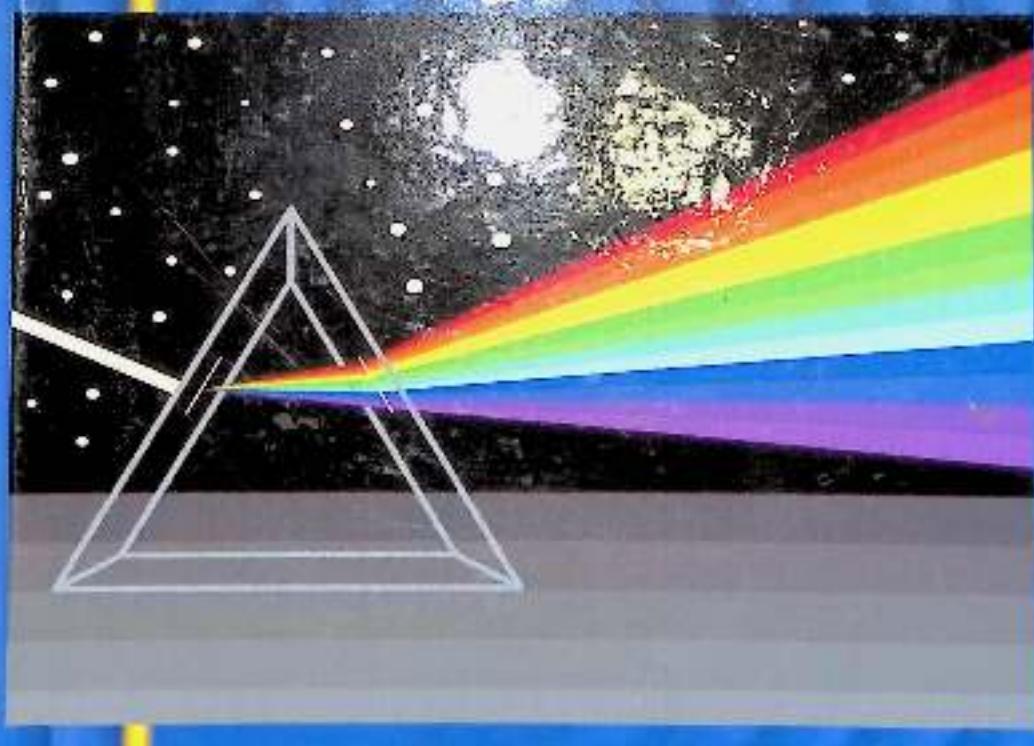


535  
3-45

ZAXIDOVA M.A. RASULLOVA M.E.

# OPTIKA



535  
2-45

MIRZO ULLUGBEK NOMIDAGV O'ZBEKİSTON  
MILLİY UNIVERSİTETİ

O'ZBEKİSTON RESPUBLİKASI MILLİY GUARDİYASI  
HARBİY-TEXNIK INSTITUTI

ZAXİDOVA MAVLUDA ABDUKARIMIVNA  
RASULOVA MUXARRAM ERKİNGONOVNA

# OPTIKA

O'QUV QO'LLANMA

*Ikkinci nashr*

Toshkent  
"Innovatsiya-Ziyo"  
2022

UOK: 517.1  
KBR: 22.3 R - 2  
B 54

535.1:537 (075.8)

Zaxidova M.A., Rasulova M.E.  
Optika / O'quv qo'llanma/. - Toshkent: "Innovatsiya-Ziyo", 2022.

Ushbu o'quv qo'llazma, harbiy-izruk mutaxassisligi bo'yicha ta'lim olbyoyigan kursandilari va universitetning ta'lim jasayotganing moddiy kredit normiga o'tishda tashabbus mustaqil ta'lim olish hayqotini shakllanturish va fizika fannini chequrni o'qitishi uchun mo'ballangan. O'quv qo'llazma unumro fizika kunning elektronmagti to'qililar va optika bo'linigiga aid namoyonchiliklarning o'sishini o'ziga ega etishadi.

Qazaq natshe qızılayotqaz bu qo'llanma optika bolimiga doır asosly fizikalı parsonyolar, өзүнүң өнөнчилдөрдөн табылан, elektromagnit to'lgasolar уақытта айлардан өрнелмәләр және көзөңиң заман функциясынин жаңы түрлөгендештік мөндердөн турады. Замандастырылған оптикалық сабактар, лазерлер, голограммы, және түбілар физиками, яғни оптикалық, өзүншілктердің тәсілдері және түрлөндірілген

Üniv. fizikanın elektromaq. təlqinə və qızılı bənimkən olsadı.  
maçuslu məmə, məzvuga doz pedagoqik texnologiyalar həmdə əlqan  
bilimlər müstəqəmkənlik üçün nizamət səvələci, məsalələr, testlər və  
əməkdaşlıq həmləsi.

O day qı Bismillək universitetin tətbiq etdiyi tələbatları həndə shı  
sənəd bilər. Shıq uluslararası məzuniyyətlər fərdi təlimatçılarının

Tourist behavior

M.Qurbanov - O'zbekiston Milliy universiteti "Umumiy fizika"  
rahitliq professori, u. Ed.

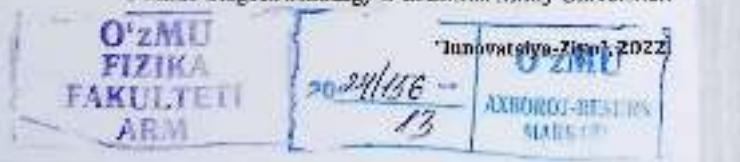
Sh.K.Ne'matov - Toshkent davlat texnika universiteti professori  
f.m.f.d.

O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta mazkur ta'llim vazirligining 2019-yil 20-yuvi dog'i 654-tonli buyruqiga bilan qayta mazkr qilishiga tafsila o'tilgan.

ISBN 5-785943-67-6 · 3-5

© Zaytseva M.A., Basileeva M.P., 2023

© O'zbekiston Respublikasi Milliy Gvardiyasi Hizbiy-tezorik institut  
 © Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy Universiteti



"Tazaveur bilomdan ko'ra ko'proq abuniyatiga ega. Billov biz  
kechir biladigan va nashonaligan surʼatiarganiga tayammuli. Tazaveur  
ira buna olmani va biz qachonlardir nashonaligan, bilik oladigan  
surʼani hem qawaydi!"

Albert Eynishteyn

## SO'Z BOSHI

O'zbekiston Respublikasida Oly O'quv yurtlarining asosiy  
uzifari, kaderlar tayyorlash ushligi dasturi asosida har taʼmonlurma  
yetti. Janʼiyot xavotiga moslashgan va oʻz kasbi bo'yicha fani yuqori  
saviyada oʻsloshtegan kaderlar tayyorlashulari iboratdir. O'zbekiston  
Respublikasi Prezidenti Sh.M.Mirziyoyev Janʼunidan "Oly taʼlim  
szinini yanada rivojlantirishning chora - tadbirlari to'gʼridagi"  
qarnei xam bu sozadagi amalga oshirilayotgan yobtiy ichlarning  
mantiqiy davomi boʻldi. Usku qarovang ʼyrusini taʼminlashga  
yoʼnaltirilgan darsorda oly taʼlim szinini muazzasalarini zamonaviy  
oʼquv, oʼquv - uslubiy va ilmiy adabiyotlar bilan taʼminlash orqali  
OTMlarining modus- kredit nizomiga oʼsishda talabolorni mustaqil  
taʼlim olish tayroqatni zhakillantirishga erishish mumkin. Shuni  
mohatga olgut xoddla yuqoridaqgi qorovlarning ijrosi xifaidaga xozieg'i  
zamon fizikasining dolzorb yoʼnalishlariga bagishlangan usku  
darslik tayyorlandi.

Fizika yerdagi kuzatiladigan tabiiy hadisalar va atrofimizni oʼrab  
turgan meddaly borligining obʼektiv hisselerini oʼrganadi. Atrofimizda  
(tabiatida) raʼy beravotgan harha oʼzgarishlar va jarayonlar  
material obʼektlarning sʼaroq taʼiri va harakati nafasidir. Fizikada  
oʼrganiladigan haruket turkisi devorli barcha kimyavcy, biologik va  
geoftikavly jarayonlarda uchrayıdi. Shu xababli fiziku asoslarini  
hilmay turib, kimyavcy, biologik, geologik yoki genofizikavly  
jarayonlarna yetariž darajada oʼrganish mumkin emas. Fizikasining

rivojanishi hamma vaqt boshqa tabiiy fanlar bilan chomborlari  
boz tiz qo'sh kelgan, bu hozir kimyoqiy fizika, astrofizika, geofizika,  
biophysika va boshqa fantaarning rivojanishiga olib kealdi.

Fizika tabiiy fanlar orasida tan sifatida shakllanib,  
hozirgi zamondagi fizikasi davrasiga kelgancha bir quricha tarcurqiyut  
bosqichlarini bosib o'tgan. Bu bosqichlarni shartli rovishda quyidagi  
usosiy to'rt davrga bo'lish munkin: Qadimga anzik davrdan XVI asr  
oxirigacha bo'lga davr, fizikaning fan sifatida shakllanish davri  
(1600-1700 yillar), klassik fizikaning yaxlit nazarivva sifatida  
shakllanish davri (XVII usrning oxiri - XX asrning boshi) va oliboyat,  
hozirgi zamondagi fizikasi davri (XX-XXI asr) qo'sha bo'lgan oraliqda  
yotadi va unda yorug'lik hodisalarini va qonunlari, yangi tilning  
tabiatli hamda uning modda bilan yaroq ta'sir jarayontari o'resueklasi.  
Hozirgi zamondagi optikasining rivojanishi mobil aloqa tizimi, mur  
tolalar, holografiya, lazer fizikasi va yoruglikning modda bilan ta'siri  
mutilasida kuzatiladigan jarayonlarni o'rGANISHING yangi shartlarini  
o'chub herdi. Mizol uchun zamondagi lazer spektroskopiyasi uchi  
modularning tuzilishi haqida qolish, ulardagi avyob komponentolarni  
anqlash, biologik tizimlarda metabolik jarayonclar dinamikasi va  
energetikasini o'rGANISH nukusini beradi. Bu usulning asosi, jihat  
to'qimalarlo yuz beruvchi esasiy fizik - kimyoqiy jarayonlarni  
buzmasdan turib, turik jonzoqlar tuzilmasida o'ta tez piko-va  
femtosekundli vaqt davramida kuzatiladigan jarayonlarini shu  
devoniylidagi lazer impulsulari ta'siri orqali kuzatish imkonini  
beradi. Lazer surʼanishining mayoh xossalari - yugori  
monokromatistik va yo'naltiligandagi ictiduriz va o'ta qisqa impulslar  
boz rivojida generatsiyalanishi, yorug'lik radieryamanligi modda  
sirdida o'chamfori bir necha mikronli sohalarda o'ta yugori  
koncentrasiyalash va spektral tengligi o'nlab va yuzlab MHz bo'lgan  
atomor va molekuliyar tizimlar bilan rezonans o'zaro ta'sirlashuvini  
analiza oshirish imkonini yaratadi. Ba esa o'ta o'rniida guslar:

sujuqiklar, qutiq muddalar, geterogen jarayonlar, murakkab biologik ob'ektlarning fizik- kimyoviy zorralarini o'rGANish uchun yangi istiqbollarni ochdi. Xususim tarbi to'qin uzenliklarda mu'lizuvchi yuqori qurʼatli uchukdz va impulsl rojimda shlovlari, gazli va qutiq jismoni laserlarning yuzaga kelishi, ularning fagat fiziologichka o'smay balki kimyo, biologiya, maddasiznoslik va boshqa yo'naliishlarga qo'llanishi, gomogen va geterogen jarayonlarni o'reganishiga asoslangan tadqiqotlarda laser texnikasi va laser texnologiyasini manzilga qo'llash esa, selective fosfursayonlar yordamida muddalarini va izotoplarni bo'lish metallar sirtiga ichlar berish gazlar adsorbsiyasi va desorbsiya jarayonlarini nazorat qilish bosqarish. qutiq jum sirtida bosqariluvchi parametrlari mudda qidamalurni hasil qilish imkanini beradi.

Darslikda opika bo'limiga doer asosiy fizikaviy jarayonlar, qozon va qozonlaysilardan tushqari ularning zamonaviy tekniqa va tarmochka qo'llanishiga doer misollar, talabalarda tabliamang o'reganishyogni hadisolariga qo'shi, vonduzishk imkonini beruvchi, opika korzini o'qitishda ishlatsiz mumkin bo'lgan muammolari vaziyatda, testlar va maxsor savollari keltirish o'tilgan. Mazkar o'qav darsligi, universitetning taʼsiy taʼlim yo'naliishi talabalarini va boshqa tehnik yo'naliishda tagail otavotgen talabalar optikani mustaqil o'reganishlar uchun ma'lumotlaring bo'lib, uni yaratishda yerkakta korijev oly u tam muassasalarining o'quv dasturlariga kirtilgan odabiyatlar dan olingan ma'lumotlardan foydalaniylgan [1].

Uazmir fizika kursining Opika bo'limini dastlab elektromagnit maydon, elektromagnit to'lginlar va ularning hossasiari bilan tanishishidan boshlashtirishda maʼqoldi yurugilishning to'lgini nazariyaxini tafsiflashda ka ma'lumotlardan keng foydalansiladi.

## I BOB. ELEKTROMAGNET MAYDOMEVA TO'LQINLAR

### §1. Elektromagnit maydon va to'lqinlarning xususiyatlari

Fazoda modda yoki maydonlarni turli ko'rinishadagi g'alayonlanishning tarqalishi - to'lqin deb ataladi. To'lqin hodisasi g'alayonlanish energiyasining ko'chishida nemoyon bo'ladi. Mexanik, tayush va elektromagnit to'lqinlar tabiatini qiyoslab chiqaylik.

*Mexanik to'lqin* - bu g'alayonlanish yoki tebranishning elastik muhitidagi tarqalish jarayonidir. Bu to'lqinlarni yuzaga keltiruvchi jism to'lqin manbi deb ataladi. *Mexanik to'lqinlar tarqalishida muhit molekulalari ko'chmaydi, baxki o'suvorozotni o'trofida tebranadi.* Muhitning tebranayotgan zarrachalarini hali tebranshga ulgurmaganalardan ajratuvchi sifat to'lqin fronti deb ataladi.

Bu xil fazalarda tebranayotgan raqqlardan o'suvchi sifat to'lqin sifati deb ataladi. O'suvbauda to'lqin fronti to'lqin sirrlarining bindisi. To'lqin sirrlarining shakli manbalarning joylashishi va muhitning xususiyati bilan aniqlanadi. To'lqin tarqalish yo'nalishini ko'rsatuvchi chiziq to'lqin nuri deb ataladi. Izotrop muhitlarda to'lqin nurlari to'lqin surtlariga normaldir.

Muhitda bosil bo'sildigan elastik deformatsiyalarning xarakteriga qarab ularni ko'ndalang va bo'ylama to'lqinlarga ajratish mo'mkin.

*Bo'ylama to'lqinlarda* muhitning zarrachalarini to'lqin tarqalish yo'nalishi bo'ylab tebranadilar. Bo'ylama to'lqinlarning tarqalishi elastik muhitning siqilish va cho'zilish deformatsiyalariga bog'liqdır va barcha muhitlarda: suynilik, qattiq jism va gazlarda solir hu'ladi. Bo'ylama to'lqinlarning tarqalish tezligi

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{E}{\rho}}, \quad (1.1)$$

dan iborat. Bu yerda  $E$  - Yung moduli,  $\rho$  - elastik muhitning zinchligi.

*Ko'ndalang to'lqinlarda* muhit zarrachalari to'lqin tarqalish yo'nalishiga perpendikulyar yo'nalishlarda tebranadilar. Ko'ndalang to'lqinning tarqalishi siljish deformatsiyasiga bog'liq bo'ladi va u faqat qattiq jismlarda kuza tiladi. Ko'ndalang to'lqin tarqalish tezligi quyidagidan iborat:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{G}{\rho}}, \quad (1.2)$$

Bu yerda  $G$  - sijahz moduli. Odadila yung moduli sijahz modulidan katta bo'lgan uchun ( $E > G$ ), bo'ylama to'iqin tizligi ko'ndalang to'iqin tizligidan kattudur.  $\epsilon_s > \epsilon_p$ .

Muchitdag'i elastik to'iqularning istalgan bosqqa tartibili muhit zarrashalarini harakatidan o'szulari farqi - to'iqin tizqaliishi mudda ko'chishi bilan bog'liq bo'lmasligidandir. Zarrashalar faput o'zlarining muvozanat bolallari atrofida tebranadilar.

To'iqin jarayonining xarakteristikasi deb muhit zarrashalarining muvozanat hohflaridan siljishiga aytildi. Siljishning vaqtiga va koordinataga bog'lapligi to'iqin tenglamasi deb ataladi.

Misal uchun, to'iqin manbi koordinatasini bosh 0 nusqa bo'lin va

$$\xi = A \sin(\omega t + \varphi), \quad (1.3)$$

qaysi bo'yicha garmounik tebranish hosil qilsin. Bu yerda  $A, \omega, \varphi$  - tebranishning amplitudasi, siklik chastotasi va boshlung'ich fazasidir. U holda  $OX$  o'qidagi  $M$  nusqada  $\xi$  kattalikning tebranishi  $\xi$ , tebranishdan faza bo'yicha orqada qoladi:

$$\xi = A \sin(\omega t - \tau) + \varphi = A \sin\left(\omega t - \frac{\omega}{c} x + \varphi\right) = A \sin(\omega t - kx + \varphi) \quad (1.4)$$

Bu yerda  $x = \frac{N}{c}$  - to'iqining  $OM = X$  masofaga yetib kelishi uchun zarur bo'lgan vaqt.  $\lambda = \frac{\omega}{c} = \frac{2\pi}{T\omega} = \frac{2\pi}{Z}$  - to'iqin soni.  $\lambda = cT =$  to'iqin uzunligidir.

To'iqin uzunligi deb to'iqin frontining  $T$  bir davrga teng vaqtida ko'chgan masofasiga aytildi. Napa ko'chishining masoliga bog'liq grafigidagi his-biriga yaqin ikita maksimum orasidagi masofa to'iqin uzunligiga tengdir.

To'iqin soni deb,  $\lambda$  masofadagi uzunlik birligida joylashadigan to'iqin arzueklari soniga aytildi. Serek to'iqin tizqalganda, manoboda to'iqin fronti ozoqlashganda, bir xil vaqtida, tebranma harakatiga eshib boravchi misqorda muhit hajmi jib qilinadi. Shu sababli vaqt u'tishi bilan amplituda kamayib boradi:

$$\xi = \frac{A_0}{r} \sin(\omega t - kr + \varphi), \quad (1.5)$$

Bu yerda  $A_0$  - muhitning  $r$  - masofadagi nusqalarunda to'iqin amplitudusidir.

Istalgan to'loqining funksiyasi to'loqin deb atalvchi differentisl tenglamanning yechimidir.

O'X yo'nalishda tarqalayotgan yassi to'loqin uchun to'loqin tenglamasini topib ko'ramiz.

$\zeta$  dan  $x$  va  $y$  bo'yicha ikkinchi tartibili xususiy bosilashni alamiz.

$$\begin{aligned}\frac{\partial^2 \zeta}{\partial t^2} &= -\omega^2 A \sin(\omega t - kx + \varphi) = -\omega^2 \zeta, \\ \frac{\partial^2 \zeta}{\partial x^2} &= -k^2 A \sin(\omega t - kx + \varphi) = -k^2 \zeta.\end{aligned}\quad (1.6)$$

Illi tenglamaning o'ng taraflarini taqqoslasak

$$\frac{\partial^2 \zeta}{\partial x^2} = \frac{1}{\omega^2} \frac{\partial^2 \zeta}{\partial t^2}, \quad (1.7)$$

O'X o'qi bo'yicha tarqalayotgan yassi to'loqining to'loqin tenglamasiga ega bo'lamiz.

$$\text{Bu yerda } \frac{k^2}{\omega^2} = \left( \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{r}{2\pi} \right)^2, \quad \frac{\lambda}{r} = \nu.$$

Umumiy holda, istalgan yo'naliishlarda tarqaladigan to'loqin uchun,  $\zeta, x, y, z$  kordinatalar va  $t$  vug'tiga bog'liq bo'ladi.

$$\frac{\partial^2 \zeta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \zeta}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \zeta}{\partial z^2} = \frac{1}{\omega^2} \frac{\partial^2 \zeta}{\partial t^2}, \quad (1.8)$$

Sinusoidal to'loqinining tarqalish rezigi fazaviy texnik deb ataledi. U fazaning belgilangan qiyomatiga mos keladigan to'loqin sartlarining ko'chish tezligini bildirdi.

*To'vush deb*, insonnинг eslitishi organida tovush sevgisini uyg'otuvchi bo'ylama mehanik to'loqlurlarga aytiladi. Heveda tovush to'loqlari havo qatlaming geb zinchlashib, goli siyrakdashishi, yu'ni havo bosimining davriy ravishda tebarishi elastic bo'ylama to'qin ko'rinishida tarqaladi.

Havo zarrahdalarining tebarishi yo'naliishi tovushning farqilish yo'naliishi bo'yicha bo'lgani uchun ham tovush to'qirlari bo'ylama to'loqlardir. Tovushi manbari bilan eslitish organi oessidagi tovush to'loqlarini templa oledigan elastic matrit mavjud bo'lgandagiga, tovush eshitildi. Tebarish chastotlari 20 Gs dan 20000 Gs gacha bo'lgan bo'ylama mehanik to'loqlargina insonnинг eshilish organida tovush sevgisiini uyg'otir ekan. Bu chastotlari intervaliga eslitish dispazonini deyladi. Tebarish chastotlari 20000 Gs dan katta bo'lgan mehanik tebarishlarga ultratovushlar deyladi. Ultradovush

to'qinlarining taraqali shaxsiyati va yubishining muhit holatiga bo'lganishidan moddalar molekulyar hissalarini o'rnatishda faydalaniadi. Tchranish chasotasi 20 Gs dan kichik bo'lgan mexanik to'qinlarga infravush to'qinlar deyiladi.

Odatda, ultratovush to'qinlarni generatsiya qilish uchun, asosan p'yezoelektrik va magnitostriktiv nurlatgichlar ishlataladi.

Ultratovushli to'qinlar bir qator o'ziga xususiyatlarga ega. Ulardan eng muhim, yeng'likka o'xshab tur yo'nalgan distilar - ultratovushli matrlar kabi surʼanishi mumkin. Ultratovushli surʼamning ikki muhit chegatasida qaytishi va simshi geometriyaviy optika qonunlariga asosan sodir bo'ladi. Shuning uchun ultratovush surʼfari taraqali yo'nalishini o'zgartirish va fokuslashda har xil shakldagi synalar, tovushli linzalar, prizmalar va boshqa qurilmalar qo'llaniladi.

*Tovushli linzalar*, tevush taraqalidigan mahsudagi tezligidan farq qiluvchi tezlikka ega bo'lgan materiallardan foydalanziladi. Masalan, suyuqliklardan iborat bo'lgan muhitiga no'jallangan tovushli linzalar plastmassalardan mayyorlanadi.

O'ylikadagiga o'shabash, tovushli oyna va linzalarga bir-biriga qaranga-qarshi bo'lgan tulablar qo'yildi. *Tovushli synalar* ultratovushli to'qinlarni iloji bericha to'la qaytarish xususiyatiga ega bo'lishlari kerak.

Tovushning taraqali shaxsiyati maxsusning zinchligiga bog'liq, shuning uchun tovush tezligi har xil moddalar da har xil qiymatilarga ega bo'ledi. O'S harorstda, lava bonda havoda tovush 231.3 m/s tezlik bilen taraqladi. Tezlik elastikklik moduli va modda zinchligiga bog'liq bo'ledi. Havo va boshqa gaz va suyuq muhitlarda tovush tezligi quyidagiCHA ifodalanadi.

$$\nu = \sqrt{B/\rho}$$

bu yerda  $B$  - elastic kuch yoki har tomonlama sifilish moduli,  $\rho$  - muhit zinchligi. Zinchligi havoga nebsan sezilarli kichik bo'lgan qolimda, har tomonlama sifilish moduli bir xil bu'lishiga qaratmay tovush tezligi deyarli uch marja ketadir.

Tovush o'zining kuchi, salardagi va tembi bilan tushflanadi. Tovushning kuchi yoki jadalligi to'lojo taraqalishi yo'nalishiga perpendikulyar bo'lgan birlik yuzaga kesimidan uzatilayotgan to'qin energiyissi miqdori bilan aniqlanadi. To'qni uzetayotgan energiya

to'lgan amplitudasining va chastotasing kvalitativiga proporsional bo'lgani uchun, tovush kuchi ham shu kaitaliklarga proporsionaldir.

$$F = \frac{1}{2} A^2 \rho \omega^2 \rho \omega$$

bu yerda  $A$  to'lgan amplitudasi,  $\omega$  - to'lganin siklik chastotasi,  $\rho$  - mukit zichligi,  $\rho$  - to'lgan turqalishining fazaviy tezligidir.

Misol uchun, chastota o'zgarmas bo'lganda, amplituda ikki marmotuba kuchayadi, tovush jadalligi esa bir marmotuba oshadi. XBT da tovush jadalligi birligi  $F/m^2$  da o'chanadi, SGS tizimida esa  $\frac{Fg}{m^2}$  da o'chanadi.

Elastik mukibida bo'ylarma tovush to'lganining turqalishi mukiting hajrimy deformatsiyalarini bilan bog'lidir. Shuning uchen mukiting har bir nuqtasidagi bosim uzlaksiz tebranib turadi va u mukit bosimining maxozanzadagi oynevoti va  $\Delta P$  qu'shimcha bosim yig'indisiga tengdir.  $\Delta P$  qu'shimcha bosim mukiting tovush bosimi deb ataladigan deformatsiyasi te'sinda ujudige keladi. Tovush bosimi halardilagining birligi qilib «Bell» olingan. «Bell» katta o'chav birligi bo'lgan uchun uning o'rnan bir qismi detsibell ( $dB$ ) olinadi.

Fiziologik akustikadiz tovush sezishining ravishni silsilia tovushning belandligi, tembri va qattiqligi qabul qilinadi. Tovush belandligi deb, tebranish chastotasi va eshitish qobiliyatiga bog'liq bo'lgan, deyarli, davriy tovuslarning sifatiga aytiladi. Chastota pasayishi bilan tovushning belandligi pasayadi.

Tovushning kuchi va jadalligidan farqli, *tovush qattiqligi* eshitish sezgirligi kuchining sub'yekтив balansidir, u mukiting zichligi va qulogning sezgirligiga bog'liqdır. Tovush qattiqligi birligi sifatiga «fon» qabul qilinadi va uni chastotasi  $10^2$  Hz bo'lgan tovushning basil qilgan bosimi  $1dB$  ga tengligini bildiradi. Insou qulog'i tovushning ayrim jadalligini qabul qildi. Past yoki surʼi tovashlarni inson qabul qila olmaydi. Tovushning har bir chastotasi uchun *eshitish chegarasi* deb ataladigan ayrim tovush jadalligi mavjud, yaʼni bundan past holadorda shu chastotali tovush eshitilmaydi. Kuchli tovashlarni ham, inson qulog'i eshitmasligi mumkin, shunchi u fuqar qulogda ogʻiz qo'zg'atihi muunkin. Inson qulog'i  $10^{12} V/m^2$  (eshitishning eng qui)

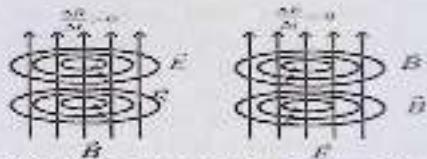
cheqarasiidan  $1 \text{ cm}^2$  tog'riq seziladigan cheqaraqgacha jadallikdagi tovushlarni qabel qilishi mumkin.

**Yorug'lik o'zi nima?** degan manba to'g'risidagi qadimgi olimlarning dastlabki tasavvurlari nihoyatda sodis edi. Ulardan jada ingichka maxsus paypaslagicilar chiqib, ular narsalarni paypaslaganda ko'rish tuyg'usi boshil bo'ladi, deb hisoblaganlar. Hozirda esa yorug'lik so'zini tushganda miyada ko'rish tuygusi boshil bo'lishi matigasida narsalarni ko'rishimiz hech kimga sir emas. Yorug'lik nurlarishi elektromagnit zurnishining ko'rish tuygrasi bilan baholamadigar qismini tashkil qildi. Yorug'lik elektromagnit io'kislar oqinidan iboratdir. Shu sababli optika qomuslarini o'rnatishni elektromagnit maydoni ya elektromagnit toqinlarning hisusiyatlari uchun o'rnatishdan boshlaymiz.

XIX asrning 60 - yillarda inglez olimi Jeyms Kierk Maksvell elektr va magnit maydonlarining yagona elektromagnit maydon nazariyasini yaratdi. Maksvell bu nazariyani yaratishida o'sha vaqtgacha o'tkazilgan fundamental tagribalarga tazandy. O'sha vaqtgacha elektr va magnit maydonlari ayri-ayri holda maydon bo'lishi ta'kidlangan edi. Elektromagnit nazariya assuda elektr va magnit maydonlarning uzviy bog'lanishda ekanligini tasdiqlovchi ikki g'oya yutadi (1.rasm):

1. Vaqt davomida o'zgaruvchan magnit maydoni o'zgaruvchan elektr maydonini vujedga keltiradi (elektromagnit induksiya hoidasi).

2. Vaqt davomida o'zgaruvchan elektr maydoni o'zgaruvchan magnit maydonini vujudga keltiradi (magnito-elektrik induksiya hoidasi).



1.1.rasm Elektr va magnit maydonlarining uzviy bog'lanishi

Elektr maydoni sijjiganda yoki o'zgarganda bu elektr maydoni bilan o'ng vint bosil qulveli magnit maydoni paydo bo'ladi. Demak, paydo bulgan usagti magnit umi yuzaga keltirgan elektr maydoniga perpendikulyar tekislikda yotar ekan. To'g'ri takning atrofida magnit

meydoni ham aynan tokii o'tkazgich ichisidagi erkin elektronlarning silgishi tufayli paydo bo'ladi. Magnit maydoni silgigarda yoki o'zgartirishda bu elektr maydoni bilan chiq vira hosil qiluvechi elektr maydoni paydo bo'ladi. Demak, paydo bo'lgan elektr maydoni uni yuzaga kelirg'an magnit maydoniga perpendikulyur tekislikda yotar ekan. O'zgartiruvchan magnit maydoni hosil qilgan elektr maydoni uyurmaviy elektr maydoni deb atalash. Uyurmaviy elektr maydoni elektrostatik maydonidan tubdan farq qiladi. Elektrostatik maydon potensial xarakterga ega bo'lib, u zaryaddan bosblantib zaryatda tugat edi, ya'ni elektrosutik maydonning bosli va oxiri yo'q. U xuddi magnit maydoni kabi uyurmaviydir. Uyurmaviy elektr maydoni achiq o'tkazgichiga ta'sir etganda o'tkazgich uchlerida potensial farqi bosil qiladi, berk o'tkazgichiga ta'sir etganda esa erkin elektronlarini harakatiga kelirib elektr tokini induksiyalaydi. Elektromagnit induksiya hodisassida kontorda hosil bo'ladigan induksion tokii aynan shu uyurmaviy elektr maydoni yuzaga kelitradи. Demak, elektr maydoni magnit maydoni, magnit maydon esa elektr maydoni vujudga kelitradи va halxzoz. Shu farqi fuzoda bir-bizim vujudga kelitavechi elektr va magnit maydonlar ketma-ket sodir bo'laveradi. Bu maydonlar o'aro bir-biri bilan urviy bog'langanligi uchun unumni maydonni elektromagnit maydon deb ataladi. Tabiatda uslo' elektr maydon yoki uslo' magnit maydoni mavjud bo'lmaydi. Chunki agar bir sanog tizimadagi kuzatuvchasi qo'shalmas elektr zaryad tufayli vujudga keluyotgan elektr maydonini qayd qilsa, bu tizimga nisbatan harakatda bo'lgan ikkinchil sanog tizimadagi kuzatuvchi zaryad harakatlanayotgan bo'ladi. Demak uslo' maydon tushunchasi nishiy harakatiga ega. Biror sanog tizimadagi uslo' elektr maydon yoki uslo' magnit maydon boshqaga sanog tizimida elektr va magnit maydonlar yig'indisi, ya'ni elektromagnit maydon tarzida namoyon bo'ladi. Davrit zavishda o'zgartiruvchan elektromagnit maydonining fazuda tarqalish jarayoniga *elektromagnit to'lash* deyiladi. Elektromagnit to'jiniar ko'ndilang to'jiniardit.

## §2. Elektromagnit maydon uchun- Maksvell tenglamalari.

1864 yil Shotlandiyalik olim Djeyms Klerk Maksvell o'zidan oldingi olimnining cikir va magnit maydonlari asosida o'qazilgan tezribalaraga asuslangan holda, o'zinig elektromagnit maydon

nazariyasini yaratdi. Makrivel tenglamlarli huddi Nytorq qononlari kabi fundamentalli shamyatga ega, cherki ular orqali barcha elektrromagnet jarayonlarni tayvishlash mumkin. Bu nazariya usovini elektr va magnit maydonlarini o'zgarishini ozaro boglovchi va uning nomi buna ataladigan, to'rtta tenglamlar sistemasiidan iboratdir. Ulani ko'rib chiqaylik.

1) Qo'zg'almas zaryad o'z atmosferidagi fazoda elektr maydonni vujudga kelirdi. Bu maydon potensial maydonidir. Ma'lumki potensial kuchlarning yepiq yo'lda bajargan ishi nolga teng. Shuning uchun bu maydonda kuchlanganlik vektori E ning ihdyorisini berk konur bo'yicha cirkuliyatsiyasi nolga teng

$$\oint E_s d\ell = 0 \quad (2.1)$$

Elektr mayden fazoning vaqt davomida o'zgarib turuvchi magnit maydon mavjud bo'lgan barcha napsalarda ham vujudga keladi. Bu maydon uyurnaviy elektr maydonidir. Uyurnaviy elektr maydon kuchlanganligi E ning chiziqlari doimo berk.

E vektorining ihdyorisini berk konur bo'yicha cirkuliyatsiyasi auldan farqi bo'lib quyidagiqa teng

$$\oint E_s d\ell = - \int \left( \frac{\partial B}{\partial t} \right)_s dS \quad (2.2)$$

Shuning uchun matijaviy elektr maydon kuchlanganligini  $E = E_0 + E_0$  deb belgilab, quyidagini hisil qilamiz:

$$\oint E_s d\ell + \oint E_{0s} d\ell + \oint E_{0s} d\ell = - \int_S \left( \frac{\partial B}{\partial t} \right)_s dS \quad (2.3)$$

Bu ifoda Maksvelning birinchi tenglamasini bo'lib elektr maydonining faqat elektr zaryadlariga emas, balki vaqt bo'yicha o'zgaravchi magnit maydoni ham hissi qilishini ko'restadi.

2) Ma'lumki magnet maydon kuchlanganlik vektorining ihdyoriy berk konur bo'yicha surʼiyasi shu konur o'rabi olgan barcha makroskopik tekllarning algebraik yig'indisiga teng, ya'ni

$$\oint H_s d\ell = \Sigma I = \int_S j dS \quad (2.4)$$

Uyurnaviy holda magnet maydon o'tказувчанлик ioki va sijsib ioki nafysi vujudga kelgan magnit maydonlarning yig'indisidan iborat, ya'ni buni sifarga olib, magnit maydon kuchlanganlik

vektorining iňtiböry berk kontur bo'yicha sukulasyyasi uchun quydagini hesil epilamiz:

$$\oint H_s d\ell = \int \left( I - \frac{\partial D}{\partial r} \right) ds, \quad (2.5)$$

Bu ifoda magnit maydonini fagaň o'ksazuvchanlik tokı emas, balki o'zgaruvechan elektr maydeesi haçın hosil qılıshını ko'rşatadi.

3. Elektr induksiya vektori D ning iňtiböry berk sirt orqali eginu shu sirt ichidagi barcha erkin zaryadlarning algebrisk yig'indisiga teng

$$\int D_s ds = \sum \sigma, \quad (2.6)$$

Berk sirt ichida uzbaksız ravishda jeylushgan zaryadlarning hajmiy ziehligini  $\rho$  bo'lsa, u holda yugoridagi ifodani quydagicha yozish mu'mkin:

$$\int D_s ds = \int \rho dV, \quad (2.7)$$

Bu Maksveilning uchinchı tenglarnasidir.

4. Magnit maydon qanday asl bilan vajudiga keltirilganligidan epiy nazar magnit induksiya chiziqlari doimo berk boladi.

$$\int B_s ds = 0, \quad (2.8)$$

Bu ifoda magnit maydoni induksiya vektori uchun Gauss teoremasi bo'lib, Maksveilning ta'ntichı tenglarnasi deb yaritiladi.

Maksveil tenglarnasari Nyuton va temmединиканинг hosh qonimlari kabi katta shamiynta egadir.

Maksveil tenglornalaridan quydagi differensial tenglamlarni keltirib chiqarishni mininkin;

Elektr maydonining kuchlanganligi va induksiya vektorlarning u'zaro bog'lanishi

$$D = \epsilon \epsilon_0 E$$

*Maksveilning bechinchi tenglarnasidir.*

Magnit maydonining kuchlanganligi va induksiya vektorlarning u'zaro bog'liqlik tenglamsi

$$B = \mu_0 \epsilon_0 H$$

*Maksveilning alinchi tenglarnasidir.*

Elektr maydoni kuchlanganligini o'ksazuvchanlik tokı ziehligi bilan bog'liqlik ifodasi

$$j = \sigma E$$

*Maksvellning yetimli tenglamasi deb ataladi.*

Bu yuqorida sanab o'tilg'on yetimli tenglamalar *Maksvellning tenglamalari* deb ataladi.

Bu tenglamalardan elektr va magnetizmida maynrd bo'lgan borcha quramlarni keltirib chiqarish mumkin.

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial^2 E}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 E}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 E}{\partial z^2} &= \mu_0 \mu_0 \frac{\partial^2 H}{\partial t^2}, \\ \frac{\partial^2 H}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial z^2} &= \mu_0 \mu_0 \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} \end{aligned} \right\}, \quad (2.9)$$

Bu elektr va magnit to'lqinlarining mos ravishda to'lqin tenglamalari. Bu tenglamlarni to'lqinning differentsiyal tenglamasi:

$$\frac{\partial^2 E}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 E}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 E}{\partial z^2} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 E}{\partial t^2}$$

bidan solishtirak, elektr va magnit to'lqinlarning fazali tezliklari bit xil ekanlig' ko'rsib turidi:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}},$$

yani fayrat to'lqin tarqalishidan mahsulining dielektrik va magnit sifog'da xavflikligiga bog'liq ekan.

Vakuumda  $\epsilon = \mu = 1$  ga teng bo'lgani uchun to'lqinlarning fazali tezliklari yorug'licining vakuumdag'i tezligiga tengdir.

$$v = c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = 299729 \text{ km/s},$$

Agar  $v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$  ekanligini hisobga olساk, elektromagnit to'lqinning istalgan mahsulidagi tarqalish tezligi uchun Maksvell formulasiini keltirib chiqaramiz:

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}, \quad (2.10)$$

X o'qi bo'ylib tarqalayotgan yassi elektromagnit to'lqin uchun, elektromagnit to'lqinning ko'ndzhang ekanligini hisobga olgan holda, quydagiiga ega bo'lamiz:  $E_x = H_x = 0$  va  $E_z = H_z = 0$ , ekanligini hisobga olsaq, Maksvell tenglamasidagi X o'qi bo'ylib tarqalayotgan yassi elektromagnit to'lqining differentsiyal tenglamlari kelib chiqadi:

$$\frac{\partial^2 E_0}{\partial x^2} = \frac{\rho \epsilon_0}{c^2} \frac{\partial^2 E_0}{\partial t^2}, \quad \frac{\partial^2 H_0}{\partial x^2} = \frac{\rho \mu_0}{c^2} \frac{\partial^2 H_0}{\partial t^2}, \quad (2.11)$$

Bu tenglamlarning eng oddiy yechimlari quyidagi funktsiyalardan iboratdir:

$$E_0 = E_0 \sin(\omega t - kx + \alpha_1); \quad H_0 = H_0 \sin(\omega t - kx + \alpha_2), \quad (2.12)$$

Bu yerda  $\omega$ - to'lqinning siclik chastotasi,  $k = 2\pi/\lambda = \omega/c$  to'lqin sonidir,  $\alpha_1$  va  $\alpha_2$   $x = 0$  nesradagi tebranishlarning boshlang'ich fazalaridir.

Elektromagnit to'ljin uchun, quyidagi tenglik

$$\omega_0 E_0^2 = \mu \mu_0 H_0^2, \quad (2.13)$$

o'mlidir. Bu tenglikdou elektr va magnit maydon vektorlarning tebranishlari bir xil faza da ( $\alpha_1 = \alpha_2$ ) sodir bo'lishi ko'rinib turibdi va bu vektorlarning amplitudulari bir-biri bilan quyidagicha bog'langandir

$$E_0 \sqrt{\omega \epsilon_0} = H_0 \sqrt{\mu \mu_0}, \quad (2.14)$$

Yassi elektromagnit to'ljin tenglamsining vektor ko'rinoishi quyidagichadir:

$$E = E_0 \sin(\omega t - kx); \quad H = H_0 \sin(\omega t - kx). \quad (2.15)$$

Bu yerda fazalar farqi nolga tengdir  $\alpha_1 = \alpha_2 = 0$ .

Elektromagnit to'ljinlar, har qanday to'lqinlarga o'xshash, energiyani ko'chirish xususiyatiga egadirlar.

Elektromagnit maydon energiyasi zinchligi  $w$  elektr va magnit maydonlari energiyalarini zinchiklari yig'indisidan iborat.

$$w = w_e + w_H = \frac{\rho \epsilon_0 E^2}{2} + \frac{\rho \mu_0 H^2}{2}, \quad (2.16)$$

Fazoning berilgan nesradida  $E$  va  $H$  vektorlari bir xil faza da o'zgaradilar. Shu sababli,  $E_0$  va  $H_0$  tarning amplituda qiyamatini orasidagi (2.14) - nisbat ularning boshqa ony qiyamatlari uchun ham o'rindidir. Buridan, in'lqinning elektr va magnit maydonlari energiyalarini zinchligi vaqtning har bit momenti uchun bir xil bo'ladi, yani

$$w_e = w_H$$

Suning uchun

$$\mu = 2\mu_0^2 = \mu_0 E^2, \quad (2.17)$$

$E/\sqrt{\mu_0} = H/\sqrt{\mu_0}$  tenglididan foydalanhil, (2.17) - ifodan qayidagicha qayta yozish mumkin:

$$\omega = \sqrt{\mu_0 \epsilon_0} EH = \frac{1}{c} EH$$

Bu yerda  $\omega$  - elektromagnit to'iqin tarqalish tezligi. Elektromagnit to'iqin energiyasi egnini zinchligi vektori qayidagiga tengdir:

$$S = \omega \cdot \epsilon = E H, \quad (2.18)$$

$E$  va  $H$  vektorlar o'zaro bir - biriga perpendikulyar va to'iqin tarqalishi yo'nalishi bilan o'ng parma tizimini tashkil etadi. Shu sababli,  $[E \perp H]$  vektor yo'nalishi energiyaning ko'chishi yo'nalishiga mos keladi (1.2- rasm).



1.2 - rasm. Elektromagnit to'iqin tarqalish yo'nalishi.

Elektromagnit to'iqin energiyasi egnini zinchligi vektorini  $S$  va  $\sigma$  vektorlarning vektor ko'paytmasi ifodalash mumkin:

$$S = [E \cdot H], \quad (2.19)$$

va bu  $S$  - vektor Unov - Poynting vektori deb ataladi.

### §3. Elektromagnit to'iqinlar shakasi

Anildi, elektromagnit to'iqinlar nambisi bo'lib istalgan elektr tebranishlari yoki o'zgaruvchan elektr toki o'tuyotgan o'tkazgich bo'lishi muunkin. Elektromagnit to'iqinlari qo'zg'atish uchun fazoda o'zgaruvchan elektr maydonini (sifjal tekini) yoki mos ravishda o'zgaruvchan magnit maydonini hissi qilishi zarurdir. Manbaning surʼanish qobiliyati uasing shakli, o'chammlari va tebranish chastotini bilan zniqlanadi.

Nurhanish sezilarli bo'lishi uchun, o'zgaruvchan elektr maydoni bosil bo'ladigan fazoning injimi katta bo'lishi kerak. Shu sababli, elektromagnit to'iqinlar basil qilish uchun yopiq tebranish konstruksionini ishlash bo'lindi, chunki kondensator qoplamlari orasida elektr maydoni, induktivlik g'alagi ichida magnit maydoni joylashgan



bo'ldi. Yopiq tebranish konturida (1.3 - rasm) sig'ini va induktivlik katta qismatiga ega bo'lgan uchun tebranish davri va elektromagnit te'liqin uzunligi katta bo'ldi:

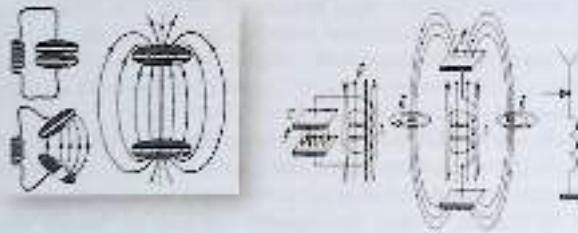
$$\lambda = vT = 2\pi \cdot \sqrt{LC}, \quad (3.1)$$

Vibratorning o'ttassida qarasa-qarshi zaryadlar duch kelsa, ular bir-birini neytrallaydi va elektr kuch chiziqlarining uchları zaryadlardan uzildi. To'qin uzunligini qisqartirish uchun induktivlik va sig'ini qismatini qisqartirish kerak. Shu sababli, Gere o'z tariibasida galtaq o'rani va kondensator qoplamalarini yuzasini kamaytirib, qoplamalari orasini kengaytirish hisobiga yopiq tebranish konturidan ochiq tebranish konturiga o'sh usulini topdi.

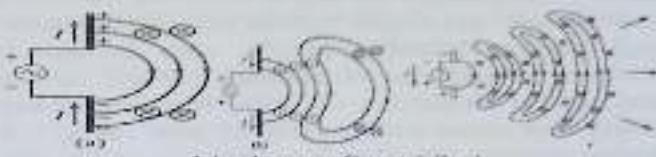
Narijada chaqnash oraligi bilan ajralgan ikkita sterjenli (simli) tebranish konturini hosil qildi. Agarda, yepiq tebranish konturida o'zgaruvchan elektr maydoni kondensator qoplamalari o'sasiga joylashgan bolsa, ochiq tebranish konturida esa o'zgaruvchan elektr maydoni (1.3- rasm) kontur strobidagi fazani egallaydi va elektromagnit nurlanish jiddligini kuchaytiradi.

Ikkita sterjenli (1.4-a rasm) tebranish konturining uchlariga qarasa-qarshi zaryadlar kiritilsa, sterjoni atrelda elektr maydoni kuch chiziqlari hosil bo'ldi. Qarasa-qarshi zaryadlar bir-bizi bilan tortishib o'tkazgichda tok hosil qiladilar (1.4-b rasm), bu tok o'z navhzida o'tkazgich struktura elektr maydoni hosil qiladi.

Ajralgan elektr maydoni kuch chiziqlari vibratorning barcha taraflariga tarqala boshlaydi. Gens shunday vibrator orqali 10mHz chastotli elektromagnit te'liqlarini hosil qilja oldi.



1.3- rasm. Gere tajribasi- ochiq tebranish konturi



1.4-a, b- rasm. Gere tajribasi

Bu to'lgilarning to'lgin uzunligi taxminan  $\lambda = c / f$  ga tengdir.

Sterjenlarning qilindigi va azundigini yana da kamaytirish hisobiga P.N.Lehedov  $\lambda = n + 4m\pi$  li elektromagnit to'lgilarni bosil qildi. Elektromangnit to'lgilarni keng chastota spektri yoki to'lgin uzundigiga ( $\lambda = C / v$ ) ega bo'lib, bir-biridan generatsiya va qayd qilish asullari hamda o'zning xususiyatları bilan farq qildi. Elektromagnetik to'lgilarni uzoq masofaga axborotlarni yetkazib berish imkoniyatini beradi.

1890 yilda Galeyym Markoni samsiz aloqa vositasini extiro qilgari. Birinchi signalar taqat uzuq va qisqa pulsi bo'lgan va bu signalarni kodlar orqali su'zlarga zylantirish mumkin bo'lgan. Signalnar "maza" va "ire" Morze kodlari bo'lib, samsiz nomerli bo'lgan. 1895 yilda Markoni samsiz signalnarni Italiyada 1+ 7 kilometrgacha uzunlikka yuborgan. 1901 yilda u okcan bo'ylab Nyufaunland, Kanada, Koravel, Angliyaga 3000km uzunlikka sinov signalnarini yuborga. 1903 yilda u Massachusettsdan Angliyaga birinchi amaliy rijest xabarlarini yubredi va London TIMES gazetasini Nya Yorkik bankori xabarlarini chep etdi. Elektromagnit to'lgilarni, Gere tajribasidan 8 yil keyin, 1895 yil 7 mayda A.S.Popov rus-fizika-kimya jamiyatni majlisida dunyoda birinchi radiofoniyanizmi demonstratsiya qildi va elektromagnit to'lgilarni samsiz aloqa vositasini sifalids keng ishlatalish mumkinligini ko'rsatdi.

Hozirda paytda fan va texnikaning xech bir soxasi yo'qki unda elektromagnit to'lginlar ishlatalmasin. Diapazoni sanimetri va tralimetr bo'lgan elektromagnit to'lgilalar radiolektsiyada keng qu'ilashiladi. Radioshibitirish uchun radioto'lgilarning hamma diapazonslari ishlataladi. To'lgin uzunligi  $0,1 + 10^3 m$  kenglikdagi elektromangnit to'lgilalar radioelektronika va inservisi uzunishda (uzun, o'rta, qisqa, ultracqisqa va o'stimorli radio to'lginlar) ishlataladi. Buning

Zamanimizdeki sansiz aloqa vositalari, radio, televideniye, sun'iy teleforlar, uysli aloqalar, bluetoth, wi-fi, sun'iy yu'lifoshlar orqali aloqalar Markonning pionerlik ishliga asoslangandir. Keyinchalik vakuumli diod va triodlarning yaratilishi radio va televideniyoning rivojlanishiga olib keldi. Televideniye sxemasi radioeshlishtirish sxemasi bilan deyarli bir xil bo'lib ulurning farqi shundaki, uzatikchida tebrasishlarning nafaqat tevush signalari, balki tashit signalari ham modulyatsiya qilinadi. Uzatish telekamerasida tasvir elektron tur tribkasi yordamida qayta tikanadiz. Uzatilayotgan va qabul qilinayetgan signallar shunday sinxronlashtirilgani, televizor tribkasi bilagi elektron murining harakati uzunuvchi telekamera murining harakatini takrorlaydi. Bagungi kirdagi ragamli tele eshitirishilar, 2009 yilda istijridigan, analog eshitirishdagi tashuvchi chastotalar bilan bir xildar [2].

Hozirgi payda elektromagnit to'lqinlar yordamida qo'zg'almas va harakallanuvchi ob'ektlar tasvirini uzatish (fototelegrafiya, televideniye), sun'iyot va kernalni hissheatish (radionavigatsiya). Ver chiqarligini aniq o'chish (radiogendziya), radioteleskoplar yordamida ko'notning juda uzoq muzqalarida joylashgan ob'ektlarni radiozond orqali tekshirish va ulardan kelayotgan to'lqintarti qabul qilish mumskin. Shuoday qilib, XIX asrda elektromagnit to'lqinlatining fazoda ta'kalishluning eksperimental tadqiqotlari telegraf, uysli aloqa, radio va televideniyoning rivojiga olib keldi.

#### 1-jadval



1.5- rasm. Elektromagnit to'lqinlari shkulu

#### §4. Mavzuga doir pedagogik tehnologiyalar Maksvell tenglamlarini mavzusini y'uritishda kuzatildigani muammoli vaziyat

Bugusagi kunda tizimning kredit tizimiga o'tishshi hujum olgʻchalarining mustaqil tanqidiy fikrlash, ahorotni izlash va teplish, aqliy mehnat endariyatinin, mustaqil bilim olish malaikalarini rivojlantirish zamxonaviy tizimning asosiy vazifalaridan hisoblanadi. Tafabularning mustaqil va ijodiy fikrlash mahoratlarini oshirish va taʼbelarning oʻz kashiyligi vujudga kelishi mumkin boʻlgan muammoli vaziyatlarni eʼtibariga yordam beradigan pedagogik tehnologiyalardan biri bu muammoli vaziyatdir. Muammoli oʼqitish asosida qarama-qarsi halatlarni yechish yotadi. "Elektromagnit tebraniashlar va toʼqinlar" mavzusini oʼrganishda vujudga keladigan uniq misolni koʼrib chiqamiz.

Bic jinsli roʻshtiida toʻllarning statisika magnit maydoni uchun:

$$\oint \vec{H} d\vec{l} = \int \vec{j} d\vec{x}, \quad (4.1)$$

koʼrinishda yozish mumkin boʻlgan toʼsqi tok qonuni oʼsindir. Bu yerdagi  $\vec{j}$ -faseening hizor muqasidagi tok zichligi vektoridir. Bu ifodaning chap qismi Stoke teorematiga binaan:

$$\oint \vec{H} d\vec{l} = \int \rho \vec{v} \cdot d\vec{s}, \quad (4.2)$$

Koʼrinishda yoziladi, (4.1) va (4.2) formulalarni taqqoslab:

$$\rho \vec{v} = \vec{j}, \quad (4.3)$$

ga teng ekanligini koʼzamiz. Tek zichligi  $\vec{j}$  zaryadlarning hajmiy zichligi va ularning yoʼnaltilgan harsakatlari tezligi  $\vec{V}$  orqali foddalanishi nima�ka:

$$\vec{j} = \rho \vec{V}, \quad (4.4)$$

(4.3) formula va (4) ni hisobga olgan holda:

$$\rho \vec{v} = \rho \vec{V}, \quad (4.5)$$

koʼrinishga ega boʼlae. (4.5) tenglamanning ikkala qismidan divergensiya olib:

$$\operatorname{div}(\rho \vec{V}) = 0, \quad (4.6)$$

ga ega boʼlamiz. Boshqa tomonidan zaryadlarning saqlanish qonunidan:

$$\operatorname{div}(\rho \vec{V}) = -\frac{\partial \rho}{\partial r}, \quad (4.7)$$

(4.6) va (4.7) formulalarni taqoslab, aniq qarama-qarshı bolatga kelamiz. Olingen qarama-qarshilikni yoqtish uchun Maksewell to'liq tok qonuni ko'rinishini o'zgartirdi. Bunday o'zgarishni quyidagi tarzda nishuntirish mumkin. Elektrostatika tenglamasini vaqt bo'yicha differentiallab,  $\operatorname{div} \vec{D} = \rho$  ga tengligiga ega bo'lamiz

$$\operatorname{div} \frac{\partial \vec{D}}{\partial r} = \frac{\partial \rho}{\partial r}, \quad (4.8)$$

(4.7) va (4.8) formulalarni taqqoslab

$$\operatorname{div}(\rho \vec{v}) = -\operatorname{div} \frac{\partial \vec{D}}{\partial r}, \quad (4.9)$$

ga teng deb yozish mumkin bo'ladi. Shunday qilib, biz ko'rayotgan to'liq tok fikatgina o'tkarzuvchanlik turi  $\rho^P$  dan ihora bo'lmasay, balki o siljish tokni  $\frac{\partial \vec{D}}{\partial r}$  dan ham tashkil topganadir. Shuning uchuna ham tek zichligi

vektori  $\vec{J}$  ni

$$\vec{J} = \rho \vec{v} - \frac{\partial \vec{D}}{\partial r}, \quad (4.10)$$

ko'rinishida yozish kerak bo'ladi. U holda (4.5)-Maksewellning

$$\text{birinchi tenglamasi } \operatorname{curl} \vec{E} = \rho \vec{v} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}, \quad (4.11)$$

ko'rinishiga ega bo'ladi va shu holda usavzunda ko'zatigan manzumoli vaziyat echiladi.

Xulosa: Shunday qilib Maksewell elektromagnit to'loqinlaming umumiyoq qonuniyatlarni yaratdi. Bu kashfiyotlar — yong'likning elektromagnit m'lqidan ihora etkenligini va uning valyundagi icerigi elektrodinamik donimiylik bilan bogliq ekantligi isbotlandi.

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$

Hozirgi xamson laser tehnikasi orqali yong'lik icerigini o'chashlar quyidagi aniq qiyomatlarini berdi:  
 $c=299792458 \pm 1,2 \text{ m/s}$ .

Bizning hayotimizda yong'lik juda ketta ahamiyatga ega. Inson labda to'g'risidagi ko'pchilik ma'lumotlarni yong'lik orqali uladi. Fizikaning optika qismida o'rjaniladigesu yong'lik neri elektromagnit mirlanish spektrining ko'zga ko'rinadigan qismidan rasmari unga tutashgan infrraqizil va ultrabinalsha qismlarini ham o'z ichiga oladi.

### Nazorat savollari

1. Elektr va magnit maydonlarning o'zaro bog'isligini tushuntiring. Elektromagnit to'lqin nima?
2. To'lqin nima? Qanday to'lqinlarni bilasiz? Elektr va magnit to'lqinlarning fazali tezliklari ifodasini keltiring.
3. Yassi elektromagnit to'lqining differential tenglamasini keltiring.
4. Elektromagnit to'lqinlarning turqilish tezligini qanday fizik kataliklarga bog'iq? Unov-Pointing vektorini tushuntiring.
5. Elektromagnit to'lqinlar shkalasi nima?
6. Elektromagnit maydoni uchun Maksvell tenglumalarini tuzilang.
7. Elektromagnit to'lqinlarning asosiy hossalarini keltiring.
8. Tebranish konturi, Tomson forcoleasi.
9. Rezonans xodisasiini tushuntiring.
10. Se'nuechi va mejberiy tebranishlar qanday hosil bo'ladи.
11. To'lqin sijsisi tenglamasining differential ko'tinoshini yozing? To'lqinlarning fizaviy va gurahli tezligini tushuntirib bering.
12. To'lqinlarni qo'shing-superpozitsiya prinsipini tushuntiring?
13. Teng un to'lqinlar va ularning tenglamasi qanday ko'tinoshiga ega?

### §5. Mayzuga doir musala yechishiga yo'rqonomasi:

Quyida garmonik tebranishlarni qu'shishning ayrim hollarini ko'rib chiqamiz [16].

#### 1) Bir yu'mulishdagi tebranishlarni qu'shish

Jisni chashtalari bir xil, amyltuda va bushlangich fazalari farq qiladigan ikkita tebranishlarda ishtirok etsin, ularning qo'shish uchun vektorlar diagrammasi usulidan foydilarazamiz (1.6 - rasm)

$$v_1 = A_1 \sin(\omega t + \phi_1), \quad v_2 = A_2 \sin(\omega t + \phi_2), \quad (5.1)$$

$\vec{A}_1$  va  $\vec{A}_2$  vektorlar bir xil  $\omega$  burchak tezlik bilan aylanishiari sababli, fazalar sijsishi doimoe u'zgurmaseidir. Natijaviy tebranish tenglarnasi quyidagichandir;

$$y = y_1 + y_2 = A \sin(\omega t + \phi), \quad (5.2)$$