamiyatga ega, bunda sinalayotgan materialdan yasaladigan konstruktsiyaning haqiqiy shakli hamda detallarning ishlash sharoiti hisobga olinishi lozim.

Biror detalning «charchab» sinishi natijasida butun boshli mashina yaroqsiz holga keladi. Butunlay ishdan chiqadi, bunday avariya kishilarning halok bo'lishiga va korxonaning katta moddiy zarar, ko'rishiga sabab bo'lishi mumkin.

Mashinalarning «charchab» ishdan chiqishi ko'pincha kemalarda kuzatiladi. Masalan, Angliyada uch yil ichida kemalarning 228 ta eshkak vali singan, bunga ko'pincha val materialining «charchashi» sabab bo'lgan. Kema eshkak valining sinishi natijasida ko'pincha butun mashina ishdan chiqadi. Masalan, 1890 yilda Angliyadan Amerikaga suzib ketayotgan yo'lovchi paroxodi shunday sabab bilan halokatga uchradi: paroxodning bahaybat bug' mashinasi chilparchin bo'ldi. Agar yaqinroq masofada suzib ketayotgan boshqa kema uni shatakka olib, Angliya sohillariga olib borib qo'ymasa, kim biladi deysiz, paroxoddagi 1000 nafardan ko'proq yo'lovchining holi nima kechardi.

Qo'zg'atuvchi tebranish chastotasi mashina sistemasining tebranish chastotasiga tenglashadigan sharoitni, ya'ni rezonansning qanday sharoitda vujudga kelishini yaxshi bilish va hisoblab topish zarur.

Hozirgi zamon energetika xo'jaligida elektr energiyaning 80 foizdan ko'prog'ini bug' turbinalari o'rnatilgan issiqlik elektr stantsiyalari ishlab chiqaradi. Zamonaviy

turbinalarning quvvati 500-800 ming kilovatt, rotoru bir minutda 3.000 marta aylanadi. Bunday turbinaning generatori 100 ming va bundan ham ko'proq kishi yashaydigan butun boshli sanoat rayonini elektr energiya bilan ta'minlaydi.

Turbina aylanib turganda uning parraklariga vaqt-bavaqt buq ta'sir etadi, disklariga — markazdan qochuvchi kuch, rotoriga va generatorga esa muvozanati buzilgan kuchlar ta'sir etadi, mana shularning qay biri avariyaqa sabab bo'lib, katta moddiy zarar yetkazishi mumkin. Ehtimol kitobxonda, buning hammasi injener xodimlarga bog'liq-ku, degan fikr tug'ilar, lekin bunday o'ylash xato. Zamonaviy mashinalarning har biri, uning murakkabligi va katta-kichikligidan qat'iy nazar, ishchilarning: tokar bilan slesarning, frezerovshik bilan instrumentalshikning va boshqalarning mehnati tufayli vujudga keladi. Demak, ishonchli, tejamli, bahaybat mashinalar yaratish uchun injener xodimlar ham, ishchilar ham kuch-g'ayratini, ijodiy mehnatini ayamashligi lozim. Mashinalarning ishonchli va tejamli bo'lishi injener xodimlarning mehnati bilan ishchining yuksak ishlab chiqarish madaniyatiga va ijodkorligiga bab-baravar bog'liqdir.

Parraklarning o'z tebranish chastotasi va diskning aylanish tezligi to'g'ri tanlanib, rotorlar yuksak darajada muvozanatlashtirilgan taqdirdagina bug' turbinasi yaxshi ishlaydi.

KO'PRIKNING TEBRANISHI

Tiragich ustunlarining orasi katta-katta bo'lgan zamonaviy po'lat va temir-beton ko'priklar mamlakatimizning taraqqiyot darajasini va ishdab chiqarishni mohirona tashkil eta bilishini ko'rsatuvchi dalildir.

Biroq po'lat ko'priklar tirkovichlarining oralig'i katta bo'lishi va ulardan og'ir poezdlarning katta tezlikda o'tishi ko'prikning tebranish xavfini tug'diradi. Shu sababli bunday xavfning oldini olish choralari ko'rsatib o'tishga to'g'ri keladi.

Ko'priktan poyezd, avtomashina, bir to'da kishilar, traktor va hokazolar tez yurib o'tganda, ko'prik fermalarining egilish va zo'riqish darajasi shu poezd ko'prik ustida

qimirlamay turgan paytdagidan kattaroq bo'ladi. Bu dinamik ta'sir ko'priknining o'z tebranish chastotasiga hamda poyezd, avtomashina, traktor va shu kabilarning vazni bilan ko'priknining vazni o'rtasidagi nisbatga bog'liq. Poyezd qancha tezroq yursa, ko'prik fermasi shuncha ko'p egiladi.

Ko'prikdan o'tayotgan poyezdning zarb kuchi (xususan uning chastotasi ko'priknining o'z tebranish chastotasiga yaqin bo'lgan hollarda) ko'prikka yanada jiddiyroq ta'sir etadi. Biroq tirgovuchlarning oralig'i o'rtacha (30 m) bo'lgan ko'priklarda rezonans vujudga kelishi ehtimoldan uzoq, chunki bunday ko'priklarning o'z tebranish chastotasi poyezd o'tgandagi zarb kuchining takrorlanish chastotasidan ancha katta bo'ladi, bu esa poyezd yetakchi g'ildiraklarining bir minutdagi aylanish soniga bog'liq.

Tirgovuchlarning orasi katta bo'lgan ko'priklarda rezonans vujudga kelishi mumkin; shu bilan birga bunday ko'priklarning egilishi statik og'irlikdan egilishdagiga nisbatan 60-70 foizga ko'proq bo'ladi. Ko'priknining eng ko'p egilishi poyezd uning uzunligini taxminan uchdan ikki qismini o'tib bo'lganda sodir bo'ladi.

Kishilar kolonnasi baravar qadam tashlab o'tayotganda ham ko'prik tebranadi, bunday vaqtda ham rezonans vujudga kelishi mumkin. Masalan, 1850 yilda

Fransiyaning Anjera shaqri yaqinida shunday bir voqea ro'y berdi. Uzunligi 102 metr keladigan zanjir ko'prikdan bir to'da soldat (487 kishi) baravar qadam tashlab o'tayotganda ko'prik zanjiri uzilib qoladi va ko'prik bilan birga soldatlar ham daryoga yiqilib tushib, 226 kishi halok bo'ladi; buning sababi shuki, baravar qadam tashlaganda qadam chastotasi ko'priknining o'z tebranish chastotasiga tenglashib, tebranish qulochi niqoyat darajada oshib ketganligidan ko'prik zanjiri bardosh berolmay uzilib ketadi. Shu voqeadan keyin barcha armiyalarda ko'prikdan o'tishda «baravar qadam tashlanmasin», «shaxdam qadam tashlanmasin» degan qoidaga qat'iy amal qilinadigan bo'ldi. 1900 yilda Peterburgda Fontanka ustiga qurilgan zanjir ko'prikdan gvardiyachi kavaleriya eskadroni o'tib borayotganda (yaxshi o'rgatilgan otlarning baravar qadam tashlashi natijasida) qadam chastotasi

ko'priknining o'z tebranish chastotasiga tenglashadi, zanjir uzilib ketib, ko'prik bilan birga soldatlar ham suvga yiqilib tushadi va taxminan 40 kishi halok bo'ladi.

Ko'priklarda majburan tebranishlardan tashqari, flutter tipidagi avtotebranishlar sodir "bo'lishi ham mumkin, samolyotlarda bunday tebranish qanchalik xavfli bo'lsa, ko'priklarda ham shundaydir. Amerika qo'shma Shtatlarida Takoma bo'qozi ustiga qurilgan zamonaviy konstruksiyadagi osma ko'priknining 1940 yilda avtotebranish natijasida yemirilganligi buniig isbotidir. Ko'prik foydalanishga topshirilib to'rt oy o'tgach, ko'priknining bo'yi 853 metr keladigan o'rta qismi soatiga 67 kilometr tezlikda esgan dovul ta'sirida yemiriladi. Uning yemirilishiga «chiziqlimas flutter» deb ataluvchi tebranish sabab bo'ladi. Bu avtotebranishning bir turi bo'lib, to hozirgacha yaxshi o'rganilmagan.

Xulosa.

Xulosa qilib shuni aytish mumkinki o'rta – umumta'lim maktablarida, akademik litsey va kasb-hunar kollejlarda umumiy fizika kursini o'qitishda o'quvchi talabalarning o'qituvchi tomonidan bayon etgan nazariy bilimlari o'quv eksperimental asosida to'ldiriladi.

Bundan: O'rganilayotgan xodisani pedagogik o'zgartirilgan tarzda ko'rsatish. Fanda aniqlangan qonunlar va nazariy tushunchalarni o'quvchilarga tushunarli ko'rinishda tasvirlashi. O'rganilgan fizik xodisalarni texnikada qo'llanilishini ko'rsatish. O'qitishning ko'rgazmaligini oshirish. O'rganilayotgan xodisaga o'quvchilarning qiziqishini oshirish, imkoniyatlarini vujudga keltirish.

Bu imkoniyatlarni xisobga olib kurs ishida tovush manbalari, tovush qabul qilgichlar, tovush **tebranishini** tarqalishi, tovush rezonansi xodisalarini eksperimental ko'rinishlarini bayon etdim.

Ushbu kurs ishida tovush to'liqlini va uning turlari nazariy tushunchalar bilan birga ishda bayon etilgan yuqoridagi o'quv eksperimentlaridan foydalanib dars o'tilsa fizika mashg'ulotlarining samaradorligi yanada ortadi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati.

1. Karimov I.A. Barkamol avlod – O'zbekiston taraqqiyotining poydevori // – Toshkent. 1997. – B. 11-12.
2. Arziqulov A.U. Interfaol usullar. – Samarqand, 2003. – 32 b.
3. M.Ismailov, P.Habibo'llayev, M.Xaliulin Fizika kursi, Toshkent, "O'zbekiston, 2000y.
4. Q. Ishmatov "Yangi pedagogik texnologiealar" maruzalar matni Namangan 2006
5. Sh. Abduraxmonov "Pedagogik texnologiealar" metodik qo'llanma Namangan 2006
6. A. Yu. Umarov. "Gidravlika". Toshkent, "O'zbekiston", 2002 yil, 460-bet.
7. Tayloqov N.I. Uzlaksiz ta'lim uchun informatikadan o'quv adabiyotlari yangi avlodini yaratishning ilmiy-pedagogik asoslari. –T.: "O'zbekiston milliy ensiklopediyasi" Davlat ilmiy nashriyoti. 2005 y. -160 b.
8. M.Raxmatullayev Mexanika, Toshkent, "O'qituvchi", 1995y.
9. . V.F. Izbosorov, I.R. Kamolov Mexanika, Toshkent, " Lider Press" 2009 y.
10. V.A.Aleshkevich, L.G.Dedenko, V.A. Karavayev KOLEBANIYA I VOLNBI (Universitetskiy kurs obshey fiziki), Moskva, MGU, 2001 g.
11. B.Otaqulov, T.Azimov, Yu.Po'latov, D.Yusupova "Mexanikaning fizik asoslari" fanidan elektron darslik (E-mail. Atmum @ fdu.vodiy.o'z.
12. Sayidahmedov N. Yangi Pedagogik texnologiyalarning mohiyati. // «Xalq ta'limi», 1999 yil, 1-son, 97-102 betlar.
13. Sayidahmedov N. Ta'limda harakatlantiruvchi kuch. // «Ma'rifat» 1998y
14. Sayidahmedov N. Yangi pedagogik texnologiyalar. T., «Moliya», 2003y.

Internet saytlari:

1. <http://journal.sakhgu.ru/work.php>.
2. <http://www.exponenta.ru/educat/class/courses/la/theme>
3. <http://lib.mex.ru>