

4 – Ma`ruza

To'lqinlar va tebranishlar.

Ma'ruzaning rejasi:

Statistik fizika. Entropiya. Karno sikllari. To'lqinlar va tebranishlar. Akustik to'lqinlar. Dopler effekti. Dualizm. Elektromagnit to'lqinlar. Maydon tushunchasiga energiyani qo'llash. Radio. Maksvell tenglamalari. Potensial.

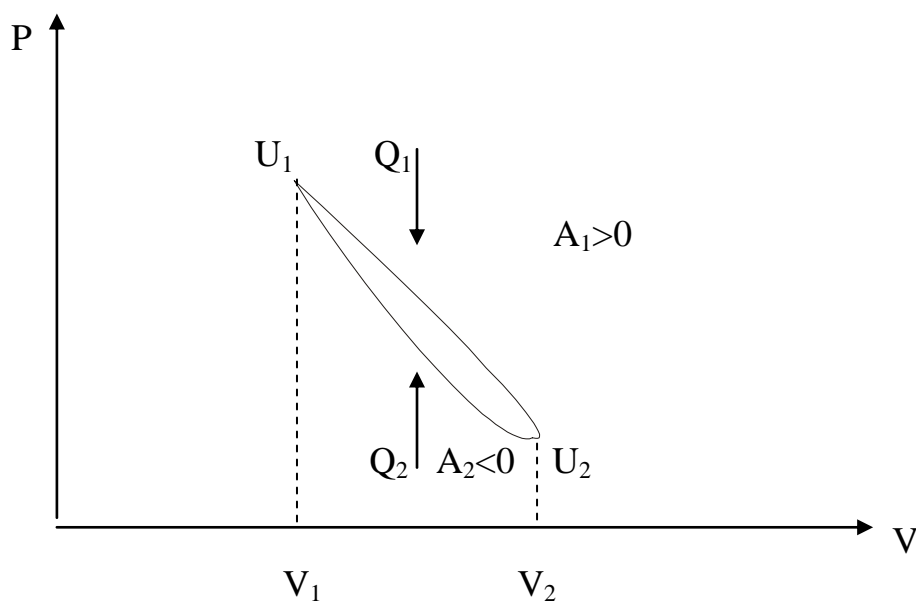
Issiqlik mashinasini foydali ish koeffitsienti.

Xar qanday dvigatel biror aylanma protsessni (siklni)

Ko'p martrta bajaradigan sistemadan iborat. Sikl

yordamida ish bajaruvchi modda (masalan gaz) oldin V_2 hajmga qadar kengaysin, so'ngra esa yana boshlang'ich V_1 hajmga kelguncha siqilsin .(1- rasm)

Siklning ikkala qismi uchun termadinamikaning birinchi qonunining tenglamasini yozamiz.



1 – rasm.

Kengayishda ichki energiya U_1 qiymatidan U_2 qiymatgacha o'zgaradi, bunda sistema Q_1 issiqlik oladi va A_1 ish bajaradi. Birinchi qonunga muvofiq,

$$Q_1 = U_2 - U_1 + A_1 \quad (1)$$

Siqilishda sistema A_2 ish bajaradi va Q_2 ' issiqlik beradi, bu esa Q_2 ' issiqlik olish bilan bir xildir. Binobarin.

$$-Q_2 ' = U_1 - U_2 + A_2 \quad (2)$$

(1) va (2) tenglamalarini qo'shib, quyidagilarni topamiz.

$$Q_1 - Q_2 ' = A_1 + A_2$$

$A_1 + A_2$ yig'indi sistemaning sikl davomida bajaradigan to'liq A ishi ekanini hisobga olib, quyidagini yozamiz.

$$A = Q_1 - Q_2 ' \quad (3)$$

Tashqaridan oladigan issiqlik hisobiga ish bajaruvchi davriy ishlaydigan dvigatel issiqlik mashinasi deyiladi.

Foydali ish koeffisienti sikl davomida bajariladigan A ishning sikl davomida olinadigan Q issiqlikka nisbati sifatida aniqlanadi.

$$n = A / Q_1 \quad (4)$$

(3) ga asosan $A = Q_1 - Q_2$ ' bo'lgani uchun FIK ning ifodasini quyidagi ko'rinishda yozish mumkin.

$$n = \frac{Q_1 - Q_2'}{Q_1}$$

3.

Sistema olgan issiqlikning qancha qismi foydali ishga aylanganligini ko'rsatuvchi kattalik aylanma jarayonning foydali ish koeffitsienti deyiladi.

Termadinamikaning ikkinchi asosi.

Termadinamikaning ikkinchi asosi quyidagicha ta'riflanadi.

- 1. Yagona, oxirgi natijasi kamroq isigan jismdan ko'proq isigan jismga issiqlik berilishidan iborat bo'lgan protsesslar amalga oshmaydi.*
- 2. Birdan bir oxirgi natijasi biror jismdan ma'lum miqdor issiqlik olish va bu issiqlikni butunlay ishga aylantirib yuborishdan iborat bo'ladigan protsesslar amalga oshmaydi.*

Ideal gaz uchun Karno siklining foydali ish koeffitsiyenti.

Ikkita izotermik (kengayish va siqilish) va ikkita adiabatik (kengayish va siqilish) jarayonlardan tashkil topgan aylanma jarayonga Karno sikli deyiladi.

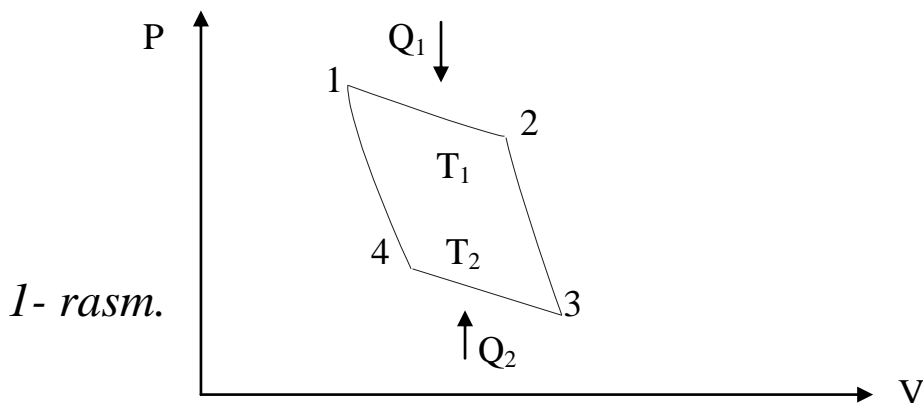
Gaz kengayishi va siqilishining qaytuvchan va qaytmas sikllarini taqqoslab quyidagi xulosani olamiz.

- 1. Aynan bir xil sharoitlarda mos ravishda isitgich va sovitgichlarning temperaturalari bir xil bo'lgan barcha qaytuvchan mashinalarning FIK bir xil bo'ladi.*
 - 2. Qaytmas mashinaning FIK ish sharoiti o'xshash bo'lgan qaytuvchan mashinaning FIK dan hamisha kichik bo'ladi.*
- Ideal gaz uchun Karno siklni qarab chiqamiz. Issiqlik mashinasining foydali ish koeffitsienti quyidagiga teng.*

4.

$$n = \frac{Q_1 - Q_2'}{Q_1} \quad (1)$$

Bu yerda Q_1 - sikl davomida isitgichdan olinadigan issiqlik. Q_2' - sikl davomida sovitgichga beriladigan issiqlik.



Izotermik jarayonda ideal gazning ichki energiya o'zgarmay qolaveradi. Shuning uchun gaz olgan Q_1 issiqlik miqdori gazning 1 holatdan 2 holatga o'tishida bajaradigan A_{12} ishga teng. Bu ish quyidagiga teng.

$$Q_1 = A_{12} = \frac{m}{M} RT_1 \ln \frac{V_2}{V_1} \quad (2)$$

Bu yerda m - mashinadagi ideal gaz massasi.

Sovitgichga beriladigan Q_2' issiqlik miqdori gazni 3 holatdan 4 holatga o'tkazishda uni siqish uchun sarf bo'ladigan A_{34} ishga teng. Bu ish quyidagiga teng.

$$Q_2' = A_{34} = \frac{m}{M} RT_2 \ln \frac{V_3}{V_4} \quad (3)$$

5.

Sikl yopiq bo'lishi uchun N va 1 holatlar ayni bir adiabatada yotgani uchun

$$T_1 V_2^{y-1} = T_2 V_3^{y-1} \quad (4) \text{ shart bajariladi}$$

Huddi shuningdek 2 va 3 holatlar ayni bir adiabatada yotgani uchun

$$T_1 V_2^{y-1} = T_2 V_3^{y-1} \quad (5)$$

shart bajariladi. (5) ni (4) ga bo'lib, siklning yopiq bo'lish shartini topamiz.

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{V_3}{V_4} \quad (6)$$

Endi (2) va (3) ni FIK ning (1) ifodasiga qo'yamiz

$$n = \frac{(m/M) RT_1 \ln(V_2/V_1) - (m/M) RT_2 \ln(V_2/V_1)}{(m/M) RT_1 \ln(V_2/V_1)}$$

Nihoyat (6) ni hisobga olib n ni topamiz.

$$n = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

Shunday qilib, ideal gaz uchun Karno siklining FIK haqiqatdan ham faqat isitgich bilan sovitgichning temperaturasiga bog'liq ekan.

6.

Entropiya tug'risida tushuncha.

Karno aylanma jarayoni bo'yicha ishlayotgan ideal issiqlik mashinasining FIK.

$$n = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

ni va qaytmas issiqlik mashinalarining FIK

$$n = \frac{T_1 - T_2}{T_1} > \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \quad ni$$

Elementar o'zgarishlar asosida quyidagi ko'rinishga keltirish mumkin

$$\frac{Q_1}{T_1} < \frac{Q_2}{T_2}$$

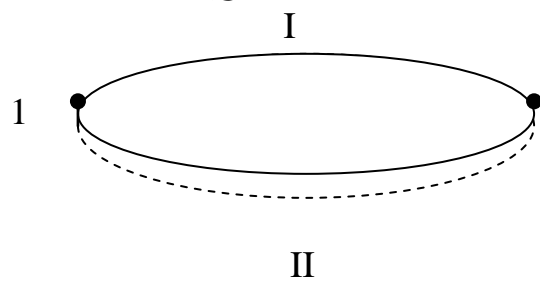
Ishchi jism olgan yoki bergan issiqlik miqdorini mos ravishda isitgich yoki sovitgich haroratiga bo'lgan nisbati keltirilgan issiqlik miqdori deyiladi.

Entropiya.

Qaytuvchan biror sikl olib, unda ixtiyoriy 1 va 2 holatlarni ajratamiz. Bu holatlar siklni (rasmda 1 va 2) raqamlari bilan belgilangan ikkita tarmoqqa ajratadi.

Keltirilgan issiqlik miqdorlarining butun sikl (sikl qaytuvchan) bo'yicha olingan yig'indisi nolga teng.

7.

$$Z \wedge Q/T = 0 \quad (1)$$


The diagram shows two points labeled '1' on the left and right. A solid line path labeled 'I' goes from the left point to the right point. A dashed line path labeled 'II' goes from the left point to the right point, curving downwards. The paths form a closed loop.

1-rasm.

(1) formulaga I va II tarmoqlar uchun.

$$Z \wedge Q/T + Z \wedge Q/T = 0$$

Keltirilgan issiqlik miqdorining yig'indisi o'tish yo'lga bog'liq emas. Quyidagi

$$Z \wedge Q/T$$

Yig'indining 1 holatdan 2 holatga qaytuvchan o'tishdagi yo'lga bog'liq emasligi qaytuvchan protsessda $\wedge Q/T$ nisbat biror holat funksiyasining orttirmasidir, deb aytishga asos beradi. Bu funksiya entropiya deb ataladi. $U S$ xarfi bilan belgilanadi. Shunday qilib,

$$(\wedge Q/T)_{kayt} = \wedge S \quad (1)$$

qaytuvchan protsessda keltirilgan issiqlik miqdorlarining yig'indisi entropiyaning orttirmasiga teng. Endi qaytmas protsessida.

$$Z \wedge Q/T < 0$$

$$S_2 - S_1 > Z \wedge Q/T \quad (2)$$

8.

(1) va (2) ifodalarni birlashtirib, quyidagiga ega bo'lamiz.

$$S_2 - S_1 > Z \wedge Q/T \quad (3)$$

Bu yerda tenglik belgisi 1 holatdan 2 holatga xar qanday qaytuvchan o'tishiga tegishli, tengsizlik belgisi esa $1 \rightarrow 2$ yo'nalishidagi har qanday qaytmas o'tishga tegishli

$$S_2 - S_1 = Z \wedge Q/T \quad (4)$$

Formula faqat qaytuvchan o'tish uchungina to'g'ri bo'ladi.

Agar sistema tashqi muhitdan izolyasiyalangan bo'lsa, ya'ni tashqi muhit bilan issiqlik almashmasa, u holda (3) formuladagi hamma Q lar nolga teng bo'ladi. Uning oqibatida

$$S_2 - S_1 > 0 \text{ yoki } \Delta S > 0.$$

Izolyatsiyalangan sistemaning entropiyasi qaytmas protsesslar uchun o'suvchilar. Bunga termodinamikani 2-asosi ham deyiladi. Muvozanat holatda turgan sistemaning entropiyasi maksimal bo'ladi.

Nernet teoremasi.

Ba'zan termodinamikaning 3-asosi deb ataladigan Nernet teoremasi bunday. **Absolyut temperatura nolga intilganda har qanday jismning entropiyasi ham nolga intiladi.**

$$\lim S = 0$$

Nernet teoremasiga asosan, har qanday jismning absolyut nolga teng.

Entropiyani statistik og'irlikni ham ifodalashi mumkin. Statistik og'irlik – sistemaning makro holatga necha xil mikro usullar bilan o'tishini bildiradi. Statistik og'irlik additiv kattalik emas.

Statistik og'irlik.

$S = k \ln$ statistik og'irlik.

k – Bolsman doimiysi.

S – (entropiya) sistema tartibsizligini o'lchovidir.

Absolyut nol temperaturada har qanday jism asosiy holatda bo'ladi, uning statistik og'irligi birga teng bo'ladi. Bu degan so'z entropiya nolga teng bo'ladi degani.

Termadinamikaning II qonuni haqida tushuncha.

Termadinamikaning II qonuni tabiatdagi protsesslar yo'nalishini ko'rsatadi. Bu asosan entropiya bilan bog'lab o'rganiladi. Bizga ma'lumki, Karno sikli bo'yicha ishlovchi issiqlik dvigatelining FIK i:

$$n = \frac{T - T_0}{T} = 1 - \frac{T_0}{T}, \quad (5.32)$$

bunda T – isituvchi jism temperaturasi, T_0 – sovutuvchi jism temperaturasi.

Ikkinchi tomondan, FIK deb issiqlik sarfi hisobiga bajarilgan ishning, ya'ni $A = Q - Q_0$ ning berilayotgan issiqlik miqdoriga nisbatiga aytiladi.

10.

$$n = \frac{A}{Q} = \frac{Q - Q_0}{Q} ; A = Qn , \quad (5.32)$$

(5.32) dan n ning qiymatini qo'ysak .

$$n = Q - T_0 \frac{Q}{T} = Q \left(1 - \frac{T_0}{T} \right) \quad (5.32)$$

Bu ifodada issiqlik miqdori $Q_0 = T_0 \frac{Q}{T}$ - isuvchi jismga

(sovitgichga) o'tiladi, foydali ishga aylanmay ochilib ketadi. Entropiya tushunchasi energiyaning sochilishi bilan bog'liq bo'lgan tushuncha. Sovitgichga o'tib ketgan issiqlikni qaytarib bo'lmaydi va ish ham bajarilmaydi. Huddi shunday faktga asoslanib Klauzius termadinamikaning II qonunini quyidagicha ta'riflagan edi. Issiqlik temperaturasi past jismdan temperaturasi yuqori jismga o'z-o'zidan o'tmaydi.

Yuqoridagi tenglamalardan $\frac{Q}{T} = \frac{Q_0}{T_0}$, ya'ni keltirilgan

Issiqlik miqdorlari o'zaro teng ekan.

V. Tomson va M. Plank formulasiga asosan bunday ta'riflanadi. Issiqlik manbalarda to'plangan issiqlikning hammasi ekvivalent ravishda mexanik ishga aylanadi. Masalan, okean suvlar ichki energiyalarini qaytarib olib mexanik energiyaga aylantirib bo'lmaydi.

Demak, energiya sochilishi muqarrar, shu sababli foydali ish ko'effitsienti 100% ga teng bo'lgan issiqlik mashinasini (ya'ni II tur abadiy dvigatel yoki nerpetum mobile) yaratib bo'lmaydi.

11.

Entropiya – bu 1 K temperaturaga to'g'ri keluvchi issiqlik miqdori bo'lib holat funksiyasidir. Yopiq sistema uchun har qanday protsessda yoki oshib boradi, yoki o'zgaras bo'ladi, ya'ni $dS > 0$. Entropiyaning o'zgarishi qaytar protsesslarda nolga teng, qaytmas protsesslarda noldan katta, misol uchun Karno siklida

$$\frac{Q_0}{T_0} - \frac{Q}{T} = 0.$$

Agar sistema qaytar protsessda dQ issiqlik miqdori olsa (sistema temperaturasi T ga teng bo'lsin), entropiya o'zgarishi .

$$dS = \frac{dQ}{dT} \quad (5.33)$$

Termadinamikaning II qonunini analitik ko'rinishda quyidagicha yoziladi.

$$\frac{D}{T} < S_B - S_A \quad (5.33a)$$

bunda S_A va S_B - entropiyaning A va V holatlardagi qiymatlari, tengsizlik belgisi qaytmas protsess uchun, tenglik belgisi qaytar protsess uchun o'rinlidir.

Tabiiy protsesslar hamma vaqt muvozanat holatiga intiladi. Shu sababli L. Botsman termadinamikaning II qonuniga shunday ta'rif bergan edi. Tabiat ko'pincha ehtimoli kamroq

12.

holatda ehtimoli ko'proq holatga intiladi. Yoki kichik entropiyali holatdan kattaroq entropiya holatga intiladi. Boshqacha so'z bilan aytganda, tabiiy protsesslarda entropiya ortib boradi.

Termadinamikaning I va II qonunlarini birlashtirib yozsak, quyidagi ifodani olamiz.

$$dU + dA < TdS, \quad (5.34)$$

bu formulada TdS sochiluvchi energiyani harakterlaydi va bog'langan energiya deyiladi. Erkin energiya Fesa ichki energiya bilan bog'langan energiya orasidagi farqqa teng.

$$dF = dU - TdS \quad (5.34)$$

demak, ichki energiya.

$$dU = dF + TdS \quad (5.34)$$

Masalan qizigan metall sterjini olsak, ichki energiyasi, (erkin energiya) natijasida sterjen kengayadi, bog'langan energiyasi yashirin energiyaga aylanadi.

Biz yuqorida qayd qilganimizdek, entropiyaning o'sish qonuni bu ma'lum chegaralangan fizik sharoitlarga to'g'ri keladigan hususiy qonuniyatdir. U odam taraqqiyotining umumiy qonuniyatlari qatoriga kirmaydi. Bu qonun chegaralangan o'lchamga ega bo'lgan, tashki muhitdan izolyasiyalangan sistemalardagi kuchga ega.

To'lqinlar va ularning asosiy xarakteristikasi.

Tebranishlarning muhitda tarqalish protsessi to'lqin protsessi yoki to'lqinlar deyiladi. Muhit elastik bo'lsa, to'lqinlar ham elastik bo'ladi. Odatda, mexanikada tebranishlar elastik muhitda, ya'ni zarrachalari o'zaro elastik kuch bilan bog'langan muhitda tarqaladi. Tebranish elastik muhitda mexanik deformatsiyani uyg'otadi. Mexanik elastik muhitda joylashib tebranish tarqatish natijasida to'lqin hosil qiladigan jism to'lqin manbai deyiladi. Xavo elastik muhit vazifasini bajaradi.

Elastik to'lqin bo'ylama va ko'ndalang bo'ladi. Agar muhit zarrachalar tebranishi to'lqin tarqalish yo'nalishi bilan bir yo'nalishda yo'nalgan bo'lsa, bunday to'lqin bo'ylama to'lqin deyiladi. Bo'ylama to'lqin qattiq, suyuq va gazsimon muhitlarda ham tarqalishi mumkin. Havoda tarqaluvchi tovush to'lqinlari bo'ylama to'lqinga misol bo'la oladi.

Agar elastik muhit zarrachalarining tebranish tekisligi to'lqin tarqalish tezligiga perpendikulyar bo'lsa, bunday to'lqin ko'ndalang to'lqin deyiladi. Ko'ndalang to'lqinlar elastik muhitning siljish deformatsiyasi bilan bog'liq, shu sababli bu to'lqin formalari elastik bo'lgan (ya'ni qattiq jismlargagina) jismlarda paydo bo'ladi va tarqaladi. Suyuqlik va gazlarda ham ko'ndalang to'lqin tarqaladi.

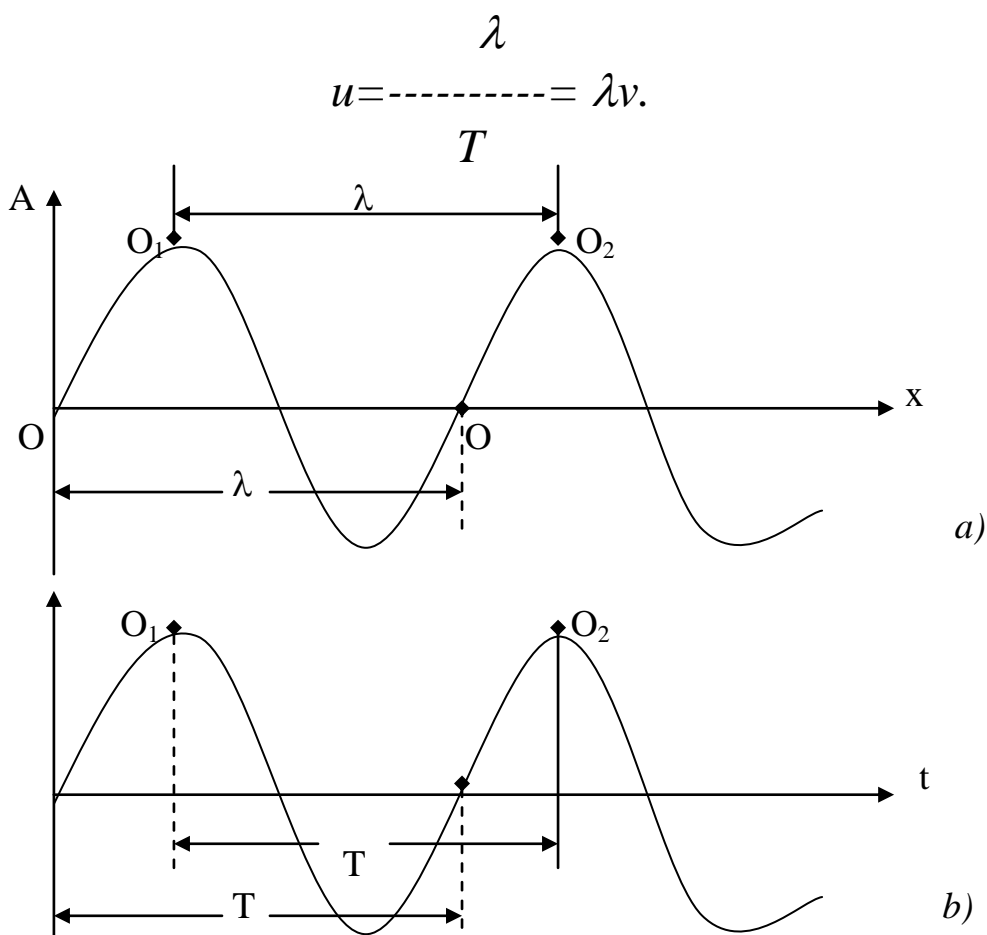
Fizika va texnikada sirt to'lqinlari alohida o'rin tutadi. Sirt to'lqinlari suyuqliklar sirti bo'yicha tarqaladi. Sirt to'lqinlari suyuqliklar sirti bo'yicha tarqaladi, (ular kemalar, shamol va h.k.) mexanik ob'ektlarning suyuqliklar sirtiga ta'siridan hosil bo'ladi. Sirt to'lqinlarida suyuqlik zarrachalari bir vaqtning o'zida ham bo'ylama, ham ko'ndalang tebranishlarda bo'lib, traektoriyalari elliptik va bundan ham murakkabroq bo'ladi.

To'lqinlarni harakterlovchi asosiy fizik kattaliklar – ularni to'lqin uzunligi l , tezligi i , davri T lardir.

To'lqinning to'lqin uzunligi, deb bir xil fazada tebranuvchi ikki eng yaqin nuqta orasidagi masofaga aytiladi. (2.3-rasm) 2.9 a rasm, 2.9 b rasmda OO_1 nuqtalar O_1O_2 nuqtalar bir xil fazada tebranadi. Shunga o'xshash nuqtalarni istagancha topish mumkin. (Rasmda A -to'lqin amplitudasi, t - tarqalish vaqti). To'lqinning bir to'la tebranishiga ketgan vaqt to'lqin davri T deyiladi. Davrga teskari bo'lgan qiymat chastota

$$\left(\nu = \frac{1}{T} \right) \text{ deyiladi.}$$

To'lqinning tarqalish tezligi



formuladan topiladi. Bu formula to'lqin protsessining tezligi, davri, chastotasi orasidagi bog'lanishni ko'rsatadi. Agar muhit zich bo'lsa to'lqinning tarqalish tezligi kichik. Lekin bu xulosa ham chegaralangan xulosadir. Umuman olganda, to'lqin tezligi elastik muhitda elastik bo'lmagan muhitga nisbatan kattaroq bo'ladi.

Bo'ylama to'lqin tezligi.

$$u_b = \frac{E}{\rho}. \quad (2.22)$$

ko'ndalang to'lqin tezligi.

$$u_k = \frac{G}{\rho}. \quad (2.22 a).$$

bu yerda ρ – muhitning zichligi, E – bo'ylama elastik moduli, G – ko'ndalang elastiklik moduli.

Ko'ndalang qattiq jismlar uchun $E > G$, shu sababli $u_b > u_k$. Faraz qilaylik, V – tebranish manbai bo'lsin. To'lqin VS to'g'ri chiziq bo'yicha v tezlik bilan tarqalsin. V nuqtada muhit zarrachalarning tebranish tenglamasi

$$h_v = A \sin 2 \pi vt \quad (2.20 b)$$

bo'lsa, bu tebranish S nuqtaga $(t - t_1)$ kechikish bilan yetib keladi.

$$u = \frac{l}{l_1}; \quad t = \frac{l}{u}, \quad \text{bo'lgani uchun.}$$

16.

$$x = A \sin 2 \pi v \left(t - \frac{l}{u} \right).$$

(2.21) formulani hisobga olib, to'liqin tenglamasini quyidagicha yozish mumkin.

$$x = A \sin 2 \pi \left(v t - \frac{l}{l} \right). \quad x = A \sin 2 \pi \left(\frac{t}{T} - \frac{l}{l} \right).$$

bu tenglama yugiruvchi to'liqin tenglamasi bo'lib, tebranish manbaidan l masofa joylashgan muhitning xar qanday nuqtasidagi zarrachalarning siljishini aniqlaydi. Agar V manbadan chiqan to'liqin S nuqtada biror to'siqqa uchrab qaytsa, turg'un to'liqin hosil bo'ladi. Bu to'liqinning tenglamasini (2,23) ga asosan

$$x = A \left[\sin 2 \pi \left(\frac{t}{T} \right) + \sin 2 \pi \left(\frac{t}{T} - \frac{l}{l} \right) \right].$$

ko'rinishda yozish mumkin: $\sin a + \sin b = 2 \sin \frac{a+b}{2} \cos \frac{a-b}{2}$
bo'lgani uchun:

$$x = 2A \cos \frac{2 \pi l}{l} * \sin \frac{2 \pi t}{T}$$

bu tenglama turg'un to'liqin tenglamasi bo'lib, bunda

17.

$$A = 2A \cos \frac{2\pi l}{l}$$

ko'paytma vaqtga bog'liq emas va koordinatasi l bo'lgan tebranuvchi nuqtaning amplitudasini ko'rsatadi. Shu sababli turg'un to'lqin tenglamasi bo'lmish (2.24) ni quyidagicha yozish mumkin.

$$x = A_T \sin \frac{2\pi t}{T}$$

Turg'un to'lqin, yuguruvchi to'lqinga qarama-qarshi ularoq, o'zi bilan birga energiya olib yurmaydi, chunki to'g'ri (yuguruvchi) va teskari to'lqin olib yurgan energiyalar bir-biriga teng va bir-birini kompensatsiya qiladi.

Tovush to'lqinlari .Tovushning harakteristikalari

Tovush to'lqinlarining chastotasi 20 dan $20 \cdot 10^3$ Gs gacha. Ana shu oraliqdagi chastotani insoning qulog'i qabul qiladi. Chastotasi $20 \cdot 10^3$ Gs dan ortiq bo'lgan elastik to'lqinni ultratovush, 20 Gs dan kichik infratovush deyiladi.

Tovushning balandligi, kuchi va tembri tovushning asosiy harakteristikalaridir tovush balandligi fizologik tushuncha bo'lib, tovush to'lqinlarining chastotasi bilan aniqlanadi. Tovush kuchi tovush tebranishi amplitudasining kvadratiga to'g'ri proporsional

$$W = \frac{m \omega^2 A^2}{2}$$

18.

Tovush kuchi (intensivligi) ning karakteristikasi qilib,

$$\beta = 10 \lg \frac{l}{l_0}$$

fizik kattalik olinadi. Bu – ko'pincha tovush yuksakligi ham deb ataladi. Bu yerda l_0 – shartli tanlangan nol yuksaklik bo'lib taxminan

$$10^{-12} \frac{\text{VATT}}{\text{m}^2}$$

ga teng. Tovush intensivligi desibel (dB) bilan o'lchanadi. Har qanday tovush tarkibida turli xil tovush to'lqinlari mavjud. Buni akustik spektr deb ataladi. Tovush tembri asosiy to'n yoki asosiy bo'lmagan (oberton) to'nlariga bog'liq. Agar tovushda obertonlar kam bo'lsa, tovush bir muncha so'niq bo'ladi. Agar tovush tarkibida birinchi obertonlar bo'lsa, tovush aniq, to'liq bo'ladi. Agar tovush yana tarkibida boshqa asosiy bo'lmagan to'nlar ko'p bo'lsa, tovush keskin, yoqimsiz bo'ladi. Bunday tovush to'lqinlari shovqin deb ham ataladi.

Gaz va suyuqliklarda tarqalayotgan tovush to'lqinlari bo'ylama to'lqinlardir. Qattiq jismlarda tovush to'lqinlari ham bo'ylama, ham ko'ndalang bo'lishi mumkin. Bu muhitlarda tovush to'lqinining tezligi muhitning elastikligiga va zichligiga bog'liq.

Tovush to'lqinlari gazlarda tarqalganda ko'pincha molekulalari orasidagi issiqlik almashinuvi gaz molekulalari qisilishidan va kengayishidan kechikib qoladi. Natijada gaz bosimi o'zgarishi issiqlik almashinuvisiz yuz beradi. Shu sababli gazlarda tovush tarqalishini ko'p tomonlari adeabatik

19.

protsess nazariyasi asosida tushuntiriladi (2.22) formuladan foydalanganda gazlarda tovush to'liqini tarqalish tezligini quyidagicha yozish mumkin.

$$u = \frac{E}{r} = \frac{1}{\rho \beta}. \quad (2.26)$$

bu yerda $\beta = \frac{1}{E}$ - elastiklik koeffitsienti (1.70 v)

formulaga qarang.

Gazlarning elastiklik koeffitsienti bosim r bilan quyidagicha bog'langan.

$$\beta = \frac{1}{\rho r} \quad (2.26 a)$$

bu yerda ρ - adabatik protsess tenglamasida ko'rsatgich darajasi.

O'rta maktab fizika kursidan bizga ma'lumki, ideal uchun Mendeleev – Klapeyron formulasidan

$$R = \frac{r m}{T}, \quad (2.26 b)$$

deb yozishimiz mumkin. Bu yerda. – m – gazning molekulyar massasi, R – gaz universal doimiysi, T – absolyut temperatura.

(2.26 a) va (2.26 b) larni hisobga olib, (2.26) ni quyidagicha yozamiz.

$$u = \frac{ur}{r} = \frac{uRT}{m} . \quad (2.27)$$

demak, gazlarda tovush to'liqini gaz bosimiga bog'liq bo'lmay gazning temperaturasiga malyar massasiga va U ga bog'liq.

Tovush manbai va tovushni qabul qiluvchi apparat orasidagi masofa o'zgarib tursa tovush manбайдan chiqqan tovushning chastotasi qabul qiluvchi apparatga borguncha o'zgarishi mumkin. Bu effekt akustikada Dopler effekti deyiladi.

Xozirga paytda ultra tovush fizikasi akustikaning fan va texnika uchun eng zarur bo'limlaridan bo'lib qoldi. Ultratovush pyezokristallarni (kvars, Bariy titonat, pyezokeramika) o'zgaruvchan elektromaydon ta'sirida tebranishi (elektrostraksiya effekti) natijasida hosil bo'lib, fan va texnikada biologiya, meditsina va xalk xo'jaligining turli sohalarida keng qo'llaniladi. Masalan, ultratovush yordamida mashinalar detallaridagi defektlarni aniqlash mumkin yoki 700 kGS li ultratovush to'liqlari bilan tirik organizm nurlatilsa, organizmning nurlatilgan sohasida foydali o'zgarishlar bo'lishi mumkin. Xattoki, ultratovush yordamida inson buyragida paydo bo'lgan toshlarni maydalash mumkin. Ultratovushning fan va texnikada qo'llanilish istiqboli porloqdir.

Elektromagnit to'liqlar.

Maksvellning elektromagnit to'liqlar haqidagi g'oyalaridan iboratki, elektr maydonning vaqt o'tishi bilan

21.

o'zgarishi magnit maydonini yuzaga keltiradi va aksincha. Maksvell o'zgaruvchan elektromaydonni yuzaga keltiruvchi magnit maydon bilan shu elektr maydon orasidagi miqdoriy bog'lanishni aniqlash uchun siljish to'ki deb ataluvchi kattalikni kiritdi. Kondensator ulangan elektr zanjirdan o'zgaruvchan to'k o'tishini qarab chiqaylik.

Agar kondensator vakuumli bo'lsa bu zanjirdan doimiy to'k o'ta olmaydi, lekin kondensator razryadlanishi protsessida elektr induksiya vektori D vaqt birligi ichida o'zgarib to'k hosil qiladi. Bu to'kni Maksvell siljish to'ki deb ataladi. Bu to'kning zichligi .

$$j_{silj} = \frac{dD}{dt}, \quad (10.6)$$

formula bilan ifodalanadi. Agar, kondensator qoplamalari orasida dielektrik bo'lsa, zanjirdagi to'la to'k o'tkazuvchanlik to'ki va siljish to'kning yig'indisidan iborat bo'ladi.

$$j = i_{o'tk} + j_{silj}. \quad (10.6')$$

o'z nabatida, siljish to'ki 2 xil tashkil etuvchidan iborat.

$$j_{vak} = \frac{dD}{dt} = \epsilon\epsilon_0 \frac{dE}{dt} \quad (10.6'')$$

va dielektrik qutblanishi natijasida hosil bo'ladigan siljish to'ki.

$$j_{qutb} = \frac{dR}{dt} \quad (10.6''')$$

demak, (10.6) va (10.6') formulalarni hisobga olib, to'la to'k uchun quyidagi ifodani olamiz.

$$I_{tula} = I_{utk} + I_{silj} = I_{utk} + I_{vak} + I_{kutb} \quad (10.11)$$

Shunday qilib, siljish to'kini o'zgarishdan biz uchun eng muhim xulosa shundan iboratki, elektr to'kining (elektr maydon induksiyasi) vaqt birligi ichida o'zgarishi uyurmaviy magnit maydon hosil bo'lishiga olib keladi.

Maksvell to'liq to'k qonuni bilan Faradey induksiya qonuni umumlashtirib, o'zining ikkita mashxur qonunini yaratdi.

Maksvellning birinchi qonuni.

$$\oint_L H dl = I_{o'tk} + I_{vak} + I_{qutb} = I_{to'la} \quad (10.12)$$

Maksvellning 2- qonuni.

$$\oint E dl = - \frac{dF}{dt} \quad (10.13)$$

(10.12) va (10.13) formulalarda \oint_L - yopiq ko'ntor bo'yicha

Integrallash simvoli, dl – uzunlik elementi,

$$\frac{dF}{dt} - \text{magnit oqimining o'zgarish}$$

tezligi. (10.12) va (10.13) integral tenglamalar ko'pgina hisoblashlarda ishlatiladi. Agar to'kli o'tkazgichlar bo'lmasa

yuqoridagi Maksvell tenglamalari magnit va elektromaydon kuchlanishi orasidagi aniq munosabatni ko'rsatadi.

$$\oint_L \vec{H} dl = \frac{d(\epsilon_0 \epsilon E)}{dt} S; \quad \oint_L \vec{E} dl = \frac{d(m_0 m N)}{dt} \quad (10.14)$$

Bu tenglamalarning fizik ma'nolari quyidagicha: elektromaydonning vaqt birligi ichida o'zgarishi magnit maydonini va magnit maydonning vaqt birligi ichida o'zgarishi elektromaydonni vujudga keltiradi. Hosil bo'ladigan ikkala maydon ham uyurmaviy harakterga ega va bir biri bilan chambarchas bog'langandir.

G.Gersning tajribalari va A.S.Popov tomonidan radioning kashf etilishi Maksvell g'oyalarining to'g'riligini isbotlaydi. Maksvell tenglamalari o'zlarining muhimliklari nuqtai nazaridan fizikada Nyuton qonunlari yoki termodinamika qonunlari kabi muhim ahamiyatga ega. Hozirgi zamon fizikasida elektromagnit maydon materialning maxsus bir ko'rinishlaridan biri bo'lib bu maydon uchun energiya impuls, massa kabi tushunchalar kuchga ega.

G.Gers tajriba yordamida optika qonunlari elektromagnit to'lqinlari uchun kuchga egaligini ko'rsatdi. U elektromagnit to'lqinlarining qaytishi, sinishi, defraksiyasi va interfrensiyasini o'rganib u qonuniyatlar yorug'lik qonuniyatlariga o'xshashligini isbotladi. Shunday qilib, elektromagnit to'lqinlari va yorug'lik tabiati bir biriga o'xshashligini isbot qildi. Elektromagnit to'lqinlarining bir biriga perpendikulyar tekislikda yotuvchi sinusoidalar shaklida tasavvur qilish mumkin, bunday to'lqin sinusoidalar kesishgan chiziq bo'ylab tarqaladi. Sinusoidalardan biri elektromaydon kuchlanganligi vektori E , ikkinchisi magnit maydon

24.

kuchanganligi vektori N ning tebranishlarini ifodalaydi. Maksvell nazariyasiga asosan, elektromagnit to'ldinning biror muhitda tarqalish tezligi shu muhitning elektr va magnit xususiyatlariga bog'liq bo'lib, bu munosabat

$$v = \frac{1}{m_0 e_0 * \epsilon}, \quad (10.15)$$

ko'rinishda ifodalanadi, bu formulada $s = \frac{1}{m_0 e_0}$

elektromagnit to'ldinining vakuumdagi tezligidan n marta kichik.

Bir tebranish davriga teng vaqt ichida elektromagnit to'ldinining siljish masofasi to'ldin uzunligi (l) deyiladi,

$$l = sT, \text{ yoki } l = s/v$$

bundan T - tebranish davri, ν - chastotasi.

Elektromagnit nurlanishi spektri tarkibiga radio to'ldinlar, infraqizil nurlanish, ko'zga ko'rinadigan yorug'lik, ultrabinafsha, rentgen va gamma nurlar kiradi. Bu to'ldinlar (nurlar) bir-birlaridan to'ldin uzunliklari bilan farq qiladi. Radio to'ldinlar va ultraqisqa to'ldinlarning to'ldin uzunliklari bir necha kilometrdan bir necha santimetr ga to'g'ri keladi. Qizdirilgan jismlar infraqizil, ko'zga ko'rinadigan yorug'lik va ultrabinafsha nurlar tarqatadi. Qizdirilgan jism temperaturasi qancha baland bo'lsa, tarqalayotgan nurlarning to'ldin uzunligi shuncha qisqa bo'ladi. Rentgen nurlari elektronlarni qattiq jism bilan o'zaro ta'sir qilib keskin

tormozlashi natijasida, gamma nurlar esa atomlarni radioaktiv yemirilish protsessida hosil bo'ladi.

Radio to'lqinlar yer yuzi bo'ylab tarqaladi, bu masala akademik V, A, Fok tomonidan tahlil qilingan. Qisqa to'lqinli elektromagnit nurlanish biosferasidan qaytib, atmosferaning yuqori qatlami orqali tarqaladi. Elektromagnit to'lqinlar yo'lida har xil to'siqlardan qisman qaytadi va qisman sochiladi. Radio to'lqinlar metall ob'ektlar bilan o'zaro ta'sir qilib qaytadilar, shu sababli qaytgan radio to'lqinlar yordamida ob'ektgacha bo'lgan masofa ob'ektning o'lchami, ob'ekt tezligi kabi parametrlar o'lchanadi, Radio texnikaning bu sohasiga radiolaksiya deyiladi va bu sohaga Sovet fiziklari D. N. Rojanskiy va Yu. B. Kobzaryov tomonidan asos solingan.

Radio to'lqinlar yordamida buyumlarni qidirib topish, ularning havodagi, suvdagi holatlarini aniq bilish mumkin. Masalan, radiolakator yordamida havoda uchayotgan samolyotgacha bo'lgan masofani va boshka harakat parametrlarni o'lchab olish mumkin

Hozirgi paytda elektromagnit to'lqinlar yordamida qo'zgalmas va harakatlanuvchi buyumlar tasvirini uzatish (fototelegrafiya, televideniya), samolyot va kemalarni boshqarish (radionavigatsiya). Yer ostida masofani aniq o'lchash (radiogeodeziya), osmon jismlarini o'rganish (radioastronomiya) mumkin.