

**I.B. SAPAYEV**

# **FIZIKA**

*DARSLIK*

**Toshkent -2023**

**“TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ XO‘JALIGINI  
MEXANIZATSİYALASH MUHANDISLARI INSTITUTI”**

**M T U**

**“FİZİKA VA KİMYO” KAFEDRASI**

**I.B. SAPAYEV**

# **FİZİKA**

***DARSLIK***

**“Toshkent irrigatsiya va qishloq xo`jaligini mexanizatsiyalash muhandislari**

**instituti” MTU -2023**

*Ushbu darslik Milliy tadqiqot Universiteti rektorining 2023 yil —  
—dagi — —-sonli buyrug‘i asosida hashr etishga ruxsat berilgan.  
Ruyxatga olish raqami \_\_\_\_ "o‘tgan \_\_\_\_ - sonli majlisida ko‘rib chiqildi va  
chop etishga tavsiya etildi.*

**Tuzuvchilar:** **I. B. Sapaev** “TIQXMMI” MTU , “Fizika va  
kimyo”  
kafedrasи mudiri, f-m-f. f.d. (PhD) dotsent.

**Taqrizchilar:** **B.Islamov** Toshkent Toq’imachilik va Yengil  
Sanaoti Institutining «Fizika va elektrotexnika»  
kafedrasи dotsenti, f-m.f.n.

**A.M. Axmedov** TIQXMMI, MTU dotsenti.

**Toshkent irrigatsiya va qishloq xo`jaligini mexanizatsiyalash**

## **muhandislari instituti MTU 2023 yil**

### **ANNOTATSIYA**

*Ushbu darslik, "TIQXMMI" MTUning rektori tomonidan tasdiqlangan namunaviy fan dasturlari asosida yozilgan bo'lib, barcha texnika yo'nalishlarida tahsil olayotgan bakalavr ta'lim yo'nalishlarida taxsil olayotgan talabalar uchun mo'ljallangan.*

*Darslikda, umumiy fizika kursining barcha bo'limlariga tegishli mavzular va o'zgarmas kattaliklar bo'yicha ma'lumotlar berilgan.*

### **АННОТАЦИЯ**

*Учебник написан на основе типовых научных программ, утвержденных ректором МТУ «ТИКХММИ» и предназначен для студентов бакалавриата всех технических направлений.*

*Учебник содержит информацию по темам и инвариантам, относящимся ко всем разделам курса общей физики.*

### **ANNOTATION**

*The textbook is written on the basis of standard scientific programs approved by the rector of MTU "TIKKhMMI" and is intended for undergraduate students of all technical areas.*

*The textbook contains information on topics and invariants related to all sections of the general physics course.* gimon.

<b>MUNDARIJA</b>	
So‘z boshi	6
<b>1-BOB MEXANIKA</b>	7
1-§. Mexanikaning fizik asoslari. Umumi tushunchalar, Kinematika asoslari.	
2-§. DINAMIKA. Moddiy nuqta dinamikasi	14
3-§. Kuch turlari. Ish va energiya	19
4 -§. Qattiq jism aylanma harakat dinamikasi	23
5-§. Suyuqlik va gazlar mexanikasi	38
<b>II- BOB. TEBRANISHLAR,</b>	43
6 -§. Mehanik tebranishlar va to’lqinlar	
<b>III- BOB. MOLEKULYAR FIZIKA</b>	48
7 -§. Molelekulyar fizika.	
8-§. Termodinamika asoslari. Ish va issiqlik miqdori, issiqlik almashinuvi. Termodinamikaning I- qonuni	53
<b>IV-BOB. ELEKTR</b>	65
9-§. Elektrostatika.	
10-§. Elektr maydonda o’tkazgichlar va dielektriklar	71
<b>V-BOB. ELEKTR TOKI,</b>	96
11-§. O’zgarmas tok	
<b>VI-BOB. ELEKTOMAGNETIZM</b>	116
12-§. Elektromagnetizm	
13-§. Elektromagnit induksiya.	125
<b>VII-BOB. OPTIKA, 14-§. Yorug‘likning tabiatи</b>	148
15-§. Yorug‘lik interfrentsiyasi	161
16-§. Yorug‘lik difraktsiyasi	167

VII-BOB. ATOM FIZIKASI,	
17-§. Atom fizikasi. Rezerford tajribasi. Atomni yadroviy planetar modeli	
ILOVALAR	193
Adabiyotlar	203
Mundarija	204
<b>ОГЛАВЛЕНИЕ</b>	
Начало слова	6
<b>ГЛАВА I МЕХАНИКА,</b>	7
§ 1. Физические основы механики. Общие понятия, Основы кинематики.	
§ 2. Динамика материальной точки	14
§ 3. Виды власти. Работа и энергия	19
§ 4. Динамика вращательного движения твердого тела	23
§ 5. Механика жидкостей и газов	38
<b>ГЛАВА II. ВИБРАЦИИ</b>	43
6 -§. Механические колебания и волны	
<b>ГЛАВА III. ВИБРАЦИИ,</b>	48
7 -§. Механические колебания и волны	
§ 8. Основы термодинамики. Количество работы и теплоты, теплообмен. I-закон термодинамики	53
<b>ГЛАВА IV. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО</b>	65
§ 9. Электростатика.	
§ 10. Проводники и диэлектрики в электрическом поле	71
<b>ГЛАВА V. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО</b>	96
§ 11. Постоянный ток	
<b>ГЛАВА VI. ЭЛЕКТОМАГНЕТИЗМ,</b>	116

§ 12. Электромагнетизм	
§ 13. Электромагнитная индукция.	125
<b>ГЛАВА VII. ОПТИКА</b>	148
§ 14. Природа света	
§ 15. Интерференция света	161
§ 16. Дифракция света	167
<b>ГЛАВА VII. АТОМНАЯ ФИЗИКА</b>	
§ 17. Атомная физика. Эксперимент Резерфорда. Ядерно-планетарная модель атома	
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ</b>	193
<b>Ссылки</b>	203
<b>Содержание</b>	204

### **Table of contents**

The beginning of the word	6
CHAPTER 1 MECHANICS, § 1. Physical foundations of mechanics. General concepts, Fundamentals of kinematics.	7
§ 2. Dynamics of the material point	14
§ 3. Types of power. Work and energy	19
§ 4. Dynamics of rotational motion of a rigid body	23
§ 5. Mechanics of liquids and gases	38
<b>CHAPTER II. VIBRATIONS</b>	43
6 -§. Mechanical vibrations and waves	
<b>CHAPTER II. VIBRATIONS</b>	48
§.-7 Mechanical vibrations and waves	
§ -8. Fundamentals of thermodynamics. The amount of work and heat, heat exchange. I-Law of thermodynamics	53
<b>CHAPTER IV. ELECTRICITY,</b>	65

§ 9. Electrostatics.	
§ 10. Conductors and dielectrics in an electric field	71
<b>CHAPTER V. ELECTRICITY</b>	<b>96</b>
§ 11. Direct current	
<b>CHAPTER VI. ELECTRO-MAGNETISM, § 12. Electromagnetism</b>	<b>116</b>
§ 13. Electromagnetic induction.	125
<b>CHAPTER VII. OPTICS, § 14. The nature of light</b>	<b>148</b>
§ 15. Interference of light	161
§ 16. Diffraction of light	167
<b>CHAPTER VII. ATOMIC PHYSICS,</b>	
§ 17. Atomic physics. Rutherford's experiment. Nuclear-planetary model of the atom	
<b>APPENDICES</b>	<b>193</b>
<b>References</b>	<b>203</b>
<b>Contents</b>	<b>204</b>

## **So‘z boshi**

*Maqsad aniq bo`lsa ishonch mustahkamlanadi.*

*SH. Mirziyoyev*

Hozirgi kunda, Oliy ta`lim muassasalarining maqsadi , kadrlar tayyorlasda xar tomonlama yetuk, va jamiyat hayotiga moslashgan fanlarni chuqr o`zlashtirgan kadrlar tayyorlashdan iboratdir.

Shu maqsadda, barcha fanlardan, barcha yo`nalishlar bo`yicha bakalavrlar tayyorlash uchun o`quv qullanmalar va darsliklar ishlab chiqilmoqda. Bu esa, hozirgi zamon talabidir.

Ushbu darslikda, ko`pgina ta`lim muassasalarining fizika kafedralarida uzoq yillar davomida to`plangan tajribalar va rivojlangan xorijiy mamlakatlar oliy o`quv yurtlarida qo`llanilayotgan fizika fanining dasturlaridan foydalanildi. Ya`ni; “TIQXMMI” MTU rektori tomonidan tasdiqlangan fan dasturlari asosida tayyorlangan bo`lib, barcha bakalavr ta`lim yo`nalishlarida taxsil olayotgan talabalarga mo`ljallangan.

Fizika fani–tabiat hodisalarini oddiy va umumiy qonuniyatlarni, moddalarning tuzilishi va xususiyatlari, ularning harakati qonuniyatlari tushuntiruvchi fandir.

Fizika fani- o‘quv darsligi texnika yo`nalishida tahsil olayotgan talabalarning fizika fanini chuqurroq o‘rganishlari va mustaqil ishlashlari uchun mo`ljallangan.

Demak, «Fizika» hozirgi zamon fani va texnikasi rivojlanishining asosini tashkil qilib, barcha mutaxassisliklar uchun zarur bo’lgan xususiy fanlarni o`zlashtirishda, hamda o’quvchilarda materialistik dunyoqarashni shakllantirishda zarur bo’lgan asosiy fanlardan biridir. Shuning uchun bu fanni har tomonlama va mukammal o’rganmasdan turib hozirgi zamon talabiga javob beruvchi muhandis bo’lish mumkin emas.

Darslikda, umumiy fizika kursining barcha bo'limlariga tegishli nazariy mavzular va o'zgarmas kattaliklar bo'yicha ma'lumotlar berilgan.

## **1-BOB. MEXANIKA**

### **1-§. Mexanika bo'limining fizik asoslari. Umumiy tushunchalar Kinematika asoslari**

#### **Reja:**

1. "Fizika" fani va uning boshqa fanlar bilan bog'liqligi.
2. "Kinematika"ning asoslari. Mexanikaviy harakat.
3. Aylanma harakat kinematikasi.

***Kalit so'zlar:*** *Mexanika, kinematika, tezlik, tezlanish, chastota, davr.*

**Fizika** fani - tabiat hodisalarining kechish qonuniyatlari va turli hodisalar orasidagi bog'lanishlarni o'r ganuvchi

"Fizika"- fani jonsiz tabiatni o'r ganadi. Fan va texnika o'zaro uzviy bog'langan. Fanning rivojlanishi texnikaning, texnikaning rivojlanishi esa fanning, xususan fizikaning yangi yutuqlarga erishishiga imkon beradi. Fizikaning rivojlanishi hamma vaqt boshqa tabiiy fanlar bilan chambarchas bog'liq bo'lib keldi: bu rivojlanish kimyoviy fizika, astrofizika, geofizika va boshqa fanlarning yaratilishiga sabab bo'ldi Elektron mikroskop va rentgenostruktura tahlili qurilmalaridan foydalanish molekulalar va xujayralarni bevosita kuzatish, kristallarning tuzilishini, murakkab biologik tuzilmalarni o'r ganishda qimmatbaho ma'lumotlar berdi. Radiofizikaning paydo bo'lishiga olib keldi. Ultratovush va lazer aparatlar ixtiro etildi va bular tabobat diagnostikasi va terapiyada xizmat ko`rsatmoqda. Yadro fizikasi geologiyada, yer qazilmalarini aniqlashda qo'llanilmoqda.

Elektrotexnika, radiotexnika, radioelektronika, avtomatika, kosmonavtika, geliotexnika, qurilish texnikasi va harbiy texnika fizika bilan chambarchas

bog’liq. Yarim-o’tkazgichlarni o’rganish mikroelektronika va elektron hisoblash mashinalari (EHM) ning yuzaga kelishiga sabab bo’ldi. EHM esa fizika va texnikada olingen natijalarni tahlil qilishda ish unumdoorligini benihoya oshirmoqda. Shunday qilib, fizika hozirgi zamon fani va texnikasi rivojlanishining asosini tashkil qilib, barcha mutaxassisliklar uchun zarur bo’lgan xususiy fanlarni o’zlashtirishda, hamda o’quvchilarda materialistik dunyoqarashni shakllantirishda zarur bo’lgan asosiy fanlardan biridir. Shuning uchun bu fanni har tomonlama va mukammal o’rganmasdan turib hozirgi zamon talabiga javob beruvchi muhandis bo’lish mumkin emas.

**Kinematika asoslari. Mexanikaviy harakat.** Fizika fanining mexanika bo`limi jismlarning xarakatini o`rganadi. Tabiatning eng sodda ko’rinishlaridan biri mexanik harakat bo`lib, ***mexanik harakat*** - deganda jismlarning boshqa jismlarga nisbatan holatining o`zgarishiga aytildi.

***Mexanika bo’limi-*** 2 qismga ya’ni: kinematika va dinamika bo’limida o’rganiladi.

***Kinematika qismi*** - harakatni va uni yuzaga keltiruvchi sabablarsiz holda o`rganadi.

***Dinamika qismi*** - jismlar harakatini va uni yuzaga keltiruvch sabablar bilan bog’lab o`rganadi.

“Fizika” fanining mexanika bo’limida moddiy nuqta va mutlaq qattiq jism deb ataladigan mexanikaviy o’xshatishdan foydalilaniladi.

O’rganilayotgan sistemada o’lchamlari juda kichik va shaklini hisobga olmaydigan shunihdek massasi bir nuqtaga mujassamlangan deb yuritiladigan kichik jismga ***moddiy nuqta*** deb ataldi. Moddiy nuqta tushunchasi ilmiy abstraktiya hisoblanadi. Har bir jismning o’zi bir sharoitda moddiy nuqta bo’lishi, ikkinchi bir sharoitda esa moddiy nuqta bo’lmasi mumkin.

***Qattiq jism*** - deb esa ixtiyoriy ikki nuqta orasidagi masofa harakat davomida xam o’zgarolmaydigan jismlarga aytildi. Olamda mutloq qattiq jism mavjud emas.

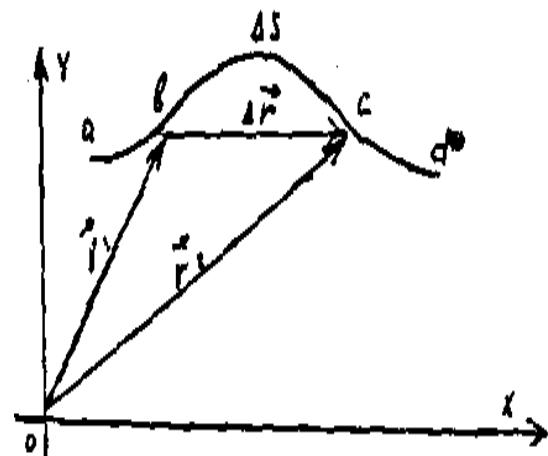
Moddiy nuqtaning harakatlarini o'rganishda *fazo va vaqt* tushunchalari kata ahamiyatga ega.

Vaqt bu - jarayonning ketma-ket o'zgarish tartibini tushuhtiruvchi fizikaiviy kattalikdir. Jismlar harakati fazo va vaqt bilan bog'lab urganiladi.

Ta'kidlanganimizdek, mexanik *harakat* - deganda jismlarning fazodagi vaziyatining vaqt o'tishi bilan atrofdagi jismlarga nisbatan o'zgarishi tushuniladi. Jismlarning holatini o'rganayotganda sanoq boshi uchun hoxlagan qo'zg'almaydigan jismlar olinisa bo'ladi. Harakatlanayotgan yoki muvozanat xolatda turgan jismlarning fazodagi holatini aniqlash uchun koordinatalar sistemasidan ya'ni tizimi *Dekart koordinatalar sistemasidan* foydalanish mumkin.

Moddiy nuqtaning harakati davomida fazoda qoldairgan izi *traektoriya* deb ataladi. Izining uzunligi esa moddiy nuqta bosib o'tgan *yo'li* deyiladi. Moddiy nuqta traektoriyasi shakliga qarab harakat *to'g'ri chiziqli* va *egri chiziqliga* bo'linadi.

Masalan: moddiy nuqta biror  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  traektoriya bo'yicha harakat qilsin ya'ni, uning xarakatini kuzatish traektoriyaning  $bc$  qismida olib borilsin (2-rasm).  $b$  nuqtaning fazodagi o'rmini  $r_1$  radius-vektor bilan ifodalansin. Ma'lum  $\Delta t$  vaqtdan keyin moddiy nuqta harakatlansin va fazoning  $c$  nuqtasiga kelsin. Moddiy nuqtaning bu holati  $r$  radius vektor bilan ifoda qilinadi.



2-rasm

Bu paytda moddiy nuqtaning boshlang'ich va oxirgi holatlarini tusuntiruvchi radius vektorlar ayirmasi ya'ni  $b$  va  $c$  nuqtalarni tutashturuvchi  $b$

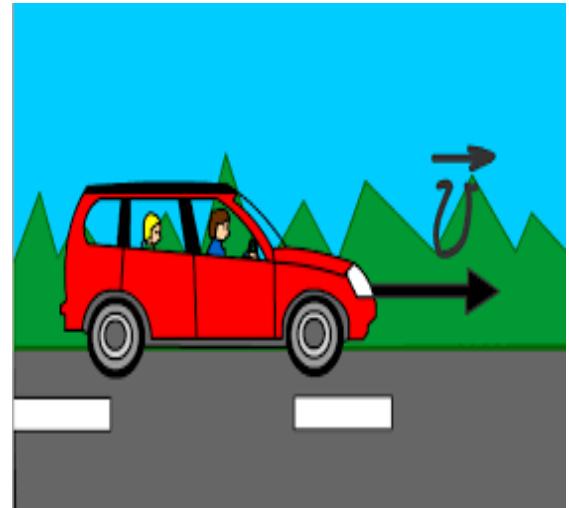
dan  $c$  ga tomon yo'nalgan  $\Delta r = r_1 - r_2$  vektor moddiy nuqtaning ***ko'chishi*** deb nomlanadi.

Moddiy nuqtaning, harakati turlicha ya'ni, to'g'ri chiziqli, egri chiziqli, *yoki doiraviy ko'rinishda* bo'lishi mumkin. ***To'g'ri chiziqli harakatda*** – moddiy nuqta traektoriyasi to'g'ri chiziq bo'ladi.

Agar, moddiy nuqta, teng vaqt ichida teng masofani bosib o'tsa bunday harakat ***tekis harakat deyiladi***.

Moddiy nuqta harakati o'zgarishi jadalligini ifodalovchi tushuntirish uchun tezlik deb atalguvchi atama kiritiladi.

***Tezlik***, bu vaqt birligi ichida bosib o'tilgan yo'lga teng bo'lgan kattalikdir. Yani, moddiy nuqta  $\Delta t$  vaqt oralig'ida  $\Delta s$  yo'lni bosib o'tgandagi tezlik quydagicha ifodalanadi:



3-rasm

$$\vartheta = \frac{\vec{\Delta r}}{\Delta t} \quad \text{yoki} \quad \vartheta = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

Agar moddiy nuqta biror t vaqt ichida tekis harakat qilsa va s yo'lni bosib o'tgan bo'lsa, tezlik ifodasi quyidagicha bo'ladi:

$$\vartheta = \frac{S}{t}$$

Tezlik- yo'nalishga ega bo'lgan vektor kattalikdir.

Ma'lumki, moddiy nuqta harakati davomida tezligi turlicha ya'ni, o'zgarib borsa, o'rtacha tezlik deb nomlanuvchi kattalik hosil bo'ladi. ***O'rtacha tezlik-deyilganda*** ko'chish vektori r ning shu ko'chish uchun sarf bo'lgan vaqtga nisbatini ifodalovchi vektor kattalik tushuniladi.

U holda, o'rtacha tezlik:

$$\vec{\vartheta}_{o'r} = \frac{\vec{\Delta r}}{\Delta t} \quad \text{yoki} \quad \vec{\vartheta}_{o'r} = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

Tezlik o'zgarsa **oniy tezlik** nomli tushunca hosil bo'ladi.

**Oniy tezlik**, vaqt oralig'i juda kichik bo'lganda o'rtacha tezlikning ayni t vaqtdagi qiymatiga teng bo'p qoladi.

Shuning uchun:

$$\vec{\vartheta} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\vec{\Delta r}}{\Delta t} = \frac{d \vec{r}}{dt} \quad \text{yoki} \quad \vec{\vartheta} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{dS}{dt}$$

Demak, moddiy nuqta oniy tezligi  $r$ - dan  $t$  bo'yicha olingan birinchi tartibli hosilasiga tengdir.

**Tezlanish.** **Moddiy nuqta, harakati** davomida tezlik vaqt o'tishi bilan o'zgarsa bu harakat **notekis harakat** bo'lib, bunda **tezlanish** deb nomlanuvchi fizikaviy kattalik bilan tushuntiriladi.

**Tezlanish**, bu - tezlikning vaqt birlik ichida o'zgarishini ifodalovchi fizik vektor kattalikka aytildi. U holda:

$$\vec{a} = \frac{\vec{\Delta \vartheta}}{\Delta t}; \quad \vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\vec{\Delta \vartheta}}{\Delta t} = \frac{d \vec{\vartheta}}{dt}$$

SI tizimida tezlanish ( $\text{m/s}^2$ ) larda o'lchanadi.

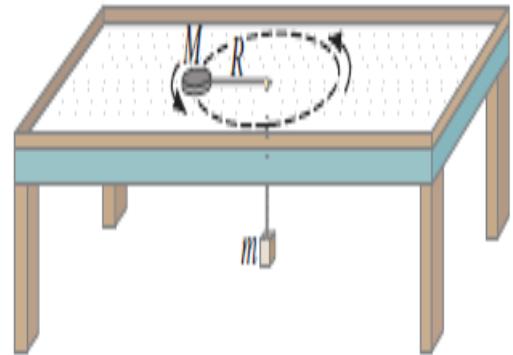
Agar harakat tekis bo'lsa tezlik:

$$\vartheta = \frac{S}{t} = \text{const}, \quad a = 0$$

Agar harakat notekis bo'lsa tezlanish:

$$a = \frac{\vec{\vartheta} - \vec{\vartheta}_0}{t}, \quad \vec{\vartheta} = \vec{\vartheta}_0 + at, \quad S = \vartheta_0 t + \frac{at^2}{2}$$

**Egri (aylana) chiziqli harakat kinematikasi.** Agar moddiy nuqta, aylana radiusi  $R$  bo'lgan harakatlanayotgan bo'lsa, ***bo'rchak tezlik va bo'rchak tezlanish*** tushunchalari hosil bo'ladi (3--rasm). Ya'ni:  $M$  bo'lgan moddiy nuqta holati o'zgarmas  $0X$  o'q va  $OM$  radius - vektor



3 --rasm

orasidagi  $\varphi$  deb belgilanuvchi burchak bilan belgilanadi.

O'zgarmas  $0X$  o'qi bilan  $0M$  radius - vektor orasidagi burchakdan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosila ***burchak tezlik*** deb ataladi.

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt}$$

Agar,  $\omega$  - burchak tezlik vaqt o'tishi bilan o'zgarmasa , u xolda bu harakat *tekis aylanma harakat* deyiladi:

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T};$$

Birlik vaqt ichida, aylana bo'ylab qilingan to'liq aylanishlar soniga ***aylanishlar chastotasi*** deyiladi:

$$\nu = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi},$$

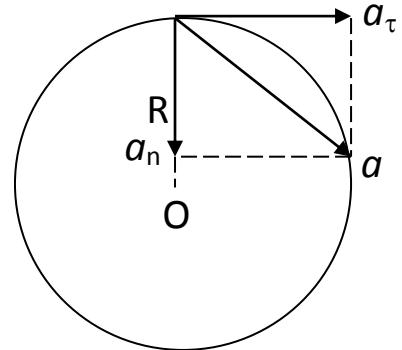
Bundan tashqari, burchak tezlikdan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosila yoki  $\varphi$  - burchakdan vaqt bo'yicha olingan ikkinchi tartibli hosilaga **burchak tezlanish** deyiladi:

$$\beta = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2},$$

Huddi shuningdek, egri chiziqli harakatda, tangensial  $\vec{a}_\tau$  va normal  $\vec{a}_n$  tezlanish va to'liq tezlanishlar qo'yidagicha ifodalanadi (4--rasm).

$$\vec{a}_\tau = \frac{d\vec{\vartheta}}{dt} \quad \text{va} \quad \vec{a}_n = \frac{\vec{\vartheta}^2}{R} \vec{n}$$

$$\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n \quad \text{va} \quad a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}$$



**4-- rasm**

### Nazorat uchun savollar:

1. Fizika fani nimani o'rgatadi ?
2. Fizikaning rivojlanish davrlarini gapirib bering ?
3. Mexanik harakat nima ?
4. Kinematika nimani o'rgatadi ?
5. To'gri chiziqli tekis harakatda tezlikni tushuntiring ?
6. To'gri chiziqli notekis harakatda tezlikni tushuntiring ?
7. To'gri chiziqli notekis harakatda tezlanishni tushuntiring ?
8. Aylanma harakatda burchak tezlikni tushuntiring ?

9. Aylanma harakatda burchak tezlanishni tushuntiring ?
10. Markazga urinma tezlanishni tushuntiring ?
11. Normal tezlanishni tushuntiring ?

## **2-§. Moddiy nuqta dinamikasi**

### **Reja:**

1. Moddiy nuqta dinamikasi.
2. Kuch turlari.
3. Nyuton I va II qonunlari.
4. 5. Nyutonning uchinchi qonuni.
6. Kuch va impuls momenti.

***Kalit so'zlar:*** Dinamika, Nyuton qonunlari, massa, kuch, impuls momenti.

Issak Nyuton o'z nazariyalarida harakat qonunlari va harakat sabablari togrusida soz yuritgan bo'lib, mashur III- ta qonunini yaratadi. Nyuton galiley fikriga yaqin bo'lgan birinchi qonunini yaratad. Ya'ni: *Agar biror bir jismga tasir qilayotgan kuchlarning geometrik yegindisi 0 ga teng bo`lsa bu*



*jism o`zining tinch yoki tekis harakatini o`zgartirmaydi.* Bu esa, inertsiyadir.

### 1-rasm

Natijada Nyutonning birinchi qonunini ko`pincha ***inersiya qonuni*** deb tyshuntiriladi.

***Nyuton I- qonuni:*** Jismga tashqaridan biror bir boshqa jism ta'sir etmagnicha o'z muvozanat holatini, yoki to'g'ri chiziqli tekis harakatini uzgartirmaydi.

Bu holat esa, jismlarning ***inersiya xususiyati*** deb ataladi.

Nyuton, I- qonuni har qanday sanoq sistemalarida bajarilmaydi. Misol uchun: tezlanish bilan harakatlanoyotgan avtomobil tarpedasida turgan piyola siz tomonga qarab harakatlanishi mumkin (Agar avtomobil tekis harakatlanganida piyola o`z holatini o`zgartirmas edi). Bu hech qanday tashqi kuch ta'sirida yuzaga kelmadи. Tezlanuvchan sanoq sistemasida Nyutonning birinch qonuni bajarilmaydi. Fizikadagi Nyuton qonunlari bajariladigan sanoq sistemalari inertsial sanoq sistemalari deyiladi. Ko`p hollarda biz yerdagi sanoq sistemasini qo`zg`almas deb qabul qilamiz. Bu yaqinlashish Yer aylanishini hisobga olganda bajarilmaydi. Inertsial sistemaga nisbatan o`zgarmas tezlik bilan harakatlanoyotgan har qanday sanoq sistema inertsial sanoq sistemasidir. Inertsia qonuni bajarilmaydigan sanoq sistemalari *noinertsial* sanoq sistemalaridir. Inertsial yoki noinertsial sanoq sistemasini qanday ajratish mumkin? Nyutonning birinchi qonuni bajariladi yoki yo`qligiga qarab ajratish mumkin. Shunday qilib inertsial sanoq sistemasining tarifi bu Nyutonning birinchi qonunidir.

Agarda, jism birdaniga xarakatlansa, yoki deformatsiyalansa unga kuch tasir bo'layotganin bilamiz. Masalan, avtomobilni itarsak yoki biror yukli aravani itarsak (1-rasm) unga kuch tasir kursatadi. Muvozanat xolatda turgan jism kuch tasirida tezlanubchan xarakat qilib, tezligini noldan malum qiymatgacha osiradi. Agar xarakatdagi jismga kuch tasir etsa u o`zining tezligini va yunalisini o`zgartirishi mumkin. Bosqacha qilib aytganda xarakati tezlashishi uchun xar

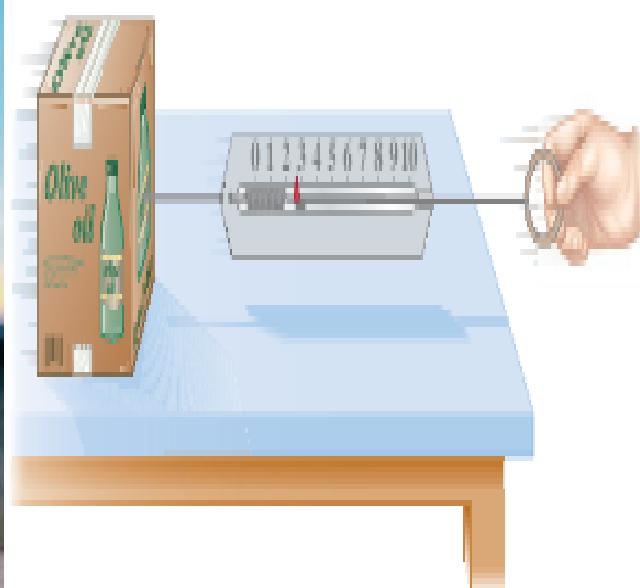
doin tasqaridan kuch tasir etisi talab qilinadi. Tezlanish va kuch orasidagi boglanishni ko'ramiz- bu Nyutonni ikkinchi qonuni.

Bu qonunda 2 ta fizik kattalik kuch va massa ishtirok etadi. Kuch berilgan jismga boshqa jismlar tamonidan ko'rsatilayotgan ta'sirning miqdori bilan yo'naliшини ko'rsatadi. Massa esa jismning miqdor tomondan xarakterlaydi. Quyidagi tajribalarda: 1) Tayanch nuqtaga osilgan prujinaga ketma-ket yuk osilsa, purjinaning uzayishi unga ta'sir etuvchi kuchga proporsional bo'ladi. Guk qonuni uncha katta bo'limgan deformatsiyalar uchun bajariladi. Shunday qilib kuchlar miqdor jihatdan solishtiriladi.

Tasirni qiymatini (yoki kuchni) o'lchas usullaridan biri prujina skalasidan fodalanish mumkin (2 - rasm). Bu shkaladan jismni ogirligini aniqlash uchun islatiladi; jismning ogirligi ogirlik kuchiga teng xolat ko'rildi. Osma skala kalibrovka qilingandan keyin bosqa kuchlarni xam o'lchasga qo'llash mumkin.



1-rasm. Yukli aravaga kuch ta'sir etimoqda.



2-rasm. Kuchni o'lchasga qo'llaniladigan prujinali skala.

**Nyuton II - qonuni:** Tashqaridan qo'yilgan kuch ta'sirida jismlarning mexanik harakati qanday o'zgarishini izohlaydi va *ilgarilanma* harakat

dinamikasining asosiy qonuni deb yuritiladi.

Moddiy nuqtaning va jismlarga tyrli xil kuch ta'sir etsa tezlanish qo'yilgan kuchga tengdir.

$$a \sim F, \quad (m = \text{const})$$

**Nyuton- II- qonunini** quyidagicha yoziladi:

$$\vec{F} = \frac{d \vec{p}}{dt} = \frac{d(m \vec{v})}{dt}$$

Bunda **m $\vec{v}$**  - jism impulsi;

Moddiy nuqta massasini tezligiga bo'lgan ko'paytmasi **jism impulsi** deb ataladi.

Massa –deb nomlanuvchi kattalik jism inertligini ifodalaydi. Jism inertligi bu - har qanday tashqi ta'sirga jismning qarshilik ko'rsatush xususiyatini tushuntiradi.

Balki, tashqi ta'sir kuchi  $F=0$  teng bo'lsa

$$\frac{d(m \vec{v})}{dt} = 0 \quad \text{bo'ladi.}$$



**3- rasm.**

U xolda, impuls' saqlanish qonuni quyidagucha bo'ladi.

$$m\vec{v} = \text{const}$$

Bunda , massa o'zgarmasa ya'ni ( $m=\text{const}$ ) bo'lsa, unda Nyuton II- qonuni quyidagicha ifodalanadi.

$$\vec{F} = m \cdot \frac{d\vec{\vartheta}}{dt} = m \cdot \vec{a}$$

Agar, massa o'zgarsa, ya'ni ( $m \neq \text{const}$ ) u xolda, Nyuton II- qonuni quyidagicha ifodalanadi.

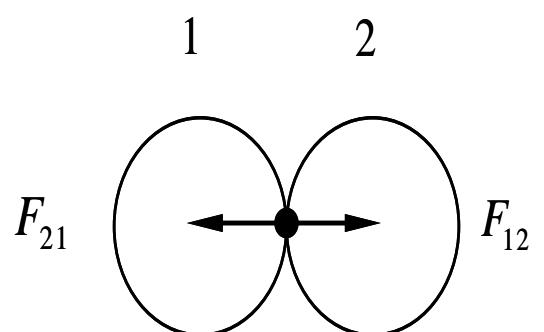
$$\vec{F} = m \cdot \frac{d\vartheta}{dt} + \vartheta \cdot \frac{dm}{dt}$$

bu yerda  $\frac{dm}{dt}$  vaqt bo'yicha jism massasi kamayishi.

**Nyuton III- qonuni:** Jismlarning o'zaro ta'siri xarakterini Nyutonning uchinchi qonuni bilan ifodalash mumkin: Moddiy nuqta yoki jismlarning bir-biriga ta'siri, o'zaro ta'sir kuchlari moduli jihatidan bo'yicha teng va yo'nalishi bir-biriga qarama-qarshidir (4, 5 rasmlar):

$$F_{12} = -F_{21}$$

bunda  $F_1$  va  $F_2$  jismlar orasidagi o'zaro ta'sirlashish kuchlari,  $m_1$ ,  $m_2$ - jismlarning massalari.



$$F_{21} = -F_{12}$$

4-rasm. Raketa uchirilayotganda raketa dvigateli raketadan chiqayotgan gazlarni pastga itaradi, gazlar

o'z navbatida raketaga tezlanish beradi.

### **Nazorat uchun savollar:**

1. Nyuton mexanikasi nimani o'rgatadi?
2. Fazo va vaqt nima?
3. Tezlik va tezlanish nima, ularning o'lchov birligi qanday?
4. To'g'ri chiziqli harakatni tushuntiring.
5. Impuls nima? Impulsning o'lchov birligi?
6. Inersiya nima?
7. Impulsning saqlanish qonuni.
8. Impuls momentini tushuntirish.

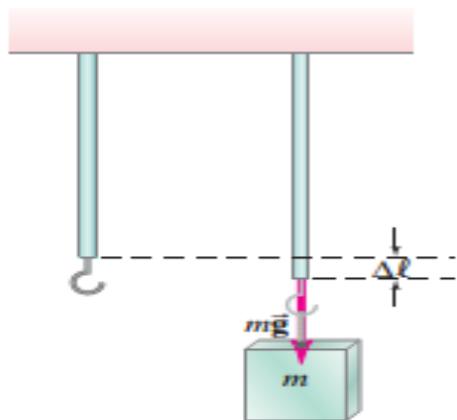
### **1.3-§. Tabiatdagi kuchlar. Mexanik ish va energiya**

#### **Reja:**

1. Tabiatdagi kuchlar
2. Qattiq jismning deformatsiyasi, elastiklik kuchi.
3. Ishqalanish kuchlari.
4. Og'irlilik kuchi Butun olam tortishish qonuni.
5. Mexanik ish va energiya.

**Kalit so'zlar:** Qattiq jism, elasmik, plastik, deformatsiya, tortishish, ish, energiya, og'irlik kuchi.

*Qattiq jismning deformatsiyasi va elasmik kuch.* Tashqi kuchlar ta'sirida jismlar deformatsiyalanadi va jismlar shakli va xajmi, o'lchamlari o'zgaradi. Agar, deformatsiyani vujudga keltirgan kuchlar ta'siri to'xtatilsa jism o'z shakli va xajmini qayta egay olsa bu - *elastik deformatsiya* deyiladi.



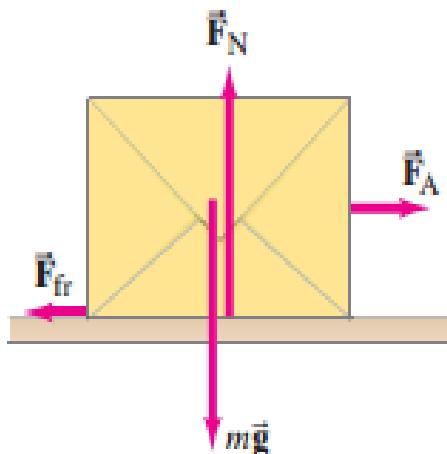
1-rasm.  $\Delta l$  қўйилган кучга тўғри пропорционал

Agar kuch ta'siri to'xtatilsa xam saqlanib qolsa, *qoldiq plastik deformatsiya* vujudga keladi.

$$F = -kx$$

Bu Guk qonuni deyiladi. bunda, k - elastik koeffisiyenti.

**Ishqalanish kuchiları** - jismlarning boshqa jismning sirtida sirpanishiga qarshilik ko'rsatuvchi kuch bo'lib, jismlar sirtiga normal bo'yicha beruvchi bosim kuchiga tengdir.



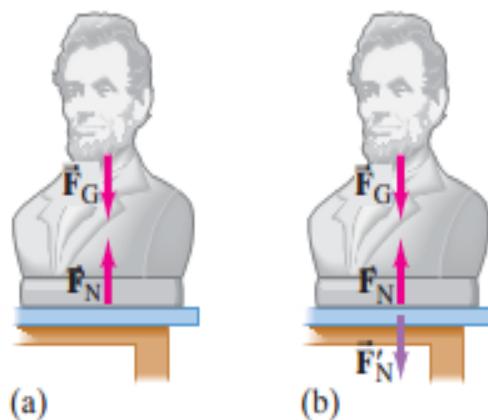
2-rasm.  $F_{isq}$  – ishqalanish kuchi

k - ishqalanish koeffitsiyenti.

**Og'irlik kuchi.** Olamdagi barcha jismlar yerning tortishi tufayli

yer sirtiga bir xil tezlanish bilan tushadi. Demak, yer bilan bog'langan sanoq sistemada m massali har qanday jismga:

$$\mathbf{P} = \mathbf{m}\mathbf{g} \text{ ta'sir etadi.}$$

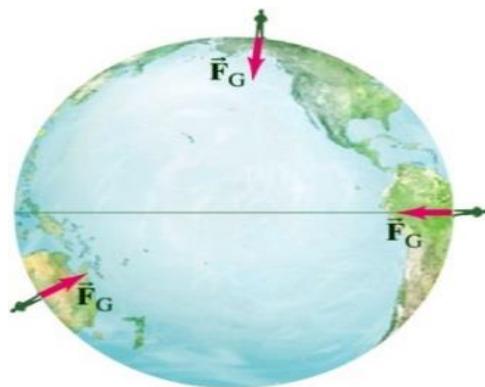


Bu yerda, erkin tushish tezlanishi  $g=9,8 \text{ m/s}^2$  ga teng.

Yerga tortilish kuchi ta'sirida hosil bo'luvchi kuchga **og'irlik kuchi** deb ataladi. Bu kuch jismlarning erkin tushish tezlanishi bilan bog'liq bo'ladi. Shu ma'noda bu kuchni jismlarning erkin tushish tezlanishi ta'sirida paydo bo'ladigan kuch deb yuritiladi.

Dinamikaning asosiy uchta harakat bo'yicha qonunlarni yaratishdan tashqari, Isaak Nyuton planeta, oy harakatlarini ko'rib chiqqan. Yani, u Oyni Yer atrofida qilayotgan aylanma harakati uchun uni ushlab turuvchi kuch xususiyati haqida ham qiziqbb ko'rgan. Yer atrofidagi har qanday jism gravitatsiya kuchi  $F_G$  ning ta'sirida bo'ladi va jism qayerda joylashganligidan qat'iy nazar bu kuch Yerning markazi tomon yo'nalган bo'ladi (4-- rasm).

3-rasm



4--rasm.

Gravitatsiyon kuch

$$\vec{F} = \gamma \frac{\vec{m}_1 \vec{m}_2}{r^2} \frac{\vec{r}}{r}$$

Bu yerda,  $\gamma$  - gravitasion doimiy deyiladi.

Agar, jism yer sirtidan h-balandlikga ko'tarilsa:  $F = \gamma \frac{mM}{(R+h)^2}$

Agar jism, yer sirtidan h – balandlikda bo'lsa erkin tezlanish:  $g = \gamma \frac{M}{(R+h)^2}$

Ikki jismning o'zaro tortishish potensial energiyasi qo'yidagicha ifodalanadi:

$$E_p = -\gamma \frac{m_1 m_2}{r}$$

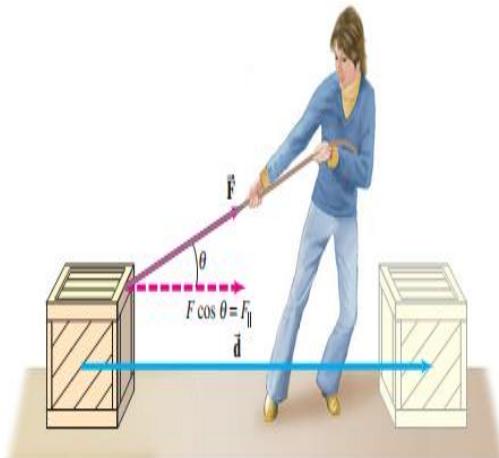
$m_1, m_2$  – jismlarning massalari,

r- jismlar orasidagi masofa.

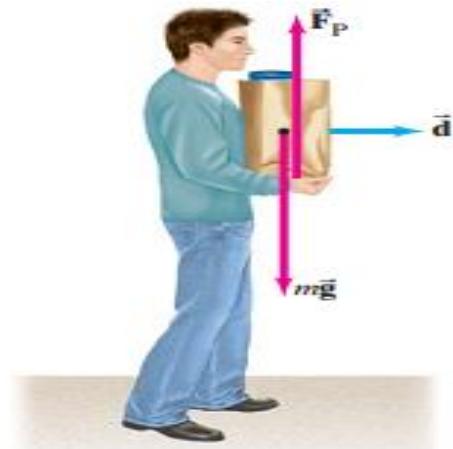
**Mexanikaviy ish va energiya.** Agar, jism o'zgarmas kuch ta'siri ostida S masofani bosib o'tsa bajarilgan ish:

$$A = F \cdot S \cos \alpha$$

$\alpha$  - kuch bilan ko'chish orasidagi burchak.



5 - rasm



6 - rasm

$$A = F \cdot S$$

Vaqt davomida bajarilgan ish bilan o'lchanuvchi fizikaviy kattalik buquvvat deyiladi:

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

**U holda o'rtacha quvvat**       $N = \frac{dA}{dt}$

Ma'lum tezlikka ega bo'lgan, ilgarilanma harakat qilayotgan **jismlar kinetik energiyasi quyidagicha ifodalanadi:**

$$E_k = \frac{mv^2}{2}$$

Agar jism, yer sirtidan h-balanslikga kotarilsa **potensial energiya quyidagicha ifodalanadi:**

$$E_p = m g h$$

### **Nazorat savollari**

1. Energiya deb nimaga aytildi?
2. Mexanik energiya turlarini aytib bering?
3. Kinetik va potensial energiyani ta'riflang.
4. Energiyaning umumiyligi saqlanish qonuni va xususan mexanik energiya saqlanish qonunlarini ta'riflab bering.
5. Mexanik energiya saqlanish qonuniga misollar keltiring.
6. Yana qanday energiya turlarini bilasiz?
7. Energiyaning o'lchov birligi.

### **4 -§. Qattiq jismlarning aylanma harakati dinamikasi**

#### **Reja:**

1. Aylanayotgan qattiq jismning aylanma harakati dinamikasi.
2. Aylanma harakat qilayotgan jismlarning kuch momenti va inersiya momenti.
3. Aylanma xarakat dinamikasining asosiy qonuni.
4. Impuls momentlari.

**Kalit so'zlar:** Aylanma harakat, kuch momenti, inersiya momenti, aylanma xarakat dinamikasining asosiy qonuni, impuls momenti.

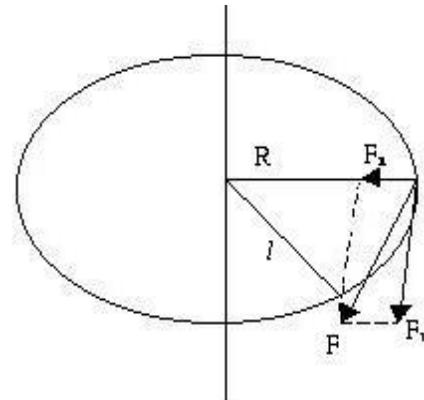
**Jismlarning aylanma harakati. Aylanma harakat deyilganda,** shunday harakatlar tushuniladiki, unda jismning barcha nuqtalar traektoriyasi markazi aylanish o`qi deb ataluvchi bitta chiziqda bo`lgan uzlucksiz (doira) aylanalardan iborat bo`ladi. Qattiq jismlarni aylanma harakatga keltirish uchun albatta unga biror kuch ta'sir etishi lozim. Lekin, jismga har qanday yo`nalish ta'sirida kuch ta'sir etishida aylanavermaydi:

Qattiq jismlarning aylanma harakati dinamikasi bo'yicha tekshirilganda kuch nomli kattalik bilan bir qatorda kuch momenti va massa tushunchasi bilan birgalikda inersiya momenti tushunchasi ham kiritilgan.

**Kuch momenti.** Agar, aylanish o`qiga egali birorta jismga biror kuch ta'sir etsa jismning qanday harakat qilishi faqat shu kuchning son qiymatiga bog`liq emas balki, uning yo`nalishiga va qayerdan qo`yilishiga ham bog`liq bo`ladi. Bularning barchasini birgalikda nazarda tutish uchun kuch momenti tushunchasi qabul qilingan.

Kuchning ixtiyoriy qo`zg`almaydigan 0 nuqtasiga nisbatan momenti ( $M$ ) deb, 0 nuqtadan boshlab kuchning qo`yilgan nuqtasiga o`tkazilgan radius vektori ( $r$ ) va  $F$  kuchning vektor ko`paytmasi tushuniladi, ya'ni

$$\vec{M}_z = \left[ \vec{Fr} \right]_z$$



1-rasm.

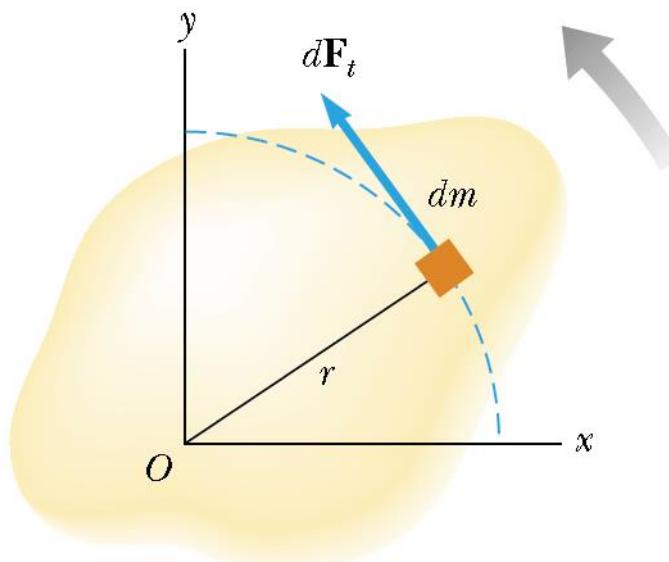
$M$  - vektor moduli, aylanish o`qiga bo`lgan perpendikular tekislikka tushirilgan

kuch proyeksiyasining kuch, yelkasiga bo'lgan ko'paytmasiga tengdir. Ya'ni:

$$M = F L$$

Biror bir, qo'zg'almas o'qqa nisbatan moddiy nuqta **inersiya momenti deb**, moddiy nuqta massasining, shu o'qqacha bo'lgan masofaning kvadratiga bo'lgan ko'paytmasi bilan o'lchanuvchi kattalikka tushunuladi (2--rasm).

$$J = m R^2$$



2--rasm

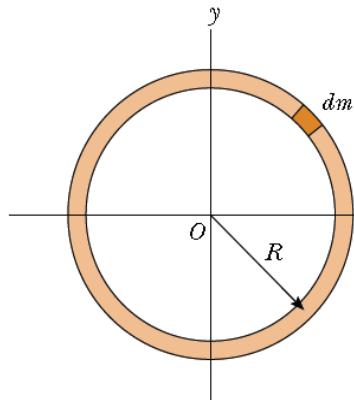
Demak, aylanma harakat qilayotgan qattiq jismlarning aylanish o'qiga nisbatan inersiya momenti:

$$J = \sum_{i=1}^n \Delta m_i \cdot R_i^2$$

Shunda,  $\Delta m_i$  zarrachalar massasi.

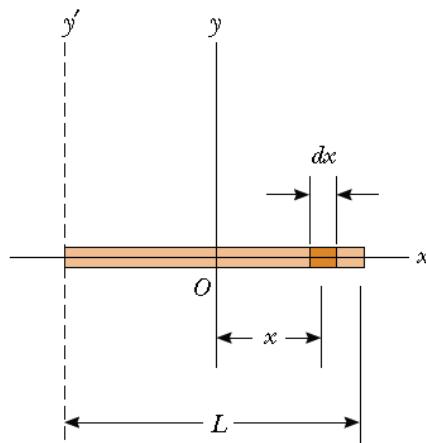
$R_i^2$  - aylanish o'qi va i-zarracha orasidagi masofa.

Turli xil shakldagi ayrim jismlarning og'irlik markazidan o'tuvchi o'qqa nisbatan inersiya momentlari qo'yidagicha: (3-- rasm).



$$I = \lim_{\Delta m_i \rightarrow 0} \sum_i r_i^2 \Delta m_i = \int r^2 dm = \int \rho r^2 dV$$

$$I_z \Big|_{r=R} = \int r^2 dm = R^2 \int dm = mR^2$$



Rasmdan

$$dm = \lambda dx = \frac{m}{L} dx$$

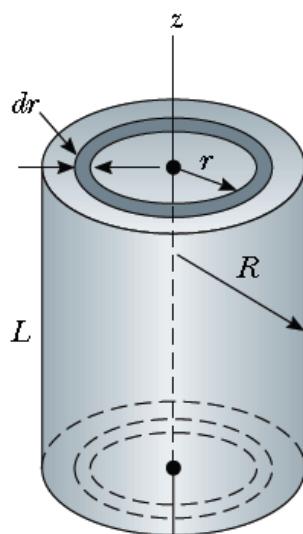
$r^2 = x^2$  ni hisobga olsak u xolda,

:

$$\begin{aligned} I_y &= \int r^2 dm = \int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} x^2 \cdot \frac{m}{L} dx = \frac{m}{L} \cdot \int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} x^2 dx = \frac{m}{L} \cdot \frac{x^3}{3} \Big|_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} = \\ &= \frac{m}{3L} \left[ \left( \frac{L}{2} \right)^3 - \left( -\frac{L}{2} \right)^3 \right] = \frac{m}{3L} \cdot \left[ \frac{L^3}{8} + \frac{L^3}{8} \right] = \frac{m}{3L} \cdot \frac{2L^3}{8} = \frac{1}{12} mL^2 \end{aligned}$$

$$dV = L \cdot dS = L \cdot d(\pi r^2) = L \cdot 2\pi r dr,$$

$$dm = \rho dV = 2\pi \rho L r dr$$



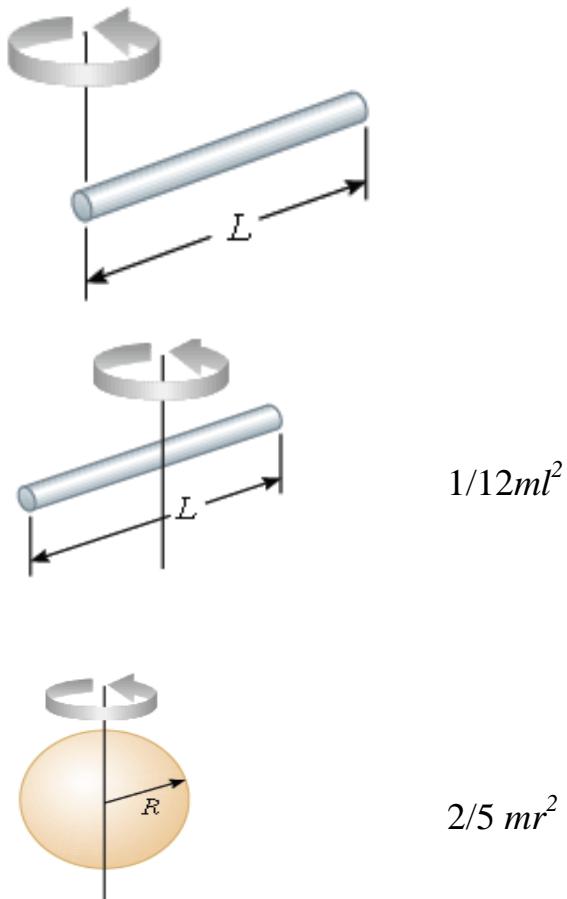
$$I_z = \int_m^r r^2 dm = \int_m^r r^2 (2\pi \rho L r dr) = 2\pi \rho L \cdot \int_0^R r^3 dr =$$

$$= 2\pi \rho L \cdot \frac{r^4}{4} \Big|_0^R = \frac{1}{2} \pi \rho L R^4$$

$$V = \pi R^2 L \text{ ekanligini hisobga olsak, } \rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{\pi R^2 L}$$

$$I_z = \frac{1}{2} \pi \rho L R^4 = \frac{1}{2} \pi \cdot \frac{m}{\pi R^2 L} \cdot L R^4 = \frac{1}{2} m R^2$$

$$1 / 3mL^2$$



3-rasm

Agar biror, jism og'irlik markazidan o'tmaydigan ixtiyoriy o'qga nisbatan iinersiya momenti aniqlansa, ***Shteyner teoremasi orqali topiladi:***

$$J = J_0 + md^2$$

$J_0$  - jismlarning inertsiya markazlaridan o'tuvchi o'qlarqa nisbatan inertsiya momenti hisoblanadi,

$d$  – esa, inersiya markazidan o'tuvchi o'q bilan ixtiyoriy o'q orasidagi masoфа.

***Demak, aylanma harakat q'iluvchi jismlar uchun, aylanma harakat dinamikasining asosiy qonunini quyidagicha ifodalash mumkin:***

$$M = \frac{dL}{dt} = \frac{d(J\omega)}{dt}$$

Agar, inersiya momenti  $J$  o'zgarmas bo'lsa, aylanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasi quyidagicha:

$$M = J \cdot \varepsilon$$

$M$  - jismga ta'sir etuvchi kuch momentidir

$J$ - jismlarning inersiya momenti,  $\varepsilon$  -- burchak tezlanishi.

$J$  inersiya momentining burchak tezlikka  $\omega$ -ga bo'lgan ko'paytmasi bilan o'lchanadigan kattalikka ***impul's momenti*** deyiladi ya'ni:

$$L = J * \omega$$

**Aylanma harakat qilayotgan jismning kinetik energiyasiAylan:**

$$E_k = \frac{J \omega^2}{2}$$

Aylanma va ilgarilanma harakat qiluvchi jismlarning ***to'la kinetik energiyasi***

$$E_k = \frac{mv^2}{2} + \frac{J\omega^2}{2}$$

Jismlarning aylanma harakatidagi ***bajargan ishi***:  $dA = Md\varphi$

## Nazorat savollari

1. Fizik mayatnikga ta'rif bering.
2. Matematik mayatnikga ta'rif bering.
3. Mayatniklar tebranma harakatini tushuntiring.
4. Ushbu ishda yuk ilgarilanma harakatidagi tezlanishi qanday aniqlanadi?
5. Ushbu ishda asbob o`qiga nisbatan ip taranglik kuchi momenti va burchakli tezlanishi qanday hisoblanadi?

6. Qattiq jism aylanma harakatlanganda burchakli tezlanishi, inersiya momenti, kuch momentlari orasida qanday bog`lanish bor?

## **5-§. Suyuqlik va gazlar mexanikasi**

### **Reja:**

1. Suyuqlik va gazlarning umumiy tushunchasi.
2. Gidromexanika va gidrostatika.
3. Suyuqlik harakati va muvozanat tenglamasi.
4. Gidrodinamikaning asosiy tenglamasi.
5. Uzluksizlik tenglamasi.
6. Bernulli tenglamasi.

**Kalit so'zlar:** *Suyuqlik, gaz, bosim, gidromexanika, gidrostatika, harakat va muvozanat tenglamasi, hajm, hidrostatik bosim, gradient.*

**Gazlar va suyuqliklar mexanikasi.** Mexanika bo'limining gazlr va suyuqliklar o'rgatuvchi bo'limi gidromexanika deyiladi.

**Bosim.** Suyuqlik - moddalarning qattiq va gazsimon holatlari orasidagi agregat holat bo'lib, uning asosiy xossalardan biri oquvchanligidir. Binobarin, bosim deb sirtning birlik yuziga tik ravishda ta'sir qiluvchi kuchga teng bo'lgan kattalikka aytildi. Bosim birligi qilib  $1 \text{ m}^2$  yuzaga tik ravishda ta'sir etayotgan 1

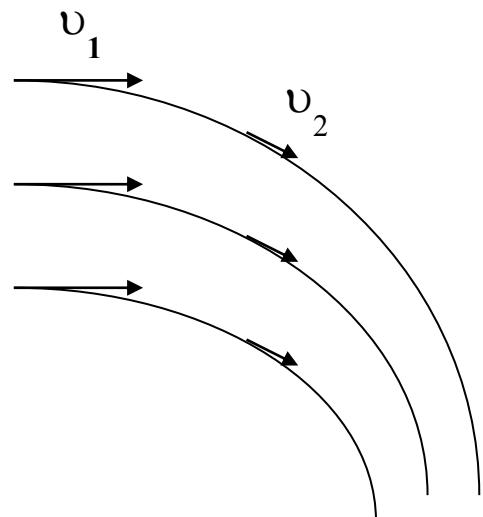
N kuchning bosimi qabul qilingan: agar bosimni P bilan, kuchni F bilan va yuzani S bilan belgilasak,

$$P = \frac{F}{S} = \left[ \frac{N}{m^2} \right]$$

Bu sohada ko'p ishlar qilgan fransuz olimi Paskal sharafiga  $1 \text{ N/m}^2$  bosim birligi Paskal (Pa) deb ataladi:

$$\frac{1\text{N}}{1\text{m}^2} = 1\text{Pa}$$

**Gidrodinamika.** Suyuqliklarning harakatini kuzatish, tushuntirish uchun suyuqlik tarkibidagi har bir zarrachasi uchun trayektoriya bilan birga tezlikni vaqtning funksiyasi sifatida ifodalash mumkin. Harakat qilayoyotgan suyuqliklarda shunday bir chiziqlar o'tkazamizki, unda ularning urinmalari har bir nuqtada yo'nalishi tezlik  $v$  vektori yo'nalishi bilan ustma-ust tushadi (1-rasm).



1-rasm.

Bu chiziqlarni *oqim chiziqlari* deb ataladi. Agar tezlik vektori ma'lum fazoning har bir nuqtasida bir xildek qolsa, bunday holatli oqimni *statsionar oqim* deb ataladi.

Suyuqlilarkning oqim chiziqlari bilan chegaralanuvchi qismi *oqim nayi* deb yuritiladi.  $\mathbf{v}$  tezlik vektori oqim chizig'iga urinma bo'lsa oqim nayining sirtiga ham urinma bo'ladi.

Oqim nayi, uning har bir kesimida tezlik o'zgarmas deb hisoblansa bo'ladigan darajada ingichka va kichik deb hisoblanganda urinlidar (2 -rasm).

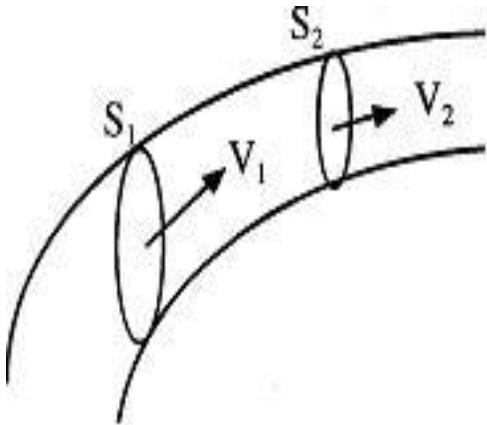
Agar suyuqliknini siqilmas, ya'ni (zichlik o'zgarmas bo'lsa, u holatda  $S_1$  va  $S_2$  kesimlar orasidagi suyuqlik miqdori o'zgarmasdan qoladi. Demak, vaqt birligi ichida  $S_1$  va  $S_2$  kesimlardan oqib o'tayotgan suyuqlik hajmi o'zgarmasdan qoladi. Ya'ni :

$$S_1 * V_1 = S_2 * V_2$$

Demak,  $S_1$  va  $S_2$  kesimlarning ixtyoriy jufti uchun urinlidir. *Siqilmas suyuqlik uchun berilgan nayning istalgan kesimida:*

$$S * V = \text{const}$$

**Uzluksizlik tenglamasi.** Suyuqlikning ko'ndalang kesimi turlicha bo'lgan oqim nayida oqish jarayonini qarab chiqaylik. Ma'lumki, suyuqlik oqimining hech erda uzilmasligi, ya'ni uning uzluksizligidan suyuqlik tezligining oqim nayining ko'ndalang kesimiga ko'paytmasining o'zgarmas ekanligi kelib chiqadi. Bu esa vaqtning ma'lum oralig'ida nayning bir uchidan oqib kirayotgan suyuqlikning hajmi uning qarama-qarshi tomonidan oqib chiqayotgan suyuqlik hajmiga teng bo'lishini bildiradi .



2-rasm.

$$\mathcal{G}_1 S_1 = \mathcal{G}_2 S_2 \quad \text{uzluksizlik tenglamasi}$$

deyiladi. Ya'ni  $\Delta t$  vaqt oralig'ida  $S_1$  kesim orqali oqib kirayotgan suyuqlikning tezligi  $v_1$  va bosimi  $P_1$  bo'lsa, xuddi shu vaqt ichida  $S_2$  kesimdan  $v_2$  tezlik va  $P_2$  bosimlarda bir xil suyuqlik massasi oqib o'tar ekan.

**Bernulli tenglamasi.** Og'irlilik kuchining ta'siri bo'lganda ro'y beruvchi turg'un harakatni qarab chiqaylik. Bu harakat uchun energiyaning saqlanish qonunini tatbiq etish mumkin. Oqim turg'un bo'lganligidan, nayning ajratib olingan qismlarida energiya to'planmaydi ham, sarf bo'lmaydi ham. Demak,  $\Delta t$  vaqt ichida  $S_1$  kesim orqali uzatilayotgan energiya xuddi shu vaqtida  $S_2$  kesim orqali uzatilayotgan energiyaga teng bo'lishi kerak. Bu holda  $S_1$  kesimdan oqib o'tayotgan  $m$  massali suyuqlikning kinetik energiyasi  $\frac{m g_1^2}{2}$  va potensial energiyasi  $mgh_1$  bo'lganidan,  $\Delta t$  vaqt- orlig'ida og'irlilik kuchlari ta'sirida  $S_1$  kesim orqali uzatiladigan energiya miqdori

$$\frac{m g_1^2}{2} + mgh_1 \quad \text{bo'ladi.}$$

Bundan tashqari orqadagi suyuqlik o'zining oldidagi suyuqlikni siljitishi uchun  $P_1 S_1$  kuchning  $v_1$   $\Delta t$  yo'lga ko'paytmasiga teng bo'lган ish bajaradi. Shunday qilib,  $\Delta t$  vaqtida ko'ndalang kesim orqali uzatiladigan umumiy energiya miqdori quyidagiga teng bo'ladi:

$$E = \frac{m v_1^2}{2} + mgh_1 + P_1 S_1 v_1 \Delta t$$

Nayning hech bir qismida energiya to'planmaganligi va sarf ham bo'lмаганлиги sababli,  $S_2$  kesim orqali  $\Delta t$  vaqtida uzatiladigan energiya ham xuddi shunday qo'shiluvchilar yig'indisiga teng bo'ladi. Demak,

$$\frac{m v_1^2}{2} + mgh_1 + P_1 S_1 v_1 \Delta t = \frac{m v_2^2}{2} + mgh_2 + P_2 S_{21} \Delta t$$

Oqimning uzluksizlik shartiga muvofiq  $\Delta t$  vaqtida nayga oqib kirayotgan suyuqlik hajmi  $S_1 v_1 \Delta t$  ga, xuddi shu vaqt ichida undan oqib chiqayotgan suyuqlik hajmi  $S_2 v_2 \Delta t$  ga teng.

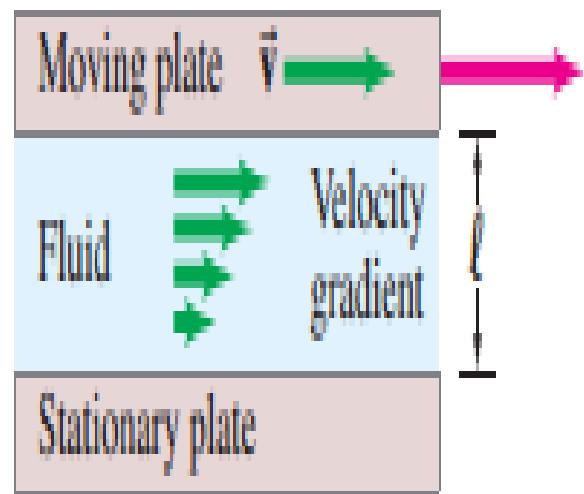
$\rho = m/S_v \Delta t$  - suyuqliknинг zichligi ekanligini hisobga olsak:

$$\frac{\rho v_1^2}{2} + P_1 + \rho g h_1 = \frac{\rho v_2^2}{2} + P_2 + \rho g h_2 \quad \text{yoki}$$

$$\frac{mv_1^2}{2} + mgh_1 + \rho_1 S_1 v_1 \Delta t = \frac{mv_2^2}{2} + mgh_2 + \rho_2 S_2 \Delta t$$

Bu tenglama **Bernulli tenglamasi** deb ataladi. Bernulli tenglamasidan kelib chiqadigan xulosalardan biri shunday: oqim nayining ingichka qismida suyuqliknинг tezligi boshqa qismlardagiga qaraganda katta bo'ladi. Nayning ingichka qismiga oqib kirayotgan suyuqlikka nayning yo'g'on qismida oqayotgan suyuqlik tomonidan yo'g'on va ingichka joylardagi statik bosimlar farqi  $P_2 - P_1$  ga teng bo'lган kuch ta'sir etadi. Bu kuch nayning ingichka qismiga qarab yo'nalgan bo'ladi. Demak, oqim nayining tor joylaridagi bosim keng joylaridagiga qaraganda pastroq bo'ladi.

Birorta rangsiz bo'lган yopishqoq suyuqlik (masalan glitserin) solingan naychaga rangli suyuqliknи quygach kranni ochsak, rangli bo'lган suyuqlik o'rtaсиda cho`zinchoq (konussimon) shakl xosil bo'ladi (5--rasm). Bundan ko'rish mumkinki, suyuqliklarning qatlamlari tezliklari katta va idish devoriga yaqinlashgan sayin tezlik kamayib boradi, idish devorida esa nolga tenglashadi.



5--rasm.

Agar suyuqliklarni idish devoriga muvofiq (nisbatan) parallel bir nechta qatlamlardan iborat deb tasavvur etsak qatlamlar tezliklari rasmdagi kurinishda bo`ladi. Idish devorlariga yopishayotgan 1- qatlam tezligi nolga teng bo`lishi mumkin, chunki yopishqoqlik kuchi juda katta. Ikkinci qatlam esa birinchsiga nisbatan, ma'lum tezlikga ega holda harakatlanib ishqalanish kuchi hosil bo`ladi. Uchinchi qatlam esa ikkinchi qatlamga ko'ra, kattaroq tezlik bilan harakatlana oladi va hakozo. Demak, bir - biriga yopishgan harakatlanuvchi qatlamlar orasida tangentsial ***ichki ishqalanish kuchi*** xosil bo`lib, qatlamlar tezligini o`zgartiradi.

Bu kabi, ichki ishqalanish kuchiga ega bo`luvchi suyuqlik ***yopishqoq suyuq'lik*** deb ataladi.

$\Delta X$  masofadagi qatlam tezliklarining o`zgarishi. Qatlamlari bir-birini ustida harakatlanib yo`nalishini o`zgartirmasdan harakatlanadigan suyuqlik harakati qatlami yoki Laminar oqim deyiladi. Qatlamlar orasidagi bir-birlik masofada suyuqlik tezligi o`zgarishini xarakterlaydigan (masofa harakat tezligiga tik yo`nalgan bo`ladi) kattalikka ***tezlik gradienti*** deyiladi.

Faraz qilaylik, qatlamlarning tezliklari  $\vartheta_1$  va  $\vartheta_2$ lar bo`lib, ular orasidagi masofani  $\Delta X$  desak, u xolda tezlik gradienti quyidagicha

$$\frac{\vartheta_1 - \vartheta_2}{\Delta X} = - \frac{\Delta \vartheta}{\Delta X}; \left[ \frac{\Delta \vartheta}{\Delta X} \right] = C^{-1}$$

U holda,  $\Delta \vartheta$  esa  $\Delta X$  masofada tezliklar o`zgarishidir.

Agar,  $\Delta x=1m$  deb olsak va  $\left[ \frac{\Delta \vartheta}{\Delta X} \right] = \frac{[\Delta \vartheta]}{M}$  bo`lsa, tezlik gradienti bir-

biridan bir birlik masofada joylashuvchi suyuqliklar qatlamlari orasidagi tezlik o`zgarishiga teng bo`ladi. Nyuton – qatlamlarning orasida hosil bo`luvchi ichki ishqalanish kuchi  $F$ , tezlik gradienti  $\left( \frac{\Delta \vartheta}{\Delta X} \right)$  va ishqalanuvchi qatlam yuzasiga

to`g`ri proporsional bo`lishini ko`rsatadi va tangensial ichki ishqalanish kuchi qo'yidagicha bo'ladi:

$$F = \eta \cdot \frac{\Delta \vartheta}{\Delta X} \cdot \Delta S$$

Bunda,  $\eta$  - suyuqlikning fizik xususiyati hisoblanib, tabiatiga xam bog'liq bo`lgan koeffitsienti hisoblanib, bu kattalikga ichki ishqalanish koeffitsienti yoki suyuqlik **yopishqoqligi** deyiladi. Yani:

$$\eta = \frac{F}{\frac{\Delta \vartheta}{\Delta X} \cdot \Delta S}$$

Bunda  $\frac{\Delta \vartheta}{\Delta X} = 1 \text{C}^{-1}$  va  $\Delta S = 1 \text{ m}^2$  ga teng bo`lganda  $\eta$  ning son qiymati

jihatdan ta'sir etuvchi kuch F ga teng bo'gan kattalik ekanligi kelib chiqadi.

Demak, yopishqoqlik koeffitsienti bu tezlik gradienti bir birlikka o`zgarganda bir birlik yuzalar orasida vujudga keluvchi ichki ishqalanish kuchiga teng bo`lgan fizik kattalikka teng ekan. Ichki ishqalanish koeffitsientining teskari qiymatiga teng bo`luvchi kattalik esa, **oquvchanlik koeffitsienti** deyb ataladi, ya'ni:

$$\varphi = \frac{1}{\eta}$$

$\eta$ -ning SGS sistemasidagi o`lchov birligi Puaz qabul qilingan bo'lib, ishqalanayotgan qatlamlar yuzalari  $1 \text{cm}^2$  bo`lsa, tezlik gradienti bir birlikka o`zgorganida ichki ishqalanish kuchi F bir dinaga teng bo`lgan vaqtdagi yopishqoqlik koeffitsientini  $1 \text{ Puazga}$  teng bo`p qoladi.

Yopishqoq suyuq'likning ichida harakatlanayotgan sharsimon jismlarga ta'sir etuvchi ishqalanish kuchi **Stoks qonuni** bilan ifodalanadi. Ya'ni:

$$F_{ishq} = 6\pi \eta r \vartheta$$

Bu yerda:

$\eta$  - yopishqoqlik (ichki ishqalanish) koeffitsientidir,  $r$  – sharsimon jismning

radiusi,

9 - sharsimon jismning suyuqlikdagi harakat tezligi.

**Nazorat uchun savollar:**

1. Gaz va suyuqlikda Bosim tushunchasi va o'lchov birligi.
2. Gidrodinamikaning maqsadi?
3. Bosimning kuchini izohlang?
4. Dinamik, va statik bosim nimalarga bog'liq izohlang?
5. Bernulli tenglamasining ma'nosи qanday.
6. Tezlik gradientining ma'nosи va o'lchov birligi?
7.  $\eta$ - ning fizikaviy ma'nosи?

**II- BOB. TEBRANISHLAR**

**6 - §. Mehanik tebranishlar va to'lqinlar**

**Reja:**

1. Tebranma harakat va uni xarakterlovchi parametrlar.
2. Garmonik tebranishlar.
3. Mayatniklar.
4. To'lqinlar.

**Kalit so'zlar:** Chastota, davr, amplituda, garmonik tebranish, matematik mayatnik, fizik mayatnik, prujinali mayatnik, amplituda, to'lqinlar.

**Tebranma harakat haqida tushuncha.** Tebranma harakat tabiatda eng ko'p tarqalgan harakatdir. Binobarin, vaqt o'tishi bilan takrorlanib turadigan harakatlarga **tebranma harakat** deyiladi. Tebranma harakat mexanikaviy tebranma harakat va elektromagnit tebranma harakat kabi turlarga bo'linadi. Tebranma harakatlarning tabiatlari har xil bo'lsa ham ular yagona qonuniyat bo'yicha sodir bo'ladi.

Tebranma harakatlarni bir nechta kattaliklar orqali xarakterlash mumkin.

Ya'ni:

1. Tebranayotgan jismni muvozanat holatidan eng katta **siljishi masofasiga amplituda** deyiladi.
2. Jismarning bir marta to'liq tebranishi uchun sarflangan vaqtiga **tebranishlar davri** deb ataladi.

Agar jism t vaqt ichida n marta tebransa, u xolda uning tebranish davri

$$T = \frac{t}{n} \quad \text{bilan ifodalanadi.}$$

Misol tariqasida prujinaga osilgan yukning tebranma harakatini kozataylik. Tinch holatidan siljigan yukka **elastiklik kuchi** ta'sir qiladi. Ya'ni:

$$F = -kx$$

Bunda k - prujina bikrligi.

Bu tebranma harakatlanayotgan prujina uchun Nyutonning ikkinchi qonunini ifodalasak :

$$F = ma,$$

$$ma = -kx,$$

$$a = \frac{d^2x}{dt^2} = x,$$

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = -kx$$

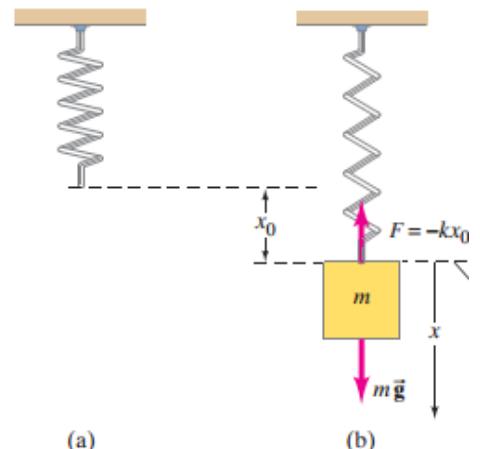
Bunday hollarda,  $k$  va  $m$  musbatligi uchun, ularni  $\omega^2_0 = \frac{k}{m}$  tarzida yozish mumkin bo'ladi.

$$\text{Unda } \frac{d^2x}{dt^2} + \omega^2_0 x = 0$$

Bu tenglamaning yechimini quyidagicha ifodalash mumkin.

$$x = A \cos(\omega_0 t + \alpha)$$

$\omega_0$  - tebranishning **hususiy siklik chastotasi** deb ataladi.



1-rasm.

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T} \quad \text{ga teng.}$$

Bunda,  $(\omega_0 t + \alpha)$  **tebranish fazasi** deb ataladi.

$(\omega_0 t + \alpha)$  jismning t vaqtidagi holatini ifodalaydi.

$(\alpha - t = 0)$  vaqtdagi faza bo'lib, **boshlang'ich faza** deyiladi.

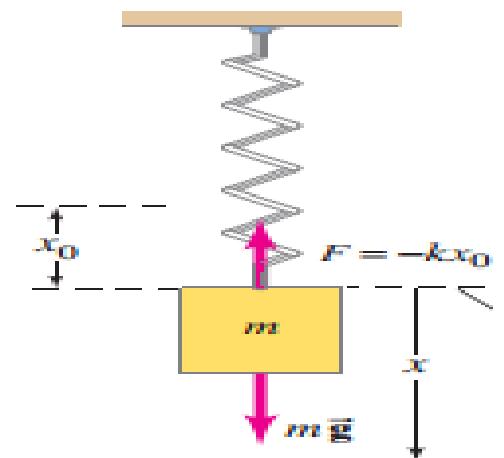
Vaqt davomida sinus va kosinus qonunlari bo'yicha hosil bo'luvchi tebranishga **garmonik tebranishlar** deb yuritiladi.

Muvozanat vaziyati atrofida tebranma harakat qilayotgan har qanday jismlar **mayatnik deb ataladi**.

Bir uchi mahkam qilingan prujinaga osilgan **m** massali yukdan iborat sistemaning tebranma harakatiga **prujinali mayatnik** deb yuritiladi, Bu mayatnik siklik chastotasi va tebranish davri:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad \text{ga teng.}$$

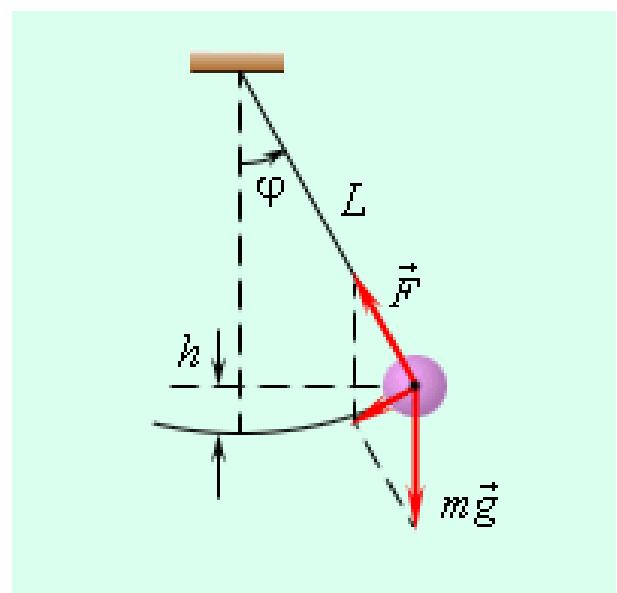
Tebranma harakatga misol tariqasida 2-rasmida ko'rsatilgan eng oddiy tizimni olib qaraylik. Tizimdagi prujina ( $P$ ) ning bir uchi rasmda ko'rsatilgandek, shtativning O nuqtasiga mahkamlangan prujinaning ikkinchi uchiga m massali yuk osilgan. Bu yuk ta'sirida prujina bir oz cho'ziladi, bunda prujinaning elastiklik kuchi yukning og'irlilik kuchi bilan muvozanatlashadi.



2-rasm

Tebranma harakatga ikkinchi misol tariqasida shtativning O nuqtasiga ingichka ip bilan osilgan m massali yukdan iborat tizimni olib qaraylik (3-rasm). Tizim o'zining muvozanat vaziyatida bo'ladi; bu holatda sharchaning og'irlilik kuchi ( $mg$ ) ipning taranglik kuchi ( $F$ ) bilan muvozanatda bo'ladi. Agar sharchani muvozanat vaziyatidan bir oz chetlatib, so'ng quyib yuborsak, tizim o'zining muvozanat holati atrofida tebranma xarakatga keladi. Sharchaning harakati aylanish oq'iga nisbatan davriy ravishda takrorlanaveradi.

Harakatning bunday takrorlanishiga sabab shundaki, tizim muvozanat holatiga nisbatan  $\alpha$  burchakka chetlatilganda sharcha o'z og'irlilik kuchining  $f_1 = mgsin\alpha$  ga teng tashkil etuvchisi ta'sirida bo'ladi. Bu kuch tizimni hamma vaqt muvozanat vaziyatiga qaytarishga intiladi. Muvozanat vaziyatidan o'tayotganda esa tebranayotgan sharcha birdan to'xtab qola olmaydi - bunga uning inersiyasi halaqit beradi. 3-rasmda aks



3-rasm

ettirilgan tizim odatda **matematik**

**mayatnik** deyiladi.

**Matematik** mayatnikning tebranish davri va chastotasi quyidagiga teng:

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

Kuch momenti ta'sirida tebranmayotgan har qanday qattiq jismning tebranma harakatiga **fizik mayatnik** deyiladi.

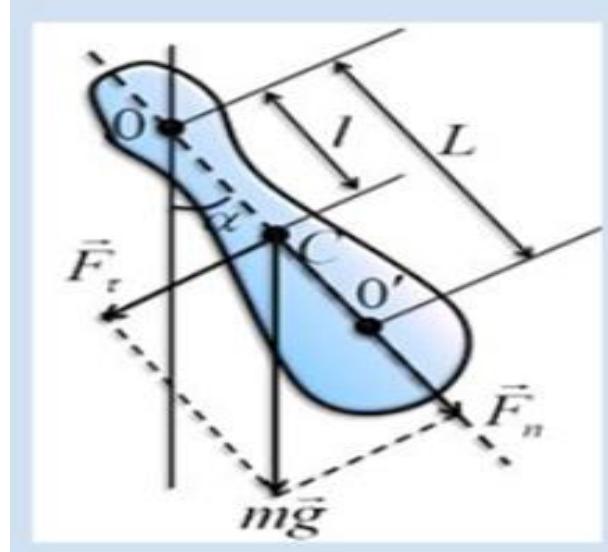
Tinch holatidan kamroq og'ganda fizik mayatnik garmonik tebranadi va bu tebranishning chastotasi mayatnik massasi, mayatnik inersiya momentiga va mayatnikning aylanish o'qi bilan inersiya markazi orasidagi masofaga proporsional bo'ladi.

Bu fizik mayatnik tebranish chastotasi va davrini quyidagicha ifodalash mumkin. Ya'ni:

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

Demak: fizik, matematik va prujinali mayatniklar uchun umumiylususiyati shundan iboratki, mayatniklar tebranishlari sodir bo'lganda tebranish davri amplitudaga bog'liq bo'lmaydi.

Tashqaridan biror kuch ta'sirida muvozanat vaziyatdan chetga chiqarilib, o'z holiga qo'yilgan jismlarning tebranma harakati **erkin** yoki **xususiy tebranish** deb ataladi.



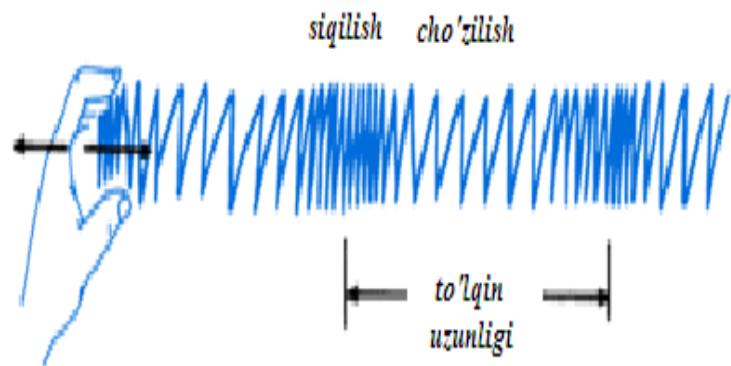
4-rasm.

Tebranishning, muhitda tarqalishiga *to`lqin* deb ataladi. To`lqinning yo`nalishi muhitdagi tebranishning tarqalish yo`nalishidir. Zarrachalarining harakat yo`nalishiga qarab to`lqinlarni *bo`ylama* yoki *ko`ndalang* to`lqinlarga ajratish mumkin.

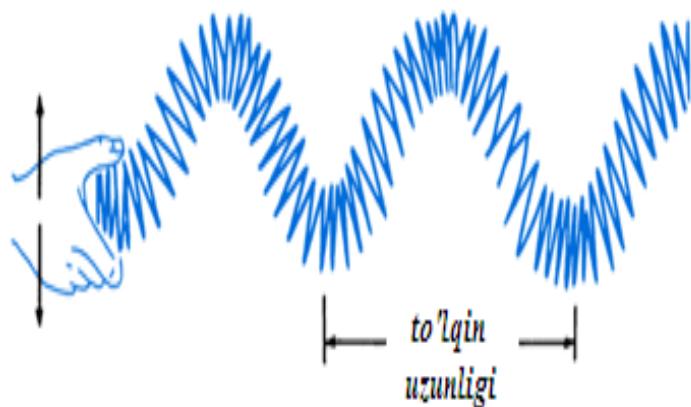
Muhitdagi zarrachalarining tebranma harakati to`lqinning tarqalishi yo`nalishi bilan bir tomonga yunalsa, bu kabi to`lqin *bo`ylama* to`lqin deyiladi. Bo`ylama to`lqin navbatma navbat keladigan qatorma qator zichlachish va siyrak-lanishlardan iboratdir (5--rasm).

Balki, zarracha-larining muhitdagi tebranma harakati to`lqinning tarqalishi yo`nalishiga perpendikulyar bo`lsa, u xolda, bunday to`lqin ko`ndalag to`lqin deb ataladi. Bu to`lqin esa navbatma navbat keluvchi do`nglik va botiqliklardan iboratdir (6--rasm).

Qattiq jismlarda ba`zi sabablarga ko`ra, jismning shakli va hajmi o`zgarsa elastiklik kuchlari vujudga keladi. Shu sababli, uchun qattiq jismlarda bo`ylama va ko`ndalang to`lqinlar tarqalishi ko`zatiladi. Suyuqlik, gazlarda elastiklik kuchlar bo`lmaydi shu sababli, ko`ndalang to`lqinlar ularda tarqala olmaydi.



5--rasm.



6--rasm

Havoda tovush bu, bo`ylama to`lqindir. Bir davrda tebranishlarning muhitda tarqalishi masofasi *to`lqinning uzunligi* deyladi. Tebranishlarning tarqalish chastotasi ( $v$ ), tezligi ( $\vartheta$ ) va to`lqin uzunligi ( $\lambda$ ) orasidagi bog`lqlik quyidagichadir:

$$\lambda = \frac{\vartheta}{v} = \vartheta T$$

bu yerda  $T$ - tebranish davridir.

***Rezonans, hodisasi bu*** - birorta jismni tebranishga majbur etayotgan kuchning chastotasi bilan jismning xususiy tebranish chastotasi yaqin kelsa, jismning tebranish amplitudasi keskin oshib ketishiga aytildi.

### **Nazorat uchun savollar:**

1. Tebranma harakat deb qanday harakatga aytildi?
2. Tebranish fazasi nima?
3. Mayatnikning muvozanat vaziyatiga qaytaruvchi kuch qanday xossalarga ega?
4. Qanday mayatnik fizik mayatnik deb aytildi?
5. Fizik mayatnik tebranish davrini isbotlab bering.
6. Prujinali mayatnikning  $T$  –qaysi kattaliklarga bog`liq?
7. Prujinaning bikrligini qanday tushunasiz?
8. Rezonans hodisasini qachon kuzatiladi?
9. Erkin va xususiy tebranishlarni tushuntiring?
10. To`lqin, ko`ndalang va bo`ylama to`lqinlarga deb nimaga aytildi?
11. To`lqinning tarqalish tezligi, uning davri, chastotasi va to`lqin uzunliklari bog`lanish qanday?

## **III-BOB. MOLEKULYAR FIZIKA VA TERMODINAMIKA ASOSLARI**

### **7-§. Ideal gazni harakterlovchi kattaliklaf. Gazlarning molekulyar - kinetik**

## nazariya asoslari

### **R e j a:**

1. Molekulyar fizika bo'limi asoslari
2. Termodinamik tushunchalar. Ideal gaz va izojarayon qonunlari.
3. Ideal gazning holat tenglamasi.
- 4. Gaz bosimini nazariya asosida tushuntiring.**

**Kalit so'zlar:** Molekulalar, gaz, V hajm, P bosim, T temperatura, erkin darajasi, izaxorik, jarayonlar, izobarik, izotermik, adiabatik.

Fizika fanining **molekulyar fizika** bo'limi bu- moddalarni tashkil etgan zarrachalar: molekula, atom va ionlarning o'zaro ta'siri va bu ta'sirlarning jismlar fizikaviy xossalariiga ta'siri o'rganiladi. Molekulyar kinetik nazariyasi hamma moddalar juda kichik zarrachalardan, ya'ni, atom, molekula va ionlardan tuzilgan ekanligi, bu zarrachalar esa, har doim to'xtovsiz, tartibsiz harakatlanadi, va zarralar orasidagi o'zaro tortishish va itarishish kuchlarini mavjudligini tushuntiradi.

Jismlarning fizik xususiyatlarini, ulardagi fizikaviy hodisalarni o'rganishning 2 xil usuli mavjuddir: 1-chisi termodinamik usul bo'lib, 2-chisi esa - statistik usuldir. Termodinamik usul bu- molekulyar hodisalarga e'tibor bermasdan va moddadagi hamma fizikaviy hodisalar energetik nuqtai nazardan o'rganadi va moddalarning holati makroskopik kattaliklar yordamida ifodalanadi. Masalan, gazning holati holat parametrleri deb nomlanuvchi kattaliklar bilan izohlanadi, bu parametrlarga esa, V- xajm, P- bosim, T-temperaturalar kiradi. Agar qaralayotgan Sistema termodinamik muvozanat holatda bo'lsa, unda holat tenglamasi

$$f(V, P, T) = 0 \quad \text{da ifodalanadi.}$$

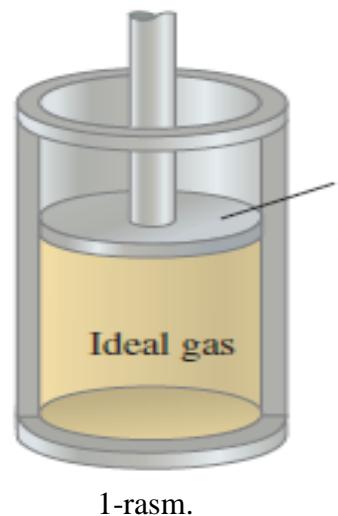
**Ideal gaz** – deganda bir nechta shartlarga bo'y sunuvchi gazlar tushuniladi:

1. Molekulaning o'lchami uzlari egallagan idish ulchamiga (xajmiga) nisbatan juda kichik bolgan ya`ni, ularni moddiy nuqta deb hisoblash mumkin bo'lsin.
2. Molekulalar o'rtasida o'zaro ta'sir kuchi deyarli yo'q, chunki bu, zarrachalar bir-biridan juda uzoq, masofalarda joylashgan bo'lsin. Molekulalar bir biri bilan urilganidagina o'zaro bir-birini itaruvchi qisqa muddatda elastik kuchlar hosil bo'ladi.

3. Gazning molekulalari haotik (tartibsiz) harakatlanayotgan absolyut qattiq sharchalardan iborat bo'ladi. Sharchalar faqat to'qnashganda ta'sirlashadi, ya`ni absolyut elastik to'qnashish qonunlariga bo'y sunadi.

Real gazlarda esa, bu tavsiflangan modellar o'rini emas. Lekin, keraklicha katta hajmni egallasa va unga uncha katta bo'limgan bosim ta'sir berayotgan real gaz amalda o'zini xuddi ideal gaz kabi tutadi. Masalan, Gelyi va vodorod gazlarining xusisiyatlari ideal gaz qonunlariga bo'y sunadi. Agar, birorta gazning massasi  $m$  ma'lum miqdorga ega bo'lsa va  $P$  (bosim),  $V$  (xajm),  $T$  (temperatura) parametrlardan birortasi o'zgarmas bo'lsayu qolganlari o'zgarsa, unda bunday jarayon **izoprotsesslar** deyiladi.

**Boyl-Mariott qonuni:** *Izotermik protsess* deb temperatura o'zgarmas ( $T=const$ ) bo`lganda o'tadigan protsessga aytiladi va gaz holati Boyl-Mariot qonuniga bo'yicha is ko'radi. Boyl-Marriot qonuni asosan  $T$  (temperatura) o'zgarmas bo'lsa,



1-rasm.



ma'lum massali, gaz bosimi bilan xajm

2-rasm.

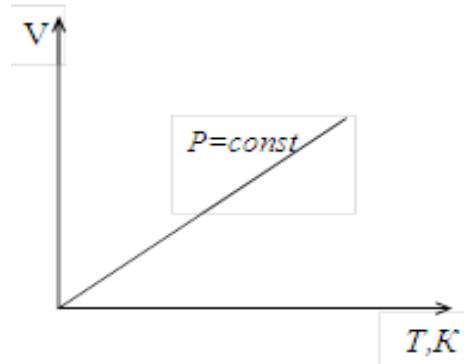
ko'paytmasi o'zgarmas miqdordir, unda:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2}{V_1} \text{ yoki } P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$\text{Bundan, } PV = \text{const}$$

**Gey-Lyussak qonuni:**  $P = \text{const}$

**Izobarik protsess:** ( $P = \text{const}$ ) agar, bosim o'zgarmas bo'lsa, doimiy miqdorga teng bo'lgan holda sodir bo'lib, Gey-Lyussak qonuniga muvofiq ma'lum massali gazning xajmi ( $V$ ), bosimi ( $P$ ) o'zgarmas bo'lganda, temperatura ( $T$ ) oshsa, chiziqli tarzda oshadi (3--rasm), ya'ni



3-rasm

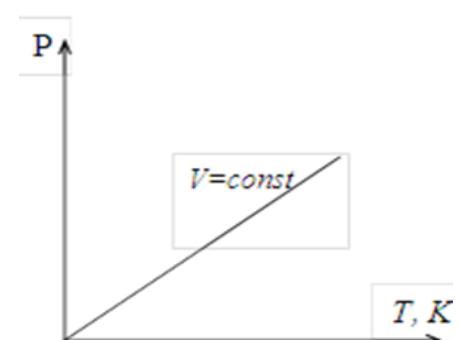
$$V = V_0(1 + \alpha t)$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \text{ yoki } \frac{V}{T} = \text{const}$$

**Sharl qonuni:**  $V = \text{const}$ , **Izoxorik protses:**

Agar temperatura ( $T$ ) o'zgarsayu jismning (gazning) hajmi o'zgarmasdan qolsa, ya'ni

$V = \text{const}$  bo'lsa, bu protsessga **izoxorik protsess** deyiladi.



4-rasm

$$P = P_0(1 + t^* \gamma)$$

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \text{ yoki } \frac{P}{T} = \text{const}$$

Yuqorida aytilgan gaz qonunlarida gaz parametrlarining biri o'zgarmay qolib, qolgan ikkitasi o'rtasdagi bog'lanishni ko'rib chiqdik. Bu juda yuqori foydali ilmiy usullardan olingan hisoblanadi.

Biror gaz massasining holati 3 ta termodinamik kattaliklar bilan aniqlanadi: Ya'ni, P (bosim), V (xajm) va T (temperatura).

Endi ularning har 3 tasi xam o'zgaradigan xolatlar bilan tanishaylik. Bu kattaliklar o'rtasida holat tenglamasi deb nomlanuvchi ma'lum bir bog'lanish borki, umumiyl holda quyidagicha ko'rinishda bo'ladi va bu holat tenglamasi deyiladi.

$$f(p, V, T) = 0$$

bunda, har bir o'zgaruvchi qolgan boshqa 2 ta kkita o'zgaruvchilarning funktsiyasidir.

Frantsiyalik fizik B. Klapeyron yuqorida ko'rsatilgan qonunlarni umumlashtirib, ideal gazlar uchun xolat tenglamasini aniqladi. Bu tenglamaga asosan berilayotgan gaz massasi uchun gazning (P) bosimi va (V) xajmi ko'paytmasining temperaturaga nisbati o'zgarmasdan qoladi/ Ya'ni:

$$\frac{PV}{T} = B = \text{const}$$

Bu ifoda Klapeyron tenglamasi deb ataladi.

Bunda P - gazning bosimi, V-gazning hajmi, T- esa uning temperaturasi, B esa o'zgarmas parametr. Lekin bu tenglamaning bir kamchiligi borki, unda o'zgarmas kattalik har xil gaz uchun har xil qiymatga ega, bo'ladi.

1811 yilda italyalik olim Avagadro quyidagi qonunni kashf etdi. Ya'ni, bir xil (T) temperatura va (P) bosimli ixtiyoriy gazning 1 kilomoli bir xil hajm (Vm) ni egallaydi. Normal sharoitda bu hajm  $V= 22,42 \text{ m}^3 / \text{k mol}'ni$  tashkil etadi.

Rus olimi D.I. Mendeleev, Klapeyronning tenglamasini Avagadro qonunidan foydalanib, ayrim kamchiliklarni yo'qotib, bu tenglamaga ba'zi o'zgartirishlar kiritildi va ixtiyoriy ideal gaz uchun qo'llaydigan ko'rinishda ya'ni:

$$PV_m = RT \quad (1 \text{ mol' gaz uchun})$$

Bu tenglama aynan ideal gaz uchun bo'lib, va **Klapeyron - Mendeleev** tenglamasi yoki ideal gaz uchun holat tenglamasi hisoblanadi.

Mol'yar gaz doimiysini son qiymati gazning normal sharoitda turibdi deb hisoblanadi va

$$P_0 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}, \quad T_0 = 273,15 \text{ K}, \quad V_m = 22,41 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{моль}$$

$$R = 8,31 \text{ Дж / (моль*К)}.$$

Юқоридаги тенглама 1моль газ учун ёзилган. Уни исталган моль газга маслаштириш учун  $V_m$  нинг ўрнига

$$V = (m/M) V_m,$$

Agar, ixtiyoriy massali gazlar uchun yozsak,

$$PV = \frac{m}{M} RT = nRT$$

hosil bo'ladi va **Mendeleev -Klapeyron tenglamasi deyiladi.**

Bu yerda R – universal gaz doimiysidir.

$$R = \frac{1,013 \cdot 10^5 \cdot 22,42}{273} \cong 8,32 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{grad} \cdot \text{kmol}}$$

Bunda 1 ta molekula massasi:  $m_0 = \frac{\mu}{N_A}$

Berilayotga gazning massasidagi mavjud bo'ladijan molekulalar soni:

$$N = \frac{m}{\mu} N_A$$

bu yerda,  $N_A$  - Avogadro soni.

Har qanday moddaning bir mol miqdoridagi molekulalar soni bir xil bo'ladi,

ya'ni:  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  ga teng.

Hajm birligidagi molekulalar soni:  $n_0 = \frac{N}{V}$  yoki,

$$n_0 = \frac{vN_A}{V} = \frac{mN_A}{\mu V} = \rho \frac{N_A}{\mu} \quad \text{bunda, } \rho \text{ - gazning zichligi.}$$

**Adiabatik protsess.** ( $Q = 0$ ). Tashqaridagi muhit bilan issiqlik almashinmaydigan protsessga **adiabatik** protsess deyiladi, ya'ni, ( $Q = 0$ ).

Bu-judayam ham tezlik bilan sodir bo`luvchi protsess hisoblanadi, shu sababli, issiqlik almashishga ulgirmaydi. Adiabatik protsessga yaq'inroq misollardan biri – bu, ichki yonuv dvigatelidagi gazlarning kengayishidir. Ideal uchun gazning adiabatik kengayishi 5 -- rasmda keltirilgan.

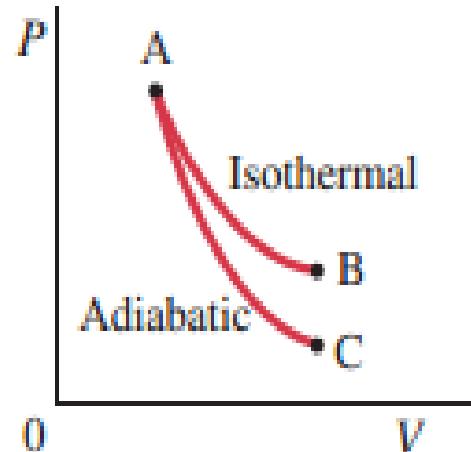
Ya'ni,  $Q = 0$  bo`lgani uchun

$\Delta U = -W$  bo`ladi. bu yerda, AB – izoterma va AC – adiabata hisoblanadi.

Bu holda  $\Delta U = 0, \Delta T = 0$ .

Yoki, ichki energiya kamayganda bilan ( $T$ ) temperatura ham kamayib boradi.  $pV = nRT$

Adiabatik holatda gazda ish bajariladi va ichki energiya ortib borishi bilan ( $T$ ) temperatura ham ortib boradi.



5-rasm

### Nazorat uchun savollar:

1. Molekulyar fizika nimani o'rgatadi?
2. Holat parametrlari (P, V, T) nima?
3. Termodinamik holat.
4. Ideal gaz nima?
5. Izobarik protsess nima?
6. Izotermik protsess nima?
7. Izoxorik protsess nima?

## **8-§. Termodinamika asoslari. Ish va issiqlik miqdori, issiqlik almashinuvi .**

### **Termodinamikaning I- qonuni**

#### **Reja:**

1. Termodinamikaning umumiyl tushunchalari.
2. Ish va issiqlik miqdori, issiqlik almashinuvi.
3. Termodinamikaning I- qonuni.
4. Termodinamika I qonunini izoprotsesslarga qo'llanishi.
5. Termodinamikaning II- qonuni.

**Kalit so'zlar:** Ish, ichki energiya, issiqlik miqdori, issiqlik almashinuvi, termodinamika gaz, molekula, izoprotsess, hajm, bosim, temperatura, entropiya.

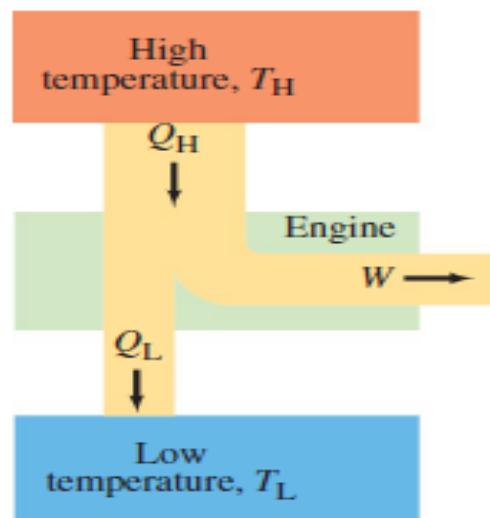
**Termodinamikaning umumiyl tushunchalari.** Termodinamika fizikaning bo'limlaridan bo'lib, har xil fizik protsesslarni issiqlik effekti ishtirokida energiyaning uzatilishi va bir turdan ikkinchi turga aylanishini o'rgatadi. Termodinamikaning umumiyl tushunchalaridan biri termodinamik sistemaning to'la va ichki energiyasidir. Har qanday termodinamik sistemaning to'la energiyasi shu sistemaning kinetik ( $W_k$ ), tashqi kuch maydon ta'sirida hosil bo'ladigan potensial energiyasi ( $W_p$ ), va shu sistemaning ichki energiyalari yig'indisidan iborat:

$$W = W_K + W_n + \bar{U}$$

Ichki energiya  $\bar{U}$  termodinamik sistema alohida qisimlarini xususiy energiyalarining yig'indisidan iborat bo'lib, butun (yaxlit) sistemaning harakatiga va tashqi kuch maydonining ta'siriga bog'liq emas. Shu termodinamik sistemaga kiruvchi jismning ichki energiyasi, jismni tashkil qiluvchi molekulalarning kinetik energiyasi va shu molekulalarning o'zaro ta'sirlashish potensial energiyasining yig'indisidan iborat. Termodinamik sistemaning ichki energiyasi shu termodinamik holatning bir qiymatli finksiyadir va to'la differensialga ega.

**Ish va issiqlik miqdori, issiqlik almashinuvi.** Agar biz sistemaning bir xil holatiga ichki energyaning ikki xil  $U_1$  va  $U_2$  qiymatlari to'g'ri keladi deb faraz qilsak, energyaning saqlanish qonuniga xilof ish qilgan bo'lamic, chunki sistemaga hech qanday o'zgartirish kiritmay energyaning bir qismini olgan bo'lardik, ya'ni abadiy ishlaydigan dvigatel yasashimiz mumkin bo'lar edi. Ana shuning uchun ham, biz yuqorida qayd qilgandek termodinamik holatning bir qiymatli funktsiyasidir. Termodinamikada issiqlik miqdori, issiqlik bajargan ekvivaletligi kabi tushunchalar ko'p uchraydi.

Energiyaning bir jismdan ikkinchi jismga issiqlik almashinuvi natijasida berilishi tashqi muhitning o'zgarishi va jismning siljishi bilan bog'liq emas, ya'ni shi bajarilmaydi. Issiqlik miqdori ( $\Delta Q$ ) issiqlik almashuvini natijasida bir jismdan ikkinchi jismga molekulalarning issiqlik harakati o'tishini xarakterlovchi energetik miqdordir. Jismga tashqaridan berilayotgan issiqlik musbat, jismdan olinayotgan



issiqlik manfiy qiymatga ega.

SI da ish va issiqlik Joul hisobida o'lchanadi. Issiqlikning o'lchov sistemasida qo'llaniladigan birligi kaloriya (kal) bo'lib, 1 kaloriya deb 1 g suvni 19,5 °C dan 20,5 °C gacha isitish uchun sarf bo'lgan issiqlik miqdori qabul qilingan.

Jismning **issiqlik sig'imi** deb, uni bir gradus Kelvinga qizdirish uchun sarf bo'lgan issiqlik miqdoriga aytiladi. Real jism va gazlarning issiqlik sig'imi lar qat'yan doimiy bo'lmaydi, temperaturaga bog'liq ravishda qisman o'zgarib turadi.

Biror moddaning massa birligini bir gradus Kelvinga qizdirish uchun kerak bo'lgan issiqlik miqdori shu moddalarning **solishtirma issiqlik sig'imi** deyiladi.

$$c = \frac{\Delta Q}{M \cdot \Delta t}$$

Biror modda 1 molini bir gradus Kelvinga qizdirish uchun kerak bo'lgan issiqlik miqdori **molyar issiqlik sig'imi** deyiladi.

Demak, formuladan, moddaga tashqaridan yoki moddadan tashqariga berilgan issiqlik miqdori Q quyidagicha bo'ladi:

$$\Delta Q = Mc\Delta t$$

bunda; M-moddaning massasi; s-solishtirma issiqlik sig'imi;

$\Delta t$  modda temperaturasining o'zgarishi.

Issiqlikning elementar miqdori:

$$dQ = Mcdt$$

Bu formuladan solishtirma issiqlik:

$$c = \frac{1}{m} \frac{dQ}{dt}, (\text{yoki } c = \frac{1}{m} \frac{dQ}{dT})$$

Gazlarda issiqlik sig'imi miqdori qanday izoprotsessda issiqlik berilishiga bog'liq. Shu sababli issiqlikning sig'imini yozishda indeksda izoprotsess ko'rsatiladi: masalan,  $s_p$ - izobarik protsessda issiqlik sig'imi yoki  $s_v$ -izoxorik protsessda issiqlik sig'imi.

Molyar issiqlik sig'imi –bu, solishtirma issiqlik sig'imining molyar massaga bo'lgan ko'paytmasiga tengdir:

$$C = \mu c$$

**Termodinamikaning I- qonuni.** Termodinamikaning birinchi qonuni issiqlik hodisalariga energiyaning saqlanish va bir turdan ikkinchi turga aylanish qonunining qo'llanishidan iborat. Bizga ochiq termodinamik sistema, yani tashqi muhit bilan energiya, issiqlik almashuvchi sistema berilgan bo'lsin. Agar shu sistemaning to'la energiyasi  $\Delta W = W_2 - W_1$  ga o'zgarsa, shu o'zgarish sistema olgan issiqlik miqdoridan ( $\Delta Q$ ) bajarilgan ( $\Delta A$ ) ishning ayirilganiga teng:

$$\Delta W = \Delta Q - \Delta A$$

Faraz qilamiz, sistemaga tashqi kuch maydoni tasir etmasin va sistema termodinamik muvozanatda bo'lsin. Bu holda sistemaning to'la energiyasi  $W_1$  uning ichki nergiyasiga teng. Shu sistema ***uchun termodinamikaning birinchi qonuni:***

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta A$$

Demak, sistemaga berilgan issiqlik miqdori sistemaning ichki energiyasi  $\Delta U$  ning ko'payishiga va tashqi kuchlarga qarshi bajarilgan  $\Delta A$  ishiga sarf bo'ladi.

U holda bu ifodani differensial ko'rinishi:

$$dQ = dU + dA$$

Bu ifoda termodinamikaning (bosh qonuni) differensial ko'rinishdagi ifodasidir.

1) termodinamikaning I qonuni izoxorik protsess uchun:

$$dA = pdV = 0 \quad dQ = dU \quad \text{ko'rinishda yoziladi.}$$

Gazga berilgan issiqlik miqdorining hammasi ichki energiyaning o'zgarishiga sarf bo'ladi deb aytildi.

**Termodinamika I qonunini izoprotsesslarga qo'llanishi.** Izoxorik protsessda solishtirma issiqlik sig'imi:

$$c_v = \frac{1}{M} \frac{dQ}{dP} = \frac{1}{M} \frac{dU}{dT} \quad \text{bunda:}$$

$$dU = Mc_v dT$$

Demak, gazning ichki energiyasi o'zgarishi uning temperatupasi o'zgarishi  $dT$ ga to'g'ri proporsional ekan.

Izobarik protsess uchun  $dA=pdV$  va 1 mol gaz uchun termodinamikaning 1- qonunini quyidagicha yozish mumkin:

$$dQ = C_v dT + pdV$$

bunda  $C_v$ - izoxorik molyar issiqlik sig'imi.

$C_p=dQ/dT$ ;  $dQ=C_pdT$  ni hisobga olibni quydagicha yozamiz:

$$C_p dP = C_v dT + PdV$$

Mendeleev-Klayperon formulasiga asosan 1 mol gaz uchun izobarik protsessda

$$PdV=RdT$$

Shuning uchun:

$$C_p dT = C_v dT + R dT;$$

$$C_p - C_v = R$$

Bu ifoda Robert-Mayer tenglamasi deyiladi.

Iizotermik protsess uchun,  $T=\text{const}$ ;  $dT=0$

$$dU = mC_v dT = 0$$

$$dA=dQ=pdV$$

Tashqi muhit bilan issiqlik almashmay sodir bo'ladigan protsesslar adiabatik protsess deyiladi. Gazlarda adiabatik protsess juda tez o'tadi, protsess tezligi katta bo'lgani uchun issiqlik almashinushi deyarli amalga oshmaydi.

Adiabatik protsess uchun  $dQ=0$ ; formuladan:

$$dA = -dU$$

Demak, adiabatik protsessda tashqi ish ichki energiyaning kamayishi hisobiga bajariladi.

Agar  $dA > 0$  bo'lsa,  $dU < 0$  va aksincha bo'ladi.

(11)-formulada  $dU=C_v dT$  bo'lgani tufayli (15) ni quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$PdU = -C_v dT$$

U holda:

$$pV^\gamma = \text{const}$$

Bu tenglama adiabatik protsess uchun ***Puasson tenglamasi*** deyiladi.

bunda adiabata ko'rsatkichi  $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$  bo'lib, adiabatik protsess uchun  $\gamma > 1$ ,

izotermik protsess uchun  $\gamma = 1$ . Ko'pgina protsesslar  $\gamma$  ning qiymatiga bog'liq bo'ladi.

**Termodinamikaning II- qonuni.** Termodinamikaning II qonuni tabiatdagi protsesslar yo'nalishlarini anglatadi. Bunda asosan entropiya bilan bog'lab o'r ganiladi. Bizga ma'lumki, Karko sikli bo'yicha ishlovchi issiqlik dvigatelining foydali ish koeffitsienti:

$$\eta = \frac{T - T_0}{T} = 1 - \frac{T_0}{T}$$

T- isituvchi jism temperaturasi,  $T_0$  - sovituvchi jism temperaturasi.

Ikkinci tomondan, ***foydali ish koeffitsienti*** deb issiqlik sarfi hisobiga bajarilgan ishning, ya'ni  $A = Q - Q_0$  ning berilayotgan issiqlik miqdoriga nisbatiga aytiladi:

$$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{Q - Q_0}{Q}; A = Q\eta$$

Unda:

$$A = Q - T_0 \frac{Q}{T} = Q \left(1 - \frac{T_0}{T}\right)$$

Bu ifodada issiqlik miqdori  $Q_0 = T_0 \frac{Q}{T}$  -isuvchi jismga (sovitkichga) o'tib ketadi, foydali ishga aylanmay sochilib ketadi. Entropiya tushunchasi energiyaning sochilishi bilan aloqali tushuncha. Sovutkichga o'tib ketgan issiqlikni qaytarib bo'lmaydi va ish ham bajarilmaydi. Xuddi ana shu faktga asoslanib Klauzius ***termodinamikaning II qonunini*** quyidagicha ta'riflagan edi:

*issiqlik temperaturasi past jismdan temperaturasi yuqori jismga o'z-o'zidan o'tmaydi.*

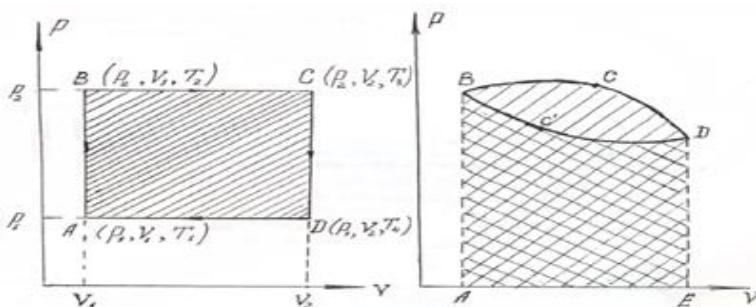
$$dU + dA \leq TdS$$

Bu formulada TdS sochiluvchi energiyani xarakterlaydi va bog'langan energiya deyiladi.

Biz yuqorida qayd qilganimizdek, entropiyaning o'sish qonuni bu ma'lum chegaralangan fizik sharoitlarga tug'ri keladigan xususiy qonuniyatdir. U olam taraqqiyotining umumiyligi qonuniyatlarini qatoriga kirmaydi. Bu qonun chegaralangan o'lchamga ega bo'ladi, tashqi muhitdan izolyatsiyalangan sistemalardagina kuchga ega.

Termodinamika asoslarida muvozanatli va qaytuvchan prosseslar katta axamiyatga egadir.. Shuning uchun, bu kabi prosseslarni ko'rib chiqamiz.

Agar 1 chi holatdan 2 chi holatga o'tgan tizim uchun 2 chi holatdan 1 chi holatga shunday o'tish prossesi mavjud bo'lsinki, u xolda tizim 1- prossesning xamma holatlari orqali teskari tartibda borib, boshlang'ich holatiga qaytsa va u xolda tizimda ham, atrofda ham, umumiyligi o'zgarish holatlari qolmasa, tizimning bunday o'tish jarayoniga **qaytar jarayonlar** deyiladi.



2-rasm.

Aksincha bu jarayon qaytmaydigan jarayon bo'ladi. Demak, olamda qaytar jarayonlar mavjud emas. Real holatdagi barcha jarayonlar qaytmas bo'ladi. Qaytar jarayon bu ideallashtirilgan tushunchadir. Misol, matematik mayatniklarning ishqalanishsiz tebranadi deb tasavvur qilsak, bu qaytar jarayonga misol qilish mumkin. Har qanday muvozanat holatlari jarayon qaytuvchan bo'ladi. Ya'ni, misol sifatida gaz c<sub>1</sub> holatdan c<sub>2</sub> holatga o'tishi uchun ularni kengaytirilsa, keyin uni yanada siqib oldingi holatga qaytarsak, va ularni R, V grafigi buyicha tasvirlasak, yopiq egri chiziqni hosil qilamiz. Bunday prossesni aylanma prosses,

ya’ni sikl deyiladi. Sikllar to’g’ri va teskari holatda bo’ladi. To’g’ri siklda kengayish va siqish prosseslari urtasidagi issiqlik miqdori ayirmasining hisobiga gaz tashqi kuchlarga qarshi ish bajariladi. Shunday siklda ishlaydigan mashinalarni ***issiqlik mashinasi*** deb ataladi va u xolda foydali ish koeffitsienti  $\eta$  quyidagicha bo’ladi, ya’ni :

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1},$$

Bunda  $Q_1$ - isitkich orqali olingan va  $Q_2$  - sovutkichga berilgan issiqlik miqdori hisoblanadi.

Aksincha, bu holatdagi jarayonni ***teskari sikl*** deb yuritiladi. Teskari siklda ishlovchi mashinalar esa, ***sovutkich mashinalari*** deb ataladi.

Biz ko’rib chiqgan prosesslar termodinamikaning 2 chi qonuni bilan tushuntiriladi. Termodinamikaning 2 chi qonunini har xil olimlar har xil ta’rifalaganlar, biroq ularning fizikaviy ma’nosи bir xildir. Bu qonunning ta’rifi quyidagicha: ***Birdan bir natijasi faqat issiqlikning to’liq ishga aylantirilishdan iborat bo’lgan prossesni amalgaloshirish mumkin emas.***

Termodinamikaning 1-va 2-qonunlari empirik qonunlar hisoblanadi. Termodinamikaning 2 chi qonuni ma’lum chegara qiymatlaridagina to’g’ri bo’ladi. Termodinamika asoschilaridan biri bo’lgan, Saddi Karko ***foydali ish koeffitsientining*** eng katta qiymatida bo’lgan siklni taklif etgan. Bu sikl esa, Saddi ***Karko sikli*** deb ataladi.

U ikkita izoterma va ikkita adiabatadan iborat bo’lib, qaytluvchi aylanma jarayon hisoblanadi. Ya’ni, Karko sikli foydali ish koeffitsientini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1},$$

bunda  $T_1$  – bu isitkich va  $T_2$  – esa sovutkichning termodinamik temperaturalaridir.

## Nazorat uchun savollar.

1. Ish deb nimaga aytlatdi?
2. Issiqlik miqdori nima?
3. Issiqlik almashinuvi qanday amalga oshadi?
4. Termodinamikaning I qonuni tushuntiring.
5. Termodinamikaning I qonunini gaz izoprotsesslariga qo'llanishi.
6. Issiqlik sig'imi nima?
7. Termodinamikaning II qonuni tushuntiring.

## IV-BOB. ELEKTR

### **9-§. Elektrostatika.**

#### **Reja:**

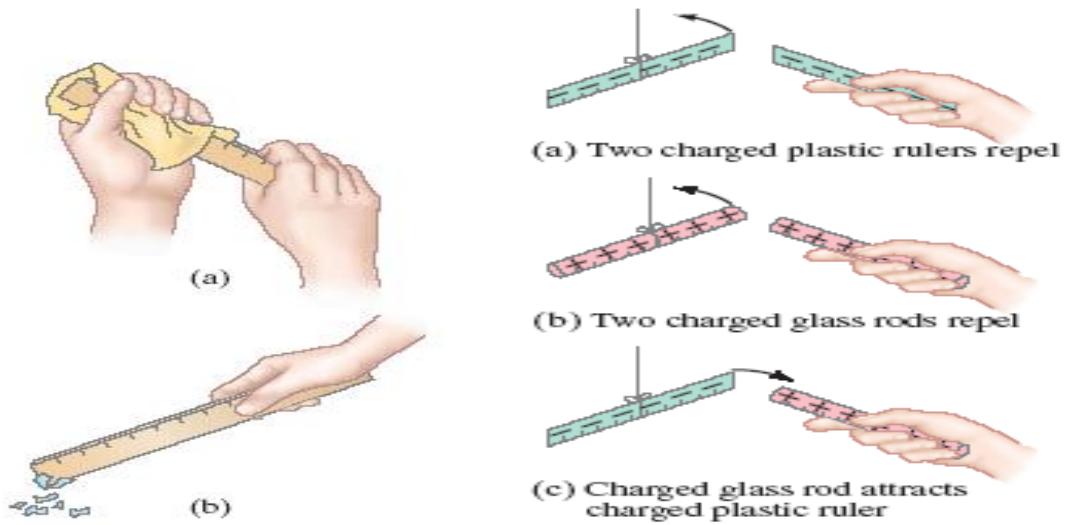
1. Elektr zaryadi.
2. Kulon qonuni.
3. Elektr maydon kuchlanganligi.
4. Potensial. Ekvipotensial sirtlar.

**Elektr zaryadi.** Kundalik turmushimizda jismlar bir-biri bilan ishqalanishi natijasida elektrlanish hodisasi ro'y berishini ko'p kuzatamiz. Masalan, gilam yoki linoleium to'shalgan xonada biroz yurib, so'ng biror metall jismga qo'lingizni tekkizsangiz badaningizda sekin noxush titrash paydo bo'ladi. Bu hodisaga sabab ishqalanayotgan jismlarning zaryadlanishi ia bu zaryadlarning o'zaro ta'sirlashuvidir.



Ma'lumki, atomlar musbat zaryadlangan yadro na yadro atrofida berk orbitalalar orqali aylanuvchi elektronlardan iboratdir. Zaryadlanmagan jismlarning

atomlarida elektronlarning manfiy ishorali zaryadlari yig'indisi yadroning musbat ishorali zaryadlariga tengdir. Bunday jismlarni *elektro neytral* jismlar deb yuritiladi. Agarda, ba'zi bir ta'sirlar tufayli, elektroneytrallik buzilsa, u xolda bu jismlar *zaryadlangan* hisoblanadi. Jismlardagi manfiy ishorali zaryadlarning musbat ishorali zaryadlardan ortiqcha bo'lsa, bunday jismlar manfiy ishorali zaryadlangan, aksincha musbat ishorali zarydlangan deb ataladi.



1-rasm

2-rasm

Ikki jismning o'zaro bir-biri bilan ta'sirlashish natijasida bir jismda ma'lum qiymatda manfiy zaryadlar hosil bo'lsa, ikkinchi jismda xuddi shuncha miqdorda musbat zaryad vujudga keladi (1,2-rasm).

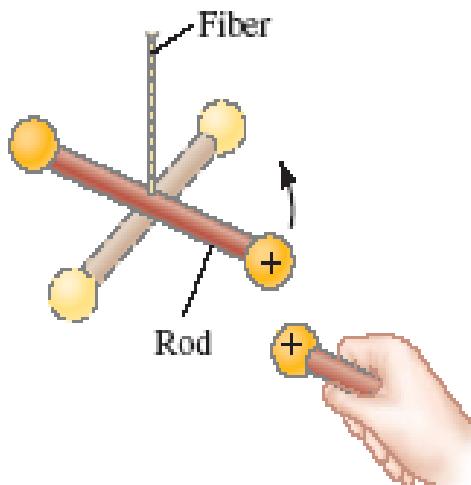
Shuni aytish mumkinki, zaryadlar yangitdan hosil bo'lmaydi ham, yo'qolmaydi ham. Bular jismlarda mavjud, faqat bir jismdan ikkinchi jismga yoki jismlarning bir qismidan ikkinchi qismiga o'tadi, xolos. Bu xulosa *zaryadning saqlanish qonuni* deyiladi.

$$q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n = \text{const.}$$

**Kulon qonuni.** Tajribalardan ko'rindiki, bir xil ishoradagi zaryadli jismlar o'zaro itarishadi, qarama-qarshi ishorali zaryadlangan jismlar esa o'zaro bir bilan tortishadi. Nuqtaviy zaryad orasidagi o'zaro ta'sir kuchi kattaligini fransuz fizigi Sh. Kulonning tajribalari asosida aniqlanadi. *Nuqtaviy zaryadlar*-- deyilganda shunday zaryadlangan jismlar tushiniladiki, bunda jismlarning o'lchamlari ularning orasidagi masofaga nisbatan juda kichik bo'ladi

(3-rasm).

Shayinchaning uchlari dagi metall sharchani zaryadlab, unga ikkinchi zarndlangan metall sharchani yaqinlashtirilsa, zaryadlangan jismlarning orasidagi ta'sir etuvchi elektr tufayli shayin biroz burchakka buriladi. Shayinning burilish burchagi tufayli elektr ta'sir kuchini aniqlasa bo'ladi. Kulonning zaryadlangan sharcha (jism)lar o'rtasidagi ta'sirlashuvchi kuchning sharchadagi zaryadlar miqdoriga va ularning o'tasidagi masofaga bog'liq bo'lishini aniqladi. Ya'ni, bu fizikada ***Kulon qonuni*** nomi bilan nomlanuvchi yaratdi (4-rasm).



3-rasm

**Kulon qonuni:** Vakuumda ikkita nuqtaviy elektr zaryadlarining o'zaro ta'sir kuchlari ta'sirlashuvchi har bir zaryadlari ko'paytmasiga to'g'ri, le'kin zaryadlar orasidagi masofaning kvadratiga esa teskari proporsional ekanligi, ya'ni:

$$F_{12} = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r_{12}^2}$$

Bunda:  $q_1$ ,  $q_2$  – lar mos holatda 1-va 2- nuqtaviy zaryadlarning kattaliklaridir;  $r_{12}$  - zaryadlarning orasidagi masofadir,

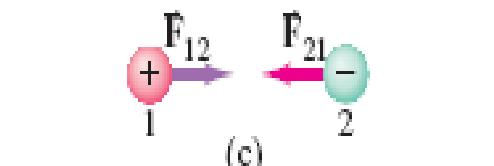
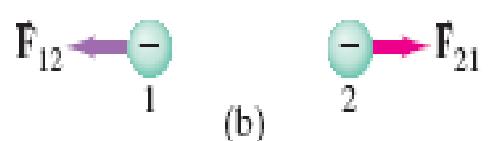
$k$  -formulaga kiruvchi kattaliklar o'lchov birliklarining qanday birliklar sistemasida olinayotganligiga bog'liq bo'lgan koeffitsient.

Bir xil ishorali zaryadlar teng kuchlar bilan itarishadi (4-rasm a, b va c) qarama-qarshi ishoralilari tortishadi (4-rasm).

**Elektr maydon kuchlanganligi.** Elektr zaryadlarining o'zaro ta'sirlashuvi uchun zaryadlar orasida moddiy muhitning bo'lishi shart emas. Masalan, 2 elektr zaryadi havosiz bo'shliqda ham ta'sirlashaveradi. Jismlar ta'siri havosiz bo'shliqda ham amalga oshadigan hollarda bu ta'sirni uzatuvchi muhitni **maydon** deb ataladi.

Har qanday elektr zaryadi atrofida elektr maydon vujudga keladi. Qo'zg'almas elektr zaryadi atrofida vujudga keluvchi elektr maydonni sezish uchun bu maydonga "*sinov zaryadi*" kiritish lozim. "Sinov zaryadi" turgan nuqtada elektr maydon majjud bo'lsa; "sinov zaryadi"ga elektr kuchi ta'sir etadi. "Sinov zaryadi"-sifatida shunday musbat zaryaddan foydalanishimiz lozimki, uning miqdori maydonni vujudga keltirayotgan zaryadning miqdoriga nisbatan

$$\begin{array}{ll} F_{12} = \text{force on 1} & F_{21} = \text{force on 2} \\ \text{due to 2} & \text{due to 1} \end{array}$$



4-rasm.

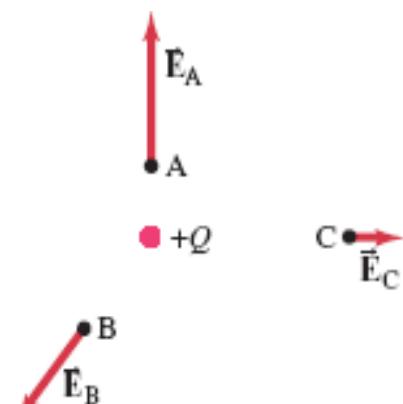
nihoyatda kichik bo'lishi kerak. Faqat shu holdagina "sinov zaryadi" tekshirilayotgan maydonning hususiyatlarini sezilarli darajada o'zgartira olmaydi.

Zaryadlangan qo'zg'almas jismlar o'zaro ta'siri, shu zaryadlangan jismlarni hosil qiluvchi **elektrostatik maydon** orqali mavjud bo'ladi.

Elektrostatik maydonining asosiy xarakterlovchi kattaliklaridan biri bu elektrostatik maydon kuchlanganlik vektori bu E-dir.

Elektrostatik maydonning kuchlanganlik vektori, son qiymati jihatdan shu maydonga olib kiritilgan birlik, sinov zaryadga ta'sir etuvchi kuchga teng.

E kuchlanganlik vektorining yo'nalishlari musbat zaryadga ta'sir qilayotgan kuchning yo'nalishi bilan mos keladi. Ya'ni:



5-rasm

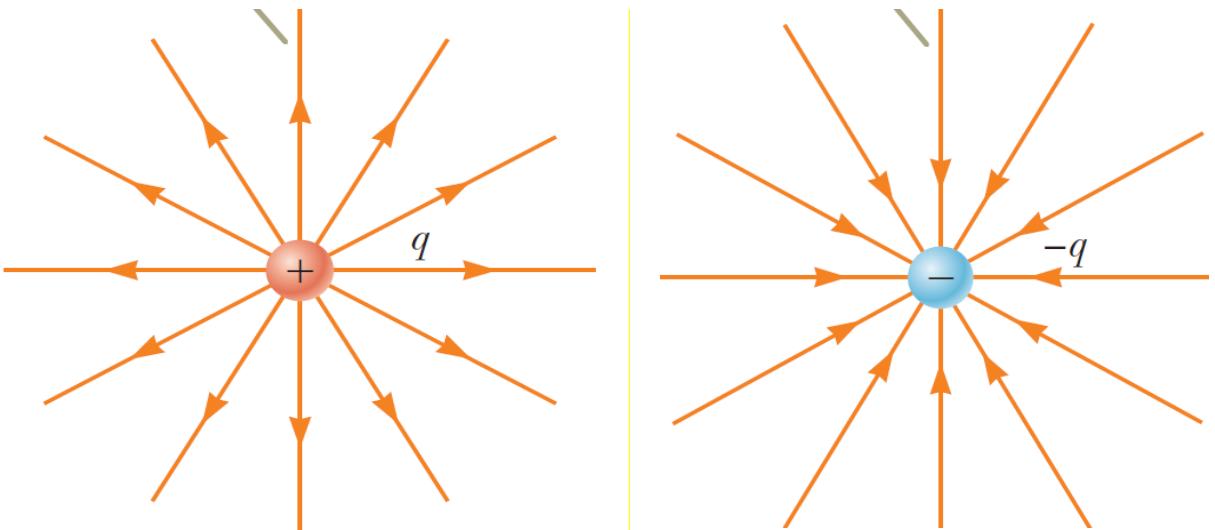
$$\bar{E} = \frac{\bar{F}}{q}$$

Elektr maydonning kuchlanganligi ulchov birligi bu- bir birlik zaryadga ta'sir etayotgan kuchni ifodolovchi kuchlanganlik qabul qilingan. Ya'ni,

$$[E] = 1 \frac{H}{K_l} = 1 \frac{B}{M}$$

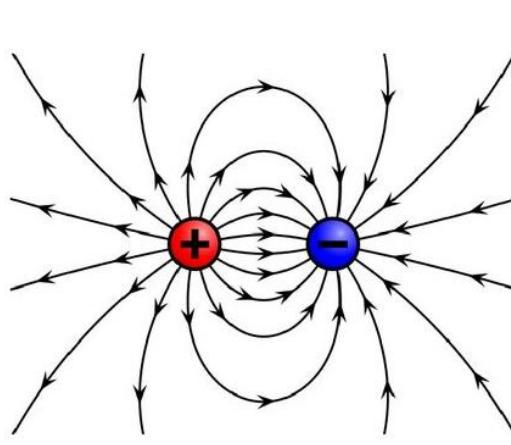
XB birliklar sistemasida E ning ulchov birligi V/M bilan ifodalanadi.

Elektr maydonini grafik ravishda tasvirlash uchun E ning vektor kuch chiziqlari tushunchasi qabul qilingan. Elektr maydon kuch chiziqlari deyilganda shunday chiziqlarga aytildiki, ularning har bir nuqtasiga o'tkazilgan urinmalar elektr maydonining kuchlanganlik vektori yo'nalishini belgilaydi (6-rasm).



6-- rasm. Musbat (+) va manfiy (-) nuqtaviy zaryadlar elektr maydon kuch chiziqlari.

Manfiy (+) zaryadlar uchun esa, kuch chiziqlarining yo‘nalishlarii zaryadga tomon yo‘naltirilgan bo‘ladi (7-- rasm). Elektr maydon kuch chiziqlari bir zaryaddan boshlanib ikkinchi zaryadda esa tugaydi.



7-- rasm. Elektr maydonining kuch chiziqlari

Elektr maydon kuch chiziqlari doimo musbat zaryaddan boshlanib, manfiy zaryadda yakunlanadi (tugaydi) .

**Maydon potensiali** -- elektrostatik maydonni ifodolovchi kattalik hisoblanadi va zaryadning potensial energiyasining  $W$ , shu zaryadning kattaligiga nisbati bilan o'lchanuvchi kattalikka aytildi.

$$\varphi = \frac{W}{q_0}$$

Ya`ni, elektr maydonining ixtiyoriy nuqtasining **potensiali** deb ayni shu nuqtaga olib kiritilgan birlik zaryadning potensial energiyasini ifodolovchi kattalikka aytildi.

$$W = K \frac{q_0 q_1}{r} \quad \text{ligini hisobga olsak, unda}$$

$$\varphi = \frac{q}{r} \quad \text{ko'riishda bo'ladi.}$$

Bu ifoda, maydonning berilgan nuqtasidagi potensial qiymatini ifodalaydi.

Elektrostatik maydonda zaryadlar harakatlanganda potensial energiyaning o'zgarishiga teng bo'lgan ish bajaradi, ya'ni:  $A = (W_2 - W_1)$

$$W_2 = q_0 \varphi_2 \quad \text{ekanligini hisobga olsak,}$$

$$A = q_0 (\varphi_2 - \varphi_1) \quad \text{ifodani keltirib chiqaramiz.}$$

Bunda  $\varphi_1, \varphi_2$  – lar elektr maydonining berilgan nuqtasining potensialidir.

$q_0$  – elektr maydonining 1- nuqtasidan 2- nuqtasiga harakatlanuvchi zaryad. Potensial va elektr maydon kuchlanganligi o'rtaisdagi bog'liqlikni ifodalasak. Elektr maydonida zaryadni kuchlanganlik chizig'i orqali ma'lum bir kesmaga ko'chirishda bajariladigan ish

$$dA = F dl = q Edl \quad \text{ga teng bo'ladi.}$$

Bunda, zaryadning potensial energiyasini kamayishi hisobiga ish bajariladi.

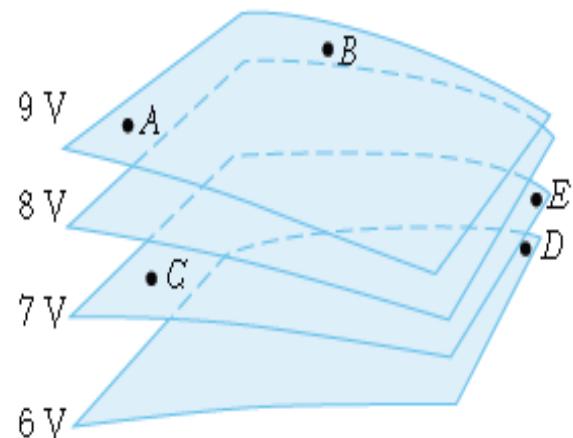
$$dW = - q d\varphi \quad \text{bunda, } d\varphi \text{ - potensialning o'zgarishi}$$

Bu tenglamalardan :  $q E dl = - q d\varphi$

$$\text{Bu yerda } E = -\frac{d\varphi}{dl} = -q \text{rad} \varphi$$

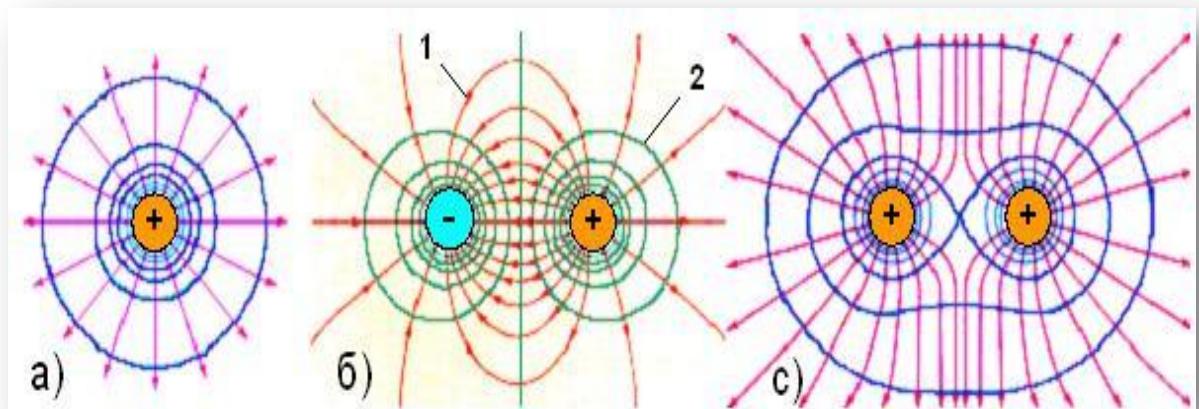
$\frac{d\varphi}{dl}$  - bunda, berilayotgan yo`nalish bo'yicha potensialning o'zgarish tezligini ifodalaydi.

Elektr maydonning kuchlanganligi bu potensialning teskari ishorasi bilan olingan gradientiga teng bo'ladi. Minus (-) ishora bu maydonning kuchlanganligi potensialning kamayishi tomoniga yo`naliganligini ko`rsatadi.



8-rasm. Ekvipotensial sirtlar.

Elektr maydonda bir xil potensialga ega nuqtalarning geo-metrik o'rinalidan tashkil topgan sirtga *ekvipotensial sirt chiziqlari* deyiladi (8,9 -- rasm).



9-rasm

Ekvipotensial sirt chiziqlari uchun  $E = \text{const.}$  Ekvipotensial sirt chizig'larining barcha nuqtalari bir xil potensialga ega bo`lgani uchun unda zaryad ko`chishi uchun ish talab qilinmaydi. Demak, zaryadga ta'sir etuvchi

kuch doimo siljishiga perpendikulyar bo'ladi. Bu kabi kuch chiziqlari ekvipotensial sirtlarga doim perpendikulyar bo`lishini ifodalaydi.

## **10-§. Elektr maydonda o'tkazgichlar va dielektriklar**

### **Reja:**

1. Elektr maydonda o'tkazgichlar.
2. Elektr maydonida dielektriklar.
3. Dielektriklarning qutblanishi va ularning xarakteristikalari.

**Kalit so'zlar:** *Elektr dipoli, dielektriklar, qutblanish, dipol momenti, orientatsiyaviy, qutbsiz, qutbli.*

**Elektrostatik maydondagi o'tkazgichlar.** Erkin elektronlarga yoki ionlarga ega bo'lgan moddalar o'tkazgichlar deb ataladi, chunki tashqi elektr maydoni ta'sirida elektron yoki ionlar tartibli harakat qilishi mumkin.

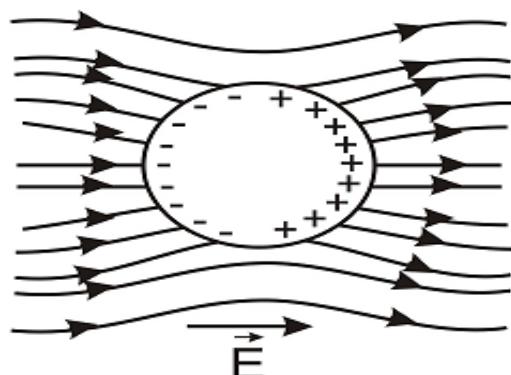
Agar erkin zaryadlarga ega bo'lgan o'tkazgich tashqi elektrostatik maydonga joylashtirilsa, elektrostatik kuch ta'sirida, o'tkazgichdagi erkin elektronlar maydon kuchlanganligining vektoriga qarama-qarshi tomonga siljiydi. Natijada o'tkazgichning ikki tomonida har xil ishorali zaryadlar hosil bo'ladi: elektronlari ortiqcha bo'lgan uchi manfiy zaryadlanadi, elektronlar yetishmaydigan uchi esa, musbat zaryadlanadi.

Shunday qilib, tashqi elektrostatik maydon ta'sirida, o'tkazgichdagi mavjud zaryadlarni musbat va manfiy sirt zaryadlarga ajratish hodisasi elektrostatik induksiya yoki ta'sir orqali zaryadlash deyiladi. Hosil bo'lgan zaryadlar **induksiyalangan zaryadlar** deb ataladi.

Elektrostatik maydonga kiritilgan o'tkazgichdagi induksiyalangan zaryadlar maydonning manzarasini o'zgartiradi. 1-rasmda bir jinsli  $E=const$

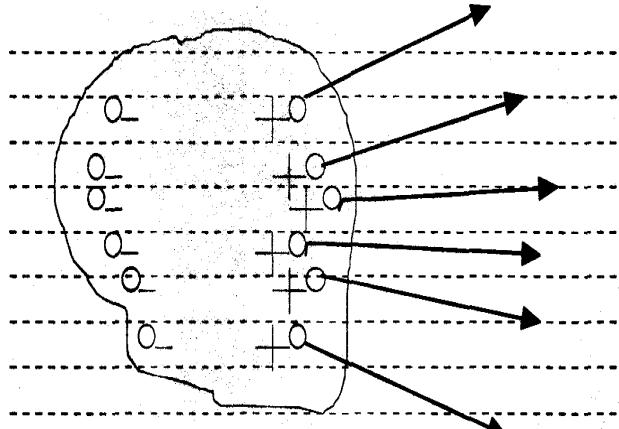
elektrostatik maydonga kiritilgan metall sharning bu maydonni deformatsiyalashi tasvirlangan.

<b>Elektr o'tkazgichlar.</b>	<b>maydondagi</b>
Barcha moddalar ozining elektr xossasiga qarab, o'tkazgichlar, dielektriklar va yarim o'tkazgichlarga ajratiladi.	



1 - rasm.

Agar, zaryadlanmagan o'tkazgichlar elektr maydoniga olib kiritilsa, unda zaryad tashuvchilar harakatlanadi. Ya'ni: musbat (+) zaryadlar E maydon yo'nalishida, manfiy (-) zaryad tashuvchilar esa (teskari) qarama qarshi yo'nalishda harakatlanadi.



1-rasm

O'tkazgichning barcha uchlarida (teskari) qarama qarshi ishorali zaryadlar paydo bo'lsa, bunday zaryadlarni induksiyalangan zaryadlar deyiladi.

Bunday zaryadlar maydoni tashqi maydonga nisbatan teskari bo'ladi. U xolda induksiyalangan zaryadlar o'tqazgichning tashqi sirti bo'ylab teng joylashadi.

O'tkazgichlar ichida bo'shliqdagi maydon nolga teng bo'ladi. Elektrostatik muhofazaning ma'nosи shundan iborat bo'ladi. Ba'zi, asboblarni tashqari maydonning ta'siridan muhofaza etmoqchi bo'lganimizda, bunday asboblarni o'tqazuvchi ekran orqali o'ralishi lozim. Ekran yuzida hosil bo'lувчи

induksiyalangan zaryadlar ekranning ichidan tashqari maydonni kompensatsiyalaydi. U xolda, ekran yahlit bo'lmaydi, agar qalin to'rsifat bo'lsa, yaxshi himoya qiladi.

**Elektr sig'imi.** Biror , o'tkazgichga Q zaryad berib u o'tqazgich sirtida teng taqsimlansa, yakkalangan o'tkazgichlarning potensiali undagi zaryadlar miqdoriga to'gri proporsional bo'ladi. Ya'ni:

$$q = C\varphi$$

Potensial bilan zaryad o'rtasidagi proporsionallik koeffitsiyenti o'tkazgichning **elektr sig'imi deb ataladi:**

$$C = \frac{q}{\varphi}$$

**Kondensatorlar.** Elektr sig'imining ifodasi  $C = \frac{Q}{\varphi}$  bo'lgani sababli

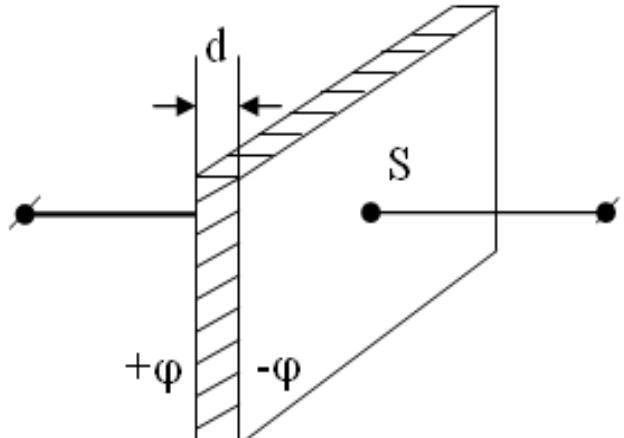
sig'im bu - o'tkazgichlari bilan o'lchamlari, shakliga va muhit dielektrik singdiruvchanligiga bo'liq bo'ladi.

Amalda, nisbatan kichik o'lcham lariga qaramay, yetarlicha zaryadlarni o'zida yig'a oladigan qurilmalar **kondensatorlar** deb nomlanadi. Kondensatorlar 2 ta parallel o'tkazgich qoplamaridan iborat va bularda qarama qarshi



ishorali zaryadlar yig'iladi. Qoplamlalar o'rtasida dielektrik muxit joylashgan (modda) bo'ladi. Kondensatorning qoplamlari 2 ta yassi plastinka, 2 ta konsentrik sferadan yasalgan bo'lishi mumkin. Bu xildagi shakllarga asosan *yassi*, *silindrik* yoki *sferik kondensatorlar* deb nomlanadi.

Oddiy holda kondensatordagi elektr maydon kuch chiziqlari birinchi qoplamada boshlanadi va ikkinchisida yakunlanadi  
(2 –rasm)



**3 - rasm. Yassi kondensator**

Kondensatorning sig'imi bu- qoplamlarda mavjud zaryad miqdoriga to'g'ri proporsional va qoplamlar orasidagi potensiallar farqiga esa teskari proporsionaldir. Ya'ni:

$$C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2} ,$$

3 - rasmda yassi kondensator ifodalangan. Bu yerda, metalldan yasalgan  $S$  – yuzali ikkita yassi plastinkalar orasidagi masofa  $d$  bo'lsa, u xolda, qoplamlarda

-  $q$  va  $+ q$  sirtning zaryadlari induksiyalangan hisoblanadi. Qoplamlar orasidagi elektr maydonini bir jinsli,  $S$  – yuzali ikkita yassi metall plastinkalar orasidagi masofani  $d$  ga teng deb hisoblaymiz, qoplamlarda esa -  $q$  va  $+ q$  sirt zaryadlari induksiyalangan bo‘ladi.

Plastinkalar o’rtasida  $\varepsilon$  - dielektrik singdiruvchanlikka ega bo‘lgan muhit bo‘lsa, u holda potensiallar farqi ifodasi hosil bo‘ladi:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{\sigma d}{\pi \varepsilon_0 \varepsilon}$$

$$\text{Bunda} \quad q = \sigma \cdot S$$

$\sigma$  – zaryadning sirt zichligi,  $S$  – plastinkalar yuzasi.

U holda, yassi kondensatorning sig‘imini ifodalash mumkin. Ya’ni,

$$C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 q}{\sigma d} = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 \sigma \cdot S}{\sigma d} = \varepsilon_0 \varepsilon \frac{S}{d}$$

Elektr sig‘imining ulchov birligi SI sistemasida Farada qabul qilingan va bu ulchov birlik juda katta o‘lchov birlikdir. Masalan,  $C = 1 F$  bo‘lsa,  $\varepsilon = 1$  bo‘ladi.

$$R_{1F} = \frac{C}{4\pi \varepsilon_0 \varepsilon} = \frac{F}{4\pi \cdot 1} \left( \frac{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9}{1} \cdot \frac{m}{F} \right)$$

Bunda, vakuum uchun dielektrik singdiruvchanlik ifodasini hisobga olsak:

$$\varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9} \frac{F}{m} = 0,885 \cdot 10^{-11} F/m$$

$$R_{1F} = 9 \cdot 10^9 m = 9 \cdot 10^6 km$$

ga teng bo‘ladi.

Bu qiymat Oy va Yer urtasidagi masofaga nisbatan 23 marta kattadir.

Farada juda katta o'lchov birlik bo'lganligi sababli, quyidagi kichik birliklardan foydalaniladi:

$$1 \text{ mikrofarada } (\mu F) = 10^{-6} F$$

$$1 \text{ nanofarada } (nF) = 10^{-9} F$$

$$1 \text{ pikofarada } (pF) = 10^{-12} F$$

Agar, kondensatorlar sistemasi parallel ulangan bo'lsa, unda umumiy batareya sig'imi:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

Agar, kondensatorlar sistemasi ketma-ket ulangan bo'lsa, unda umumiy batareya sig'imi:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

Kondensator qoplamlari o'rtasidagi o'zaro tortishish kuchi quyidagicha ifodalanadi:

$$F = \frac{\epsilon_0 \epsilon S E^2}{2} = \frac{\epsilon_0 \epsilon S U^2}{2d^2} = \frac{\sigma^2 S}{2\epsilon_0 \epsilon}$$

Bu yerda,  $E$  - elektr maydon kuchlanganligi,  $S$  - bitta plastinkaning yuzi.

Kondensatorning elektr maydoni energiyasi:

$$W = \frac{1}{2} C U^2, \quad W = \frac{\epsilon_0 \epsilon}{2} E^2 V, \quad W = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{2d} \cdot U^2$$

bunda,  $S$  - elektr sig'imi,  $U$  - kuchlanish,  $q$  - zaryad miqdori,  $S$  - plastinkalar yuzi,  $V$  - kondensatorning hajmi,  $E$  - elektr maydon kuchlanganligi,  $d$  - plastinka qoplamlari urtasidagi masoфа.

Elektr maydon energiy hajm zichligi:

$$w = \frac{W}{V} = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2}{2}, \quad w = \frac{\epsilon_0 \epsilon U^2}{2d^2}, \quad W = \frac{\epsilon D}{2}$$

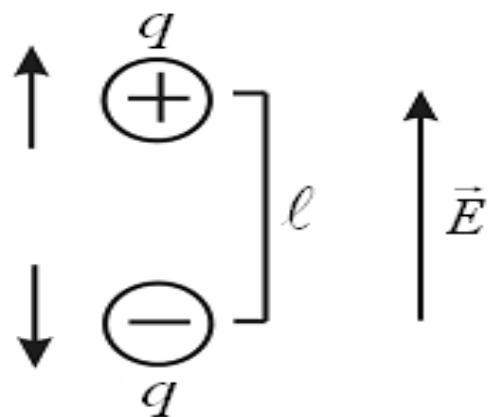
**Dielektriklar.** *Elektr dipol* deb kattaligi teng bo'lgan ikkita xar xil ishorali nuqtaviy zaryadlar  $+q$  va  $-q$  dan iborat bo'lgan sistemaga aytiladi. Bu zaryadlarning orasidagi masofa 1 sistemaning maydoni aniqlanadigan nuqtalargacha bo'lgan masofadan ancha kichikdir. Ikkala zaryad orqali o'tayotgan to'g'ri chiziq *dipol o'qi* deyiladi.

### Dielektriklarning qutblanishi va ularning xarakteristikalarini.

Dielektriklar atom va molekulalardan tuzilgan. Atom bu- barcha musbat zaryadni uzida mujassam etgan yadro o'z stasionar orbitasida harakatlanuvchi manfiy zaryadlangan elektronlardan tashkil topgan. Atomning barcha musbat zaryadlari yadroda joylashgan bo'lib, manfiy ishorali elektronlar esa, yadro atrofida harakatda bo'ladi. Ko'pincha (-) manfiy zaryadlar markazi musbat (+) zaryadli yadro markazi bilan ustma - ust bo'ladi. 1- turdag'i dielektriklar molekulalaridagi elektronlar yadro atrofida simmetrik joylashib tashqi elektrostatik maydon bo'lmasa, (+) musbat va (-) manfiy zaryadlar og'irlik markazlari ustma-ust tushadi. Bu kabi dielektrik molekulalari *qutbsiz* molekulalar deb ataladi.

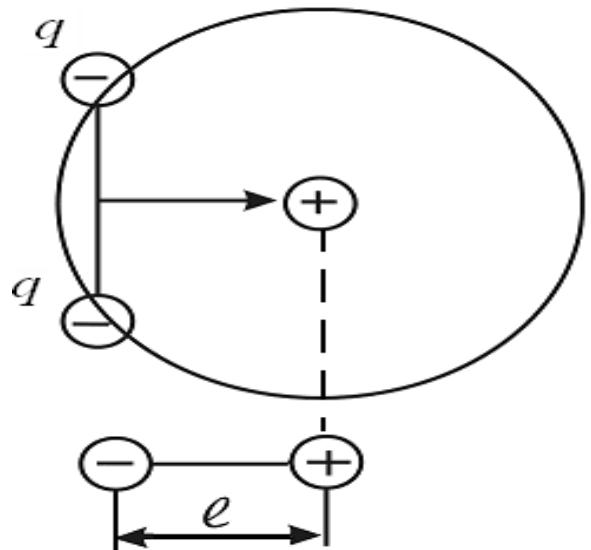


*Tashqi elektrostatik maydon ta'sirida qutbsiz molekulaning dipol momentiga ega bo'lishi.* Tashqi elektrostatik maydon  $E$  ta'sirida qutbsiz molekula zaryadlari siljiy boshlaydi. Musbat zaryadlar maydon y o'nalishda, manfiy zaryadlar maydonga teskari yo'nalishda siljiydi(5-rasm). Shunday qilib, molekula  $P_i = ql_i$  dipol momentiga ega bo'ladi.



5-rasm

Ikkinci turdagи dielektriklar molekulalaridagi elektronlar yadro atrofida nosimmetrik joylashgan bo'ladi va tashqi elektrostatik maydon bo'lmasa ham (+) musbat va (-) manfiy zaryadlar og'irlik markazlari ustma-ust tushmaydi. Bunday dielektrik molekulalari tashqi maydonsiz ham dipol momentiga ega bo'lib, ular *qutbli* molekulalar deb ataladi (6-rasm). Tashqi elektrostatik maydon bo'lmaganda molekulalarning tartibsiz harakati tufayli dielektrik bo'yicha molekulalarning umumiy dipol momentlari nolga teng bo'ladi.



6-rasm. Qutbli molekula dipoli

Agar bunday dielektrik tashqi elektrostatik maydonda bo'lsa, elektr maydon kuchlari dipollarni maydon yo'nalishiga mos tartibda burishga intiladi va

bunda, noldan farqli umumiy dipol momenti paydo bo'ladi Shunday qilib, tashqi elektrostatik maydon ta'sirida ikkala turdag'i dielektrikda ham noldan farqli dipol momentlari hosil bo'ladi. Bu hodisa ***dielektriklarning qutblanishi*** deb ataladi.

Demak, qutblanish deb, tashqi elektrostatik maydonning ta'siri bilan dipollar maydonning kuch chiziqlari tomon yo'nalishini o'zgartirish holatiga aytiladi.

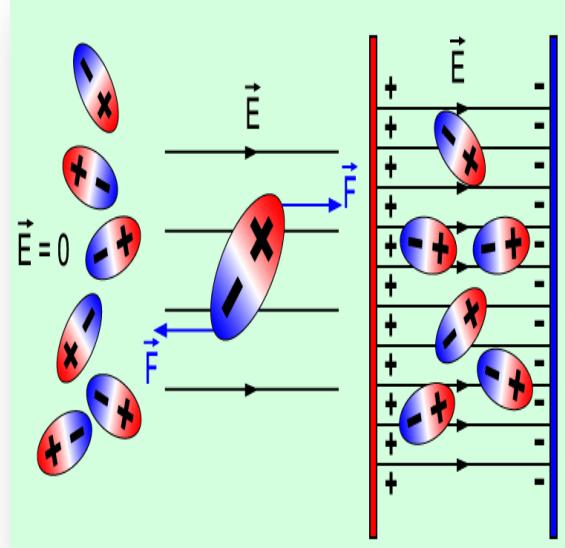
Qutblanishning bir nechta turi mavjud. (7a,b-rasm):

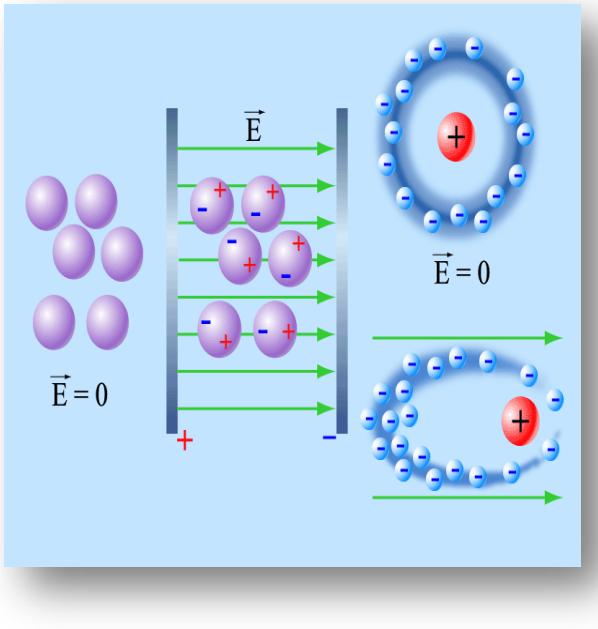
- 1) elektronli qutblanish;
- 2) orientatsiyaviy yoki dipolli qutblanish.

*Elektronli qutblanish* deb, qutbsiz molekulalardan tashkil topgan dielektrik, tashqi elektrostatik maydonga kiritilganda, atomlar elektron qobiqlarining deformatsiyasi hisobiga induktsiyaviy dipol momentlari hosil bo'lishiga aytiladi.

*Orientatsiyaviy yoki dipolli qutblanish* deb, qutbli molekulalardan tashkil topgan dielektrik tashqi elektrostatik maydonga kiritilganda, tartibsiz yo'nalgan molekulalar dipol momentlarining maydon yo'nalishiga qarab burilishiga aytiladi. Ammo, molekulalar issiqlik harakati natijasida faqat ayrim molekulalarning dipol momentlari maydon yo'nalishi bo'yicha joylashib qoladi va u maydon kuchlanganligiga bog'liqdir.

7a,b-rasm





### Nazorat uchun savollar:

1. Elektr dipoli nima?
2. Elektr maydonida dielektriklar o'zini qanday tutadi?
3. Dielektriklarning qutblanishi qanday yuzaga keladi?
4. Dipol momenti qanday kattalik ?
5. Elektronli qutblanish qanday yuzaga keladi?

### V-BOB. ELEKTR TOKI

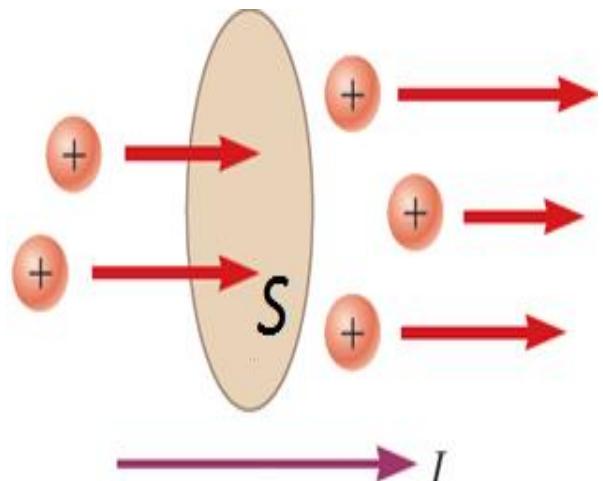
#### 11-§. O'zgarmas tok

##### **Reja:**

1. Tok kuchi va tok zichligi vektori.
2. Zanjirning bir qismi va to'la zanjir uchun Om qonuni.
3. Qarshilik. O'tkazuvchanlik.
4. Kirxgof qoidalari. Joul-Lens qonuni.
5. Elektrolitlarda elektr toki. Elektroliz qonunlari.

**Kalit so'zlar:** Tok kuchi, tok zichligi vektori, qarshilik, o'tkazuvchanlik, elektrolit, elektroliz hodisasi, zaryad, vaqt, yuza, solishtirma qarshilik, potensal, quvvat.

Biror o'tkazgichning ikkita nuqtasi orasidagi potensiallar farqi o'zgarmas, bo'lsa ( $\varphi_1 - \varphi_2 = const$ ), o'tkazgich ichida noldan farqli maydon vujudga keladi. Bunday maydon o'tkazgichdagi erkin zaryadlarning bir tarafga yo'nalgan tartibli harakatini hosil qiladi. (1– rasm).



1-- rasm

Bunda, musbat zaryadlar o'tkazgichning potensiali katta nuqtasidan, potensiali kichik bo'lgan nuqtasi tomonga, manfiy zaryadlar esa, teskari (aksincha) tomon harakatlanadilar.

Zaryadlangan zarrachalarning tartibli harakati vujudga kelishi **elektr toki** deb ataladi.

**Tok kuchi bu-** vaqt birligi ichida, o'tkazgichning ko'ndalang kesimi yuzasidan o'tuvchi elektr zaryadiga miqdor jihatidan teng bo'luvchi fizikaviy kattalikka aytildi.

Tok kuchi son jihatidan, o'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzasidan, vaqt birligida o'tgan elektr miqdoriga teng:

$$I = \frac{dq}{dt}$$

Biror yuzadan o'tayotgan I tok kuchi vaqt o'tishi bilan o'zgarmasa bunday tokni o'zgarmas tok deyiladi. SGS sistemada tok kuchi birligi uchun ma'lum yuzadan 1 sekundda bir SGS birlik elektr miqdori o'tgandagi tok kuchi olinadi.

Bu birlik kichik bo'lgani sababli praktik sistemada tok kuchi birligi uchun biror yuzadan bir sekundda bir kulon elektr miqdori o'tgandagi tok kuchi olinadi; tok kuchining bu birligi amper deyiladi.

Tok kuchining amper va elektrostatik birligi orasidagi bog'lanish quyidagi shartdan aniqlanadi:

$$1\text{Amper} = \frac{1\text{kulon}}{1\text{sekund}} \approx 3 \cdot 10^9 \quad \text{SGS tok kuchi birligi}$$

O'tkazgichlarda turli potensialli sohalar bo'lgan hollardagina tok vujudga keladi. Bu holda vujudga kelgan tokning oqishi o'tkazgich qismlaridagi potensiallar tenglashguncha davom etadi. Agar o'tkazgich biror qismi uchlaridagi potensiallar ayirmasini doimiy saqlab turilsa, bu qismdan o'zgarmas tok o'tadi.

Tajribaning ko'rsatishicha, bir jinsli o'tkazgichning bir qismi bo'ylab oquvchi I tok kuchi Om qonunini qanoatlantiradi:

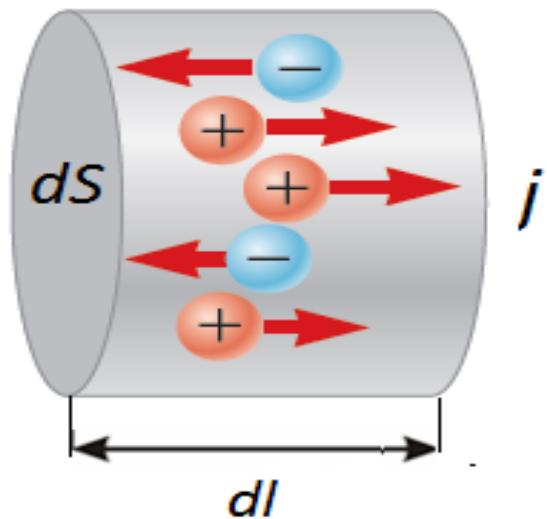
$$I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R} \quad (2)$$

Bunda  $\varphi_1 - \varphi_2$  o'tkazgichning bir qismi uchlaridagi potensiallar ayirmasi, R o'tkazgichning shu qismini xarakterlovchi kattalik, bu kattalik o'tkazgichning qarshiligi deb ataladi. Shunday qilib, Om qonuni tok kuchi o'tkazgichning bir qismi uchlaridagi potensiallar ayirmasiga to'g'ri proporsional va o'tkazgichning shu qismi qarshiligiga teskari proporsional ekanligini ko'rsatadi.

Tok kuchi I skalyar kattalikdir: bu kattalik faqat berilgan yuzadan vaqt birligida o'tayotgan zaryad kattaligi bilangina aniqlanadi va zaryad tashuvchi zarralarning qaysi yo'nalishda va yuzaga qanday burchak hosil qilib harakatlanayotganiga bogliq bo'lmaydi. Elektr tokini bunday xarakterlash to'liq bo'lmaydi; ko'p hollarda zaryadli zarralarning harakat yo'nalishini bilish kerak

bo'ladi. Zaryadlarning harakat yo'nalishini hisobga olish uchun ***tok zichligi*** vektori tushunchasi kiritiladi.

Tok musbat zaryadli zarralarning harakatidan holi, manfiy zaryadli zarralarning harakatidan hosil bo'lishi mumkin. Tajribaning ko'rsatishicha, turli ishorali zarralarning qaramaqarshi yo'nalishda xarakat-lanishidan hosil bo'lgan toklar barcha yo'nalish ko'chishiga ekvivalent bo'ladi. Buning uchun qandaydir bir ishorali, masalan, musbat ishorali zarralarning harakatini ko'rib chiqishi bilan kifoyalanishimiz mumkin.



2- rasm. Bir jinsli silindrik o'tkazgich

Bunda manfiy zarralar harakatini musbat ishorali zarralarning harakatini ko'rib chiqish bilan shartli ravishda almashtirish mumkin.

Musbat zaryadli zarralarning bir jinsli oqimini, ya'ni barcha zarralar bir yo'nalishda birday tezlik bilan harakatlanayotgan oqimini ko'rib chiqaylik, bunda bu zarralar fazoda birday zichlikda taqsimlangan bo'lsin. Bu zaryadlar harakatlanayotgan o'tkazgich ichida zaryadlar harakati yo'nalishiga tik joylashgan  $\Delta S_0$  yuzani fikran ajratamiz. ***Tok zichligi*** vektori  $j$  deb yo'nalish jihatdan musbat zaryadlarning harakat yo'nalishi bilan bilan mos va son jihatdan

$$j = \frac{\Delta q}{\Delta t \cdot \Delta S_0}$$

kattalikka teng bo'lgan vektorni qabul qilamiz, bunda  $\Delta q$  kattalik  $\Delta S_0$  yuzadan t vaqtida o'tgan zaryad. Shunday qilib, tok zichligi vektori son jihatdan

zaryadlarning harakat yo'nalishiga normal joylashgan birlik yuzadan vaqt birligida o'tgan zaryadga tengdir. Tok zichligi vektori musbat zaryadlarning harakat tezligi bo'ylab yo'nalgandir

$$j = \frac{\Delta q}{\Delta t \cdot \Delta S \cdot \cos a}$$

$\Delta I$  tok oqayotgan silindrik o'tkazgich olaylik. Bu o'tkazgichda zaryadlar o'tkazgichning  $\Delta S$  normal kesimlariga tik harakatlanayotgan bo'lsin. O'tkazgichning bir-biridan  $\Delta l$  masofada turgan ikkita kesimini ko'raylik. Bu kesimlar potensiallarining ayirmasi  $\varphi_1 - \varphi_2 = \Delta\varphi$  bo'lsin. O'tkazgich shu qismining qarshiligi

$$R = \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{\Delta l}{\Delta S}$$

bunda  $\sigma$  - o'tkazgich materialining solishtirma o'tkazuvchanligi.

**Tashqi kuchlar. Elektr yurituvchi kuch va kuchlanish.** O'zgarmas elektr toki mavjud bo'lishi uchun zanjirda, noElektrik tabiatli kuchlar bajaradigan ish hisobiga, doimiy potentsiallar farqi hosil qilib turuvchi qurilma bo'lishi kerak. Bunday qurilma generator va yoki tok manbai deb ataladi. Tok manbai tomonidan zaryadlarga ta'sir etuvchi noElektrik tabiatli kuchlarni esa tashqi kuchlar deyiladi. Tashqi kuchlarning tabiatli turlicha bo'lishi mumkin:

- O'zgarmas tok generatorida bu kuchlar magnit maydon va yakorning aylanish mexanik energiyalari hisobiga hosil bo'ladi;
- Akkumulyator va galvanik elementda ximiyaviy reaksiyalar tufayli paydo bo'ladi;
- Yarimo'tkazgichli fotoelementda elektromagnit energiya (yorug'lik) hisobiga vujudga keladi.

Tashqi kuchlar tomonidan musbat birlik zaryadni ko'chirishda bajariladigan ishni aniqlovchi fizik kattalik zanjirda ta'sir qiluvchi **elektr yurituvchi kuch** (E.Yu.K.) deb yuritiladi.

$$\varepsilon = A / Q_o$$

Zanjirning biror chegaralangan qismida birlik musbat zaryadni ko'chirishda natijaviy maydon kuchlari tomonidan bajaradigan ishni aniqlovchi skalyar fizik kattalikni zanjirning shu qismidagi kuchlanishi deyiladi.

$$U_{12} = \varphi_1 - \varphi_2 + \varepsilon_{12}$$

Agar zanjirning qaralayotgan qismida EYuK bo'lmasa:

$$U_{12} = \varphi_1 - \varphi_2$$

*unda kuchlanish zanjirning shu qismidagi potenttsiallar farqiga teng bo'ladi.*

**Om qonuni va uning integral hamda differenttsial ko'rinishlardagi ifodasi. O'tkazgichlar qarshiligi.** Zanjirning bir jinsli (ya'ni E.Yu.K mavjud bo'lмаган) qismidan o'tuvchi tok shu qismidagi U kuchlanishga to'g'ri, uning R qarshiligiga esa teskari proportional bo'ladi:

$$I = U / R$$

Bu tenglama zanjirning bir qismi uchun Om qonunining integral ko'rinishini ifodalaydi. Qarshilikka teskari bo'lган kattalikni o'tkazgichning elektr o'tkazuvchanligi deb ataladi.

O'tkazgichning ko'rilibayotgan qismiga Om qonunini tadbiq qilib quyidagini topamiz:

$$\Delta I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R} = -\sigma \frac{\Delta \varphi}{\Delta l} \cdot \Delta S$$

bundan

$$\frac{\Delta I}{\Delta S} = -\frac{\Delta \varphi}{\Delta l} \cdot \sigma$$

lekin  $\Delta I / \Delta S$  kattalik tok zichligi j ga, uzunlik birligidagi potensial tushishini ifodalovchi  $\Delta\varphi / \Delta l$  kattalik esa o'tkazgich ichidagi E maydon kuchlanganligiga tengdir.

Endi tenglik quyidagi ko'rinishni oladi:

$$j = \sigma \cdot E$$

j- tok zichligi vektorining E maydon kuchlanganligi vektori kabi yo'nalganini aytib o'tgan edik, shuning uchun keyingi tenglikni vektor ko'rinishda yozish mumkin

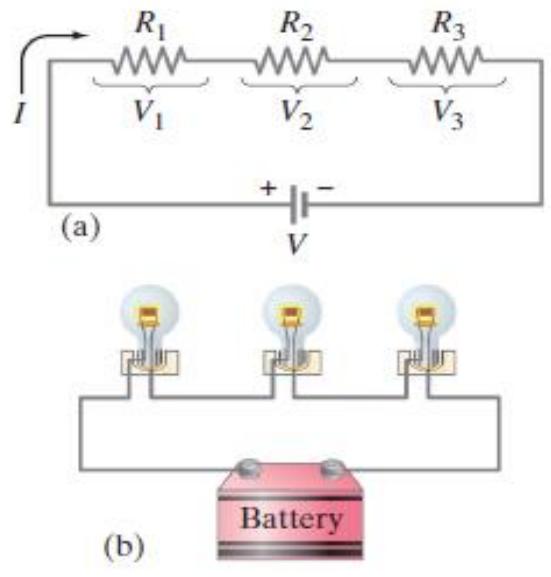
$$\bar{j} = \sigma \cdot \bar{E}$$

Bu munosabat tok zichligi uchun Om qonunining differensial ko'rinishini ifodalaydi. U j tok zichligining elektr maydon kuchlanganligi E ga proporsional va kuchlanganlik yo'nalgan tomonga yo'nalgan ekanligini ko'rsatadi.

**Qarshilik.** O'tkazgich qismining qarshiligi o'tkazgich materialiga, uning o'lchamlari va shakliga bog'liqdir. S ko'ndalang kesimi doimiy bo'lgan l uzunlikdagi o'tkazgich qismining qarshiligi quidagiga teng bo'ladi:

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (8)$$

bunda  $\rho$  o'tkazgich materialigagina bog'liq bo'lgan fizik kattalik; bu kattalik materialning solishtirma qarshiligi deyiladi.



3-rasm

$$p = R \frac{S}{l}$$

SGS sistemada qarshilik birligi uchun shunday qarshilik olinadiki, bunda o'tkazgich uchlaridan potensiallar ayirmasi bir SGS birlikka teng bo'lganda undan bir SGS birlik tok kuchi oqadi. Qarshilikning amaliy birligi qilib uchlaridagi potensiallar ayirmasi bir volt bo'lganda bir amper tok o'tadigan *o'tkazgichning qarshiligi* qabul qilingan. Bu birlik Om deyiladi.

Qarshilik ulchov birligi Om bilan SGS orasidagi bog'liqligini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$1Om = \frac{1\text{ Volt}}{1\text{ Amper}} \approx \frac{1}{9 \cdot 10^{11}}$$

Ba'zida, solishtirma qarshilik  $\rho$  dan boshqa, solishtirma o'tkazuvchanlik yoki elektr o'tkazuvchanlik deb nomlanuvchi

$$\sigma = 1/\rho$$

teskari kattalikdan foydalaniladi.  $\rho$  solishtirma qarshilik o'tkazgich temperaturasiga bog'liq bo'ladi. Odatdagি temperaturalarda deyarli barcha metallarning solishtirma qarshiligi temperatura o'zgarishi bilan chiziqli o'zgaradi:

$$\rho = \rho_0(1 + at) \quad a - \text{doimiy koeffitsient.}$$

**Kirxgof qoidalari. Joul-Lens qonuni.** Tajribalarning ko'rsatishicha, o'tkazgichdan elektr tok o'tganda unda issiqlik ajralib chiqadi. Issiqlikning ajralishi zaryadlarning ko'chishi bilan va demak, elektr kuchlarning zaryadlarni ko'chirish uchun sarflangan ishi bilan bog'liqdir.

O'tkazgich kesimidan t vaqt ichida  $Q$  zaryad oqib o'tgan bo'lzin:

$$Q=It$$

Bu zaryad o'tkazgich bo'ylab ko'chib, t vaqt ichida biror  $\varphi_1 - \varphi_2$  potensiallar ayirmasini o'tadi: bunda elektr kuchlar quyidagiga teng ish bajaradi:

$$A = I \cdot t \cdot (\varphi_1 - \varphi_2)$$

Maydon kuchlarining ishi o'tkazgichdan tokni oshirmaydi va demak, o'tkazgichni isitishga sarflanadi. Om qonunidan foydalanib, ish ifodasini

$$A = I^2 \cdot R \cdot t$$

ko'rinishda yozamiz, bunda,  $R$  – o'tkazgichning potensiallar ayirmasi  $\varphi_1 - \varphi_2$  bo'lган qismi qarshiligi. O'tkazgichda ajralib chiqadigan issiqlikning son qiymatini hisoblaymiz. I tok kuchi amperlarda, vaqt sekundlarda, potensiallar ayirmasi voltlarda ifodalangan deb faraz qilamiz; bu holda

$$A = I \cdot t(\varphi_1 - \varphi_2)$$

formula ishni joullarda ifodalaydi.

Joul-Lens qonuniga ko'ra, tok o'tayotgan o'tkazgich qismida ajralib chiqadigan  $Q$  issiqlik miqdori tokning o'tish vaqtiga t ga, shu qismni  $R$  ga va tok kuchi kvadrati  $I^2$  ga proporsionaldir. Bu formulalardagi 0,24 son koeffitsienti o'rniga bir qo'yiladi va Joul-Lens qonuning ifodasi quyidagi holga keladi:

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t$$

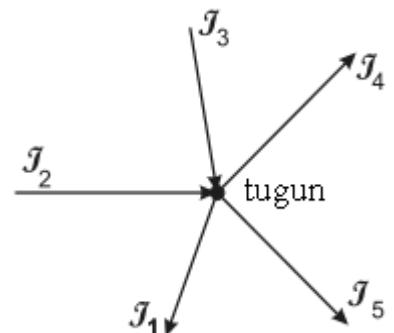
j tok zichligi va ω issiqlik quvvati zichligi haqidagi tasavvurlardan foydalanib, Joul-Lens qonunini boshqa ko'rinishga keltiramiz. ω issiqlik quvvati zichligi deb vaqt birligida o'tkazgichning hajm birligidan ajralib chiqadigan issiqlik bilan o'lchanuvchi kattalik nazarda tutiladi.

Tarmoqlangan zanjir uchun **Kirxgof birinchi qonuni:** Zanjir tugunida tok kuchlarining algebraik yig'indisi nolga teng (4--rasm).

$$\sum_{i=1}^n I_i = 0$$

Tugunga kiruvchi toklarni musbat, tugundan chiquvchi toklarni esa manfiy ishora bilan qabul qilingan . Ya'ni:

$$I_1 + I_3 - I_2 - I_4 - I_5 = 0$$



**4-rasm.**

**Ikkinchi qonun:** Tarmoqlangan berk zanjirda, tok manbalri elektr yurituvchi kuchlari algebraik yig'indisi, tok kuchining konturning tegishli

Qismlaridagi qarshiliklariga ko'paytmalarining algebraik yig'indisiga teng (6-rasm):

$$\sum_{i=1}^n \varepsilon_i = \sum_{i=1}^n I_i \cdot R_i$$

Kirxgof qonunlarini tarmoqlangan zanjirlar tenglamalarni yozish mumkin.

1- qonunga ko'ra: B - tugun uchun  $I_1 - I_2 - I_5 = 0$

2- qonunga ko'ra:

ABDA kontur uchun,

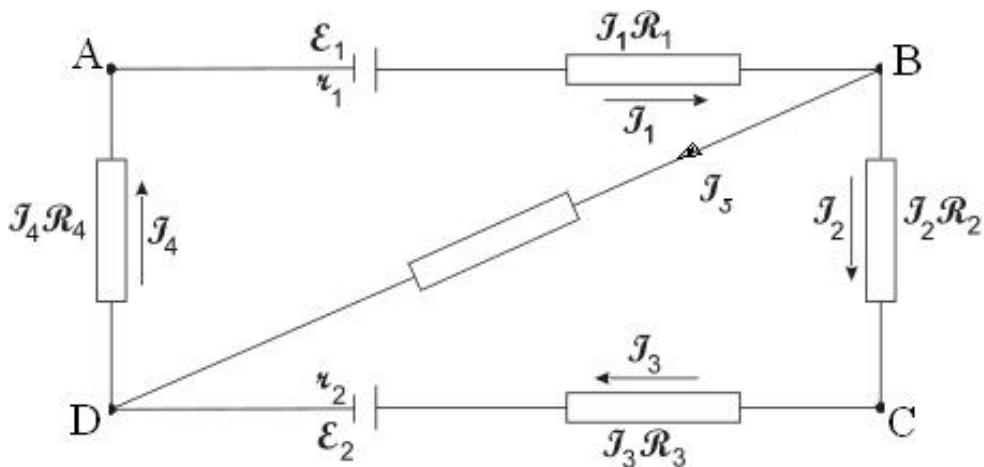
$$\varepsilon_1 = I_1 R_1 - I_1 R_1 - I_5 R_5 - I_4 R_4$$

BCDB kontur uchun,

$$-\varepsilon_2 = I_2 R_2 + I_3 R_3 + I_5 R_5$$

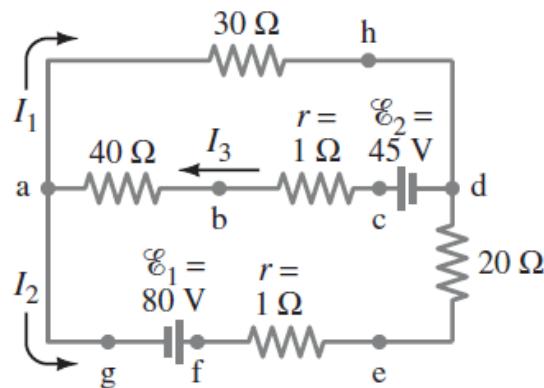
ABCD kontur uchun,

$$\varepsilon_1 - \varepsilon_2 = I_1 r_1 + I_1 R_1 + I_2 R_2 - I_3 r_2 - I_4 R_4$$



6 -- rasm

Konturdagi belgilangan ixtiyoriy aylanishlar yo'nalishiga mos keladigan toklarni musbat, yo'naliishi esa aylanishlar yo'naliishiga teskari bo'lган toklarni manfiy deb olsak. Aylanishlar yo'naliishiga mos, potensialni oshiruvchi elektr yurituvchi kuchni musbat deb qabul qilamiz, ya'ni, generator ichida minusdan plusga.



7- rasm

**Elektrolitlarda elektr toki. Elektroliz qonunlari.** Suvda qator kislotalar, ishqorlar va tuzlarning ionlarga ajralishiga *elektrolitik dissotsiatsiya* hodisasi

deyiladi. Bu hodisa natijasida eritmalar elektr tokini o'tkazuvchi eritmaga aylanib qoladi va bunday eritmalarga **elektrolitlar** deyiladi.

Elektrolitlardan elektr toki o'tganda musbat ionlar katodga, manfiy ionlar anodga to'plana boshlaydi. Shu sababli musbat ionlar kationlar, manfiy ionlar anionlar deb ataladi. Agar kation va anionlar konsentratsiyalari katta bo'lsa, bular o'zaro rekombinatsiyalashadi. Bu hodisa molekulalarni tiklanishidan iborat bo'lib, molizatsiya hodisasi deyiladi.

Kation va anionlar elektrodlarga to'planganda elektroliz hodisasi yuz beradi, ya'ni elektrodlarda modda to'plana boshlaydi. Bu hodisa maktab programmasidan ma'lum bo'lgan **Faradey qonunlari** bilan tushuntiriladi.

**Faradeyning I qonuni:** Elektroliz vaqtida elektrodlarda ajralib chiqqan modda miqdori elektrolit orqali o'tgan zaryad miqdoriga to'gri proporsional, ya'ni

$$m = k \cdot q$$

bu yerda  $k$ -moddaning elektrokimyoviy ekvivalenti deyiladi.

Agar  $q=It$  ekanligini hisobga olsak

$$m = k \cdot I \cdot t \quad \text{bo'ladi.}$$

**Faradeyning II qonuni:** Moddalarning elektrokimyoviy ekvivalenti uning kimyoviy ekvivalentiga proporsionalidir, ya'ni:

$$k \sim A/n \quad \text{va} \quad k = (1/F) \cdot (A/n)$$

Bu erda  $A$ -moddaning atom massasi,  $n$ -valentligi va  $F$ -Faradey soni bo'lib,  $F=96,5 \text{ kKl/mol}$  ga teng.

Elektrolitlarda sodir bo'ladigan elektrokimyoviy jarayonlar elektrokimyoviy sanoati taraqqiyotida muhim rol o'ynaydi. Albatta, elektrokimyo birinchi galvanik elementlar (o'tgan asrda) yasalishi bilan taraqqiy qila boshladi.

Lekin bizning davrimizda elektrokime taraqqiyoti, suv osti floti, raketa texnikasi, radiotexnika kabi sohalarni taraqqiy qilishida alohida ro'l o'ynamoqda.

Kosmik kemalardagi tok manbalari elektrokimyoviy jarayonlarga asoslangan. Elektrokimyo sanoati mis, kadmiy, xrom, kobalt, vodorod, ftor va x.k.lar kabi sof elementlarni olishda, mashina detallariga korroziyaga qarshi qatlamlar kiritishda keng ishlatilmoqda.

### **Nazorat uchun savollar:**

1. Qanday tok o'zgarmas tok deyiladi?
2. O'tkazgich qarshiligi nimalarga bog'liq?
3. O'tkazuvchanlik qanday ifodalanadi?
4. Tok zichligi deb nimaga aytildi?
5. Joul-Lens qonuni qanday ifodalanadi?
6. Kirxgofning I qoidasi qanday ifodalanadi?
7. Kirxgofning II qoidasi qanday ifodalanadi?
8. Faradeyning I qonuni qanday ifodalanadi?
9. Faradeyning II qonuni qanday ifodalanadi?

## **VI-BOB. ELEKTOMAGNETIZM**

### **12-§. Elektromagnetizm**

### **Reja:**

1. Magnit maydon. Magnit maydonini xarakterlovchi kattaliklar.
2. Magnit maydon induksiyasi.
3. Magnit oqimi.
4. Amper qonuni. Lorens kuchi.
5. Bio-Savar-Laplas qonuni.
6. Jismlarning dia, para va ferromagnetizm xossalari.

**Kalit so'zlar:** *Magnit, kontur, induksiya, oqim, kuchlanganlik, dia, para, ferro.*

**Magnit maydonini ifodolovchi kattaliklar.** **Tabiatda**, chaqmoq razryadi orqali temir kabi materiallarning magnitlanib qolishi, kompas magnitsizlanib qolish kabi hodisalarini XVIII asrdayoq fransuz fizigi Arago o'z asarlarida ifoda etgan edi. Bu esa, magnitlanish hodisalari bilan elektrlanish hodisalari o'zaro bog'liqlik borligidan dalolat edi. Bu kabi farazning to'g'rilingini esa, 1820 yilda daniyalik fizik Ersted o'z tajribalarida to'g'ri toklarning magnit strelkasiga bo'lgan ta'siri yordamida tasdiqladi (1-rasm).



1-rasm

Ya'ni: muvozanatda turgan zaryad magnit strelkasiga ta'sir ko'rsatmaydi, faqatgina harakatdagi elektr zaryadlargina magnit ta'siriga ega bo'ladi. Demak, harakatdagi elektr zaryadi atrofida yana bir maydon turi bu- **magnit maydoni mayjud bo'lishi** aniqlandi.

**Elektromagnetizm bo'limi** - bu elektr toki hosil qiluvchi magnit hodisalarini, magnit maydon va elektr toki o'rtasida bog'liqliknini, moddalarning

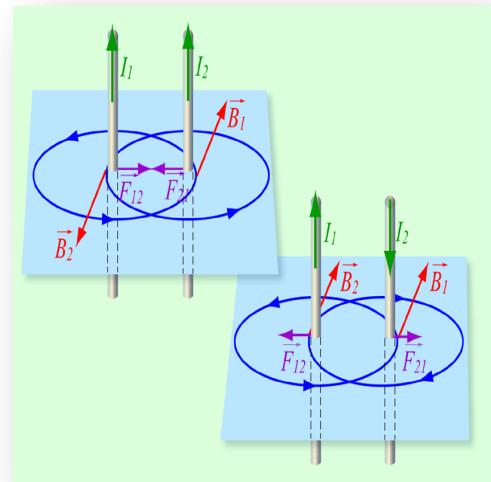
magnitlanishi, ularning turlari va uni amalda qo'llash uslublarini o'rgatuvchi bo'limdir.

Magnit hodisalari hamda jismlarning magnit xossalarni iafodolovchi haqidagi ta'limga bu -- ***magnetizm*** deyiladi.

***Magnetizm*** – elektr toklarining bir biriga ta'siri, toklarning va magnit momentiga ega bo'lgan jismlar o'rta sidagi mavjud o'zaro ta'sirlashish jarayonida hosil bo'ladigan hodisalardir. Elektromagnit hodisalarni va magnit maydoning kuch xarakteristikalarini bir qancha usullar bilan o'rganish mumkin.

**Magnit oqimi va magnit maydon kuchlanganligi.** Magnit maydonini, elektromagnit hodisalarni toklarning o'zaro ta'sirilari yordamida o'rganamiz. Ya'ni, Amper qonuni, Bio-Savar-Laplas va Amper formulasi deyarli bevosita o'zaro bog'liqdir.

O'zaro parallel bo'lgan toklarning ta'sirlashishini 1- chi bo'lib Amper o'z tajribasida aniqlagan. Ya'ni, agar ikkita parallel uzun to'gri o'tkazgichdan o'tayotgan toklar bir tomoniga yo'nalsa, (2--rasm) bu tokli o'tkazgichlar o'zaro tortiladi, agar, toklarning yo'nalishi teskari (qarama-qarshi) bo'lsa, u holda tokli o'tkazgichlar bir-biridan itariladi.



Bunday toklarning o'zaro ta'sirlashishiga sabab, toklarning har biri o'z atrofida fazoda magnit maydon hosil qilishidir. Bu maydon esa, ikkinchi tokli o'tkazgichga ta'sir ko'rsatadi (2 -- rasm).

Iinduksiyasi  $B_1$  bo'lgan magnit maydoni  $I_1$  tok hosil qiladi huddi shunday  $I_2$  tok esa, shu magnit maydonda joylashgan. Amper qonuniga muvofiq ikkinchi o'tkazgichga ta'sir ko'rsatuvchi kuch quyidagicha bo'ladi:

$$F_2 = B_1 I_2 l \sin \alpha$$

Bunda:  $B_1, I_2$  – tokning hosil qiluvchi magnit maydon induksiyasidir.

l- o‘tkazgich uzunligi,

$\alpha$  -  $B_1$  va  $I_2$  tokning yo‘nalishi o’rtasidagi burchak;

$I_1$  tokning magnit maydonining kuchlanganligi quyidagichadir:

$$H = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{I_1}{d}$$

Bunda:  $d$  – tokli o‘tkazgichlar o’rtasidagi masofa.

$$B_1 = \frac{\mu\mu_0}{2\pi} \frac{I_1}{d}$$

$B = \mu\mu_0 H$  - ifodadan foydalandik, u paytda quyidagi formula ega bo‘lamiz:

$$F_2 = \frac{\mu\mu_0}{2\pi} \frac{I_1 I_2 l}{d}$$

Nyuton uchinchi qonuni orqali  $F_2$  kuchga teng bo‘lgan kuch bilan  $I_2$  tok asosida vujudga keluvchi magnit maydoni  $I_1$  tokli o‘tkazgichga ta’sir ko’rsatadi.

$$F_1 = F_2$$

Demak, parallel toklarning o‘zaro ta’sir kuchi, o‘tkazgichlar orqali o‘tayotgan tokning kuchiga, o‘tkazgich uzunligiga to‘g‘ri va ular orasidagi masofaga esa, teskari proporsionaldir:

$$F = \frac{\mu\mu_0}{2\pi} \frac{I_1 I_2 l}{d}$$

Elektr o‘lchovchi priborlarini ishlab chiqishda elektr qurilma konstruksiyasini hisoblashlarda shu hodisadan keng foydalaniladi.

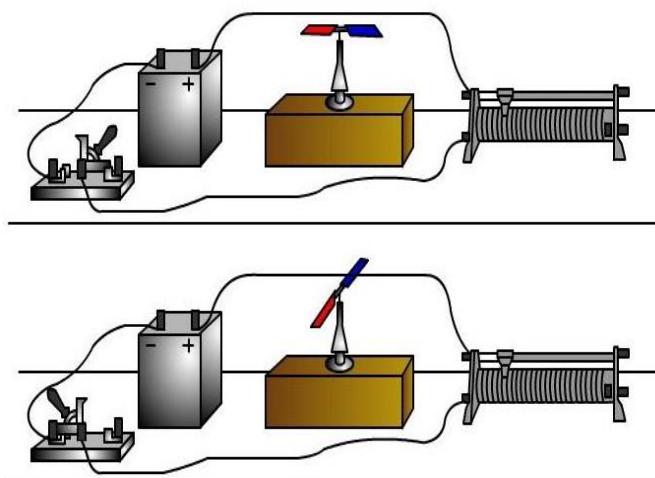
Demak, bir xil tomonga yo‘nalgan toklarning hosil qilgan magnit maydonlari bir birini kuchaytirsa aksincha, qarama-qarshi tomonga yo‘nalgan toklar hosil qilgan magnit maydonlari esa bir-birini susaytiradi.

Harakat qilayotgan zaryad magnit maydonining manbasi hisoblanadi. Bunday magnit maydon harakatlanayotgan barcha zaryadlarga, xuddi shu jumladan tokli o'tkazgichga ta'siri tufayli namoyon bo'ladi. Harakatdagi zaryalardga ta'sir etuvchi kuch magnit kuchi deb atalaladi.

Demak, harakat qiluvchi zaryadlar, shu jumladan tokli o'tkazgichlar har qanday magnit madoynining manbai hisoblanadi.

### **Elektr tokining magnit maydoni, Amper qonuni va Lorens kuchi.**

Magnit maydoni bu – elektromagnit maydoni vujudga kelishini ifodalanishining bir ko'rinishi bo'lib, shunisi bilan farq qiladiki, u harakatlanayotgan zaryadlangan zarracha, jismlarga va tokli o'tkazgichlarga hamda magnit momentiga ega bo'lgan zarracha va jismlargagina kuch bilan ta'sir etadi.



3-rasm

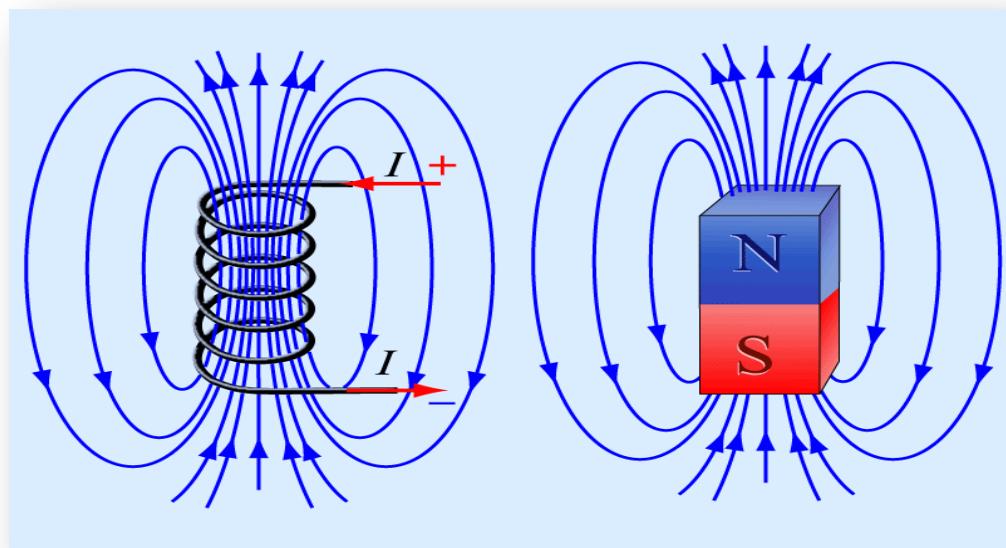
Daniyalik olim Ersted 1819 yilda tokli o'tkazgichning magnit sterlkasiga ta'sir ko'rsatish hodisasini, 1820 yilda, esa Amper tokli o'tkazgichlarning o'zaro ta'sirlashish hodisasini o'rgandilar. Yana bir muhim hodisalardan birini, Faradey 1831 yilda mashhur *elektromagnit induksiya hodisasini* aniqladi (3-rasm).

Induktivlangan magnit oqimining teskari ta'sir etish qonunini 1834 yilda Lens aniqladi. Fizika fanining bu kabi taraqqiyoti elektr va magnit maydonlari (hodisalari) bir biriga chambarchas bo'liq bo'gliqligini isbotladi.

Elektr tok bo'lmasa, magnit hodisasi va huddi shunday magnit hodisasi bo'lmasa, elektr toki mavjud emas. Elektr toki magnit maydoni orqali hosil bo'lgani kabi, huddi shunday, magnit hodisalari ham huddi shuningdek, elektr hodisalari bilan bevosa bo'gлиq holda hosil bo'ladi.

Demak, tokli o'tkazgich va uni o'rab turgan magnit maydoni bir-biridan ajralmas bir butunligi, bu- elektromagnit induksiya hodisasidir. Elektromagnit induksiya hodisasi orqali ishlab chiqilgan turli priborlar masalan, elektr dvigatellari, generatorlar, transformatorlar texnikada keng qullaniladi.

Magnit maydonini harakterlovchi kattalikdan biri- bu magnit maydon kuch chiziqlaridir (4 -- rasm). Magnit maydoni bu uyurmali maydondir. Ya'ni, magnit maydon kuch chiziqlari uzlusizdir chiziqlarning boshi ham, oxiri ham yo'qdir. Aksincha, elektr maydon kuch chiziqlari esa ochiq ya'ni, uzluklidir ular musbat zaryaddan boshlib, manfiy zaryadda tugaydi. Magnit maydon kuch chiziqlarining uzlusizligiga sabab olamda magnit zaryadlari mavjud emasligi va huddi shunday, magnit tokining sodir bo'laolmasligidan dalolatdir.



4 -- rasm

Magnit maydonini ifodolovchi quyidagi kattaliklar qabul qilingan:

- 1) Magnit maydonning kuch harakteristikasi bu- magnit maydon induksiyasi  $B$ .
- 2) Magnit maydonining kuchlanganligi bu-  $H_{dir}$ .

Magnit maydon kuch harakteristikasi: Magnit maydon induksiyasi  $\mathbf{B}$  vektor kattalikdir. Ya’ni, tokli konturga ta’sir etuvchi maksimal momentning konturning magnit momentiga bo’lgan nisbatiga tengdir.

$$\overline{B} = \frac{\overline{M}_{\max}}{P_m}$$

bunda:  $M_{\max}$  - tokli konturga ta’sir etayotgan maksimal kuch momenti hisoblanadi;

$P_m$  - esa konturning magnit momenti hisoblanadi.

Magnit maydon induksiyasi vektor kattalik bo’lib, Uning yo‘nalishi magnit maydon kuch chiziqlariga o’tkazilgan urinma orqali o’tkaziladi va magnit maydon kuch chizig‘i bilan ustma- ust tushadi. Magnit maydon induksiyasi o’lchov birligi

$$[B] = 1 \frac{H}{A \cdot m} = 1 T \text{L} \quad \text{qabul qilingan.}$$

**Bio-Savar-Laplas qonuni.** Magnit maydonini xarakterlovchi kattaliklardan yana biri, magnit maydon kuchlanganligi tokli o’tkazgichlar atrofida hosil bo‘luvchi maydonning ixtiyoriy biror nuqtasidagi magnit maydon induksiya vektoridek kattalikni ifodalab beradi va  $H$  bilan belgilanadi:

$$H = \frac{B_0}{\mu_0} \quad \text{bundan,} \quad B_0 = \mu_0 H$$

Magnit maydon kuchlanganligi,  $\vec{H}$  ham, magnit maydon induksiyasi  $\vec{B}$  dek, magnit maydon chizig‘lariga tomon yo‘nalgan va uning har bir nuqtasida urinma qilib o’tkaziladi.

Bu ikkala kattaliklar,  $\vec{B}$  va  $\vec{H}$  bir biri bilan o‘zaro quyidagi munosabat bilan bog‘langan, ya’ni:

$$\vec{B} = \mu \mu_0 \vec{H},$$

Bunda  $\mu$  - muhitning magnit singdiruvchanligi;

$\mu_0$  – magnit doimiysi,  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  Gn/m,

vakuum uchun  $\mu = 1$ ga tengligini hisobga olsak, u xolda

$$H = \frac{B_0}{\mu_0} = \frac{BcA\mathcal{M}}{\mathcal{M}^2 Bc} = \frac{A}{\mathcal{M}}; \quad [H] = 1 \text{ A/M}$$

Magnit maydon kuchlanganligi o'lchov birligi Ersted sharafiga  $E$  - qabul qilingan.

$$1\Theta = 80 \frac{A}{\mathcal{M}}$$

Biror ixtiyoriy tokli o'tkazgichdan otayotgan tok orqali hosil bo'lgan magnit maydon  $H$  kuchlanganligini hisoblash uchun Bio-Savar-Laplas qonunidan foydalaniladi.

Bio-Savar-Laplas qonuni quyidagicha ta'riflanadi: Tokli o'tkazgich atrofida hosil bo'luvchi magnit maydonining har bir nuqtasidagi magnit maydon kuchlanganligi tok kuchiga, o'tkazgichning shakliga, tokli o'tkazgich bilan nuqta o'rtasidagi uzunlik (masofa) va o'tkazgich joylashgan muhitga bog'liq boladi:

$$dH = \frac{1}{4\pi} \frac{I \cdot \sin \alpha}{r^2} dl$$

Bu tenglama **Bio-Savar-Laplas qonuni** deb nomlanadi.

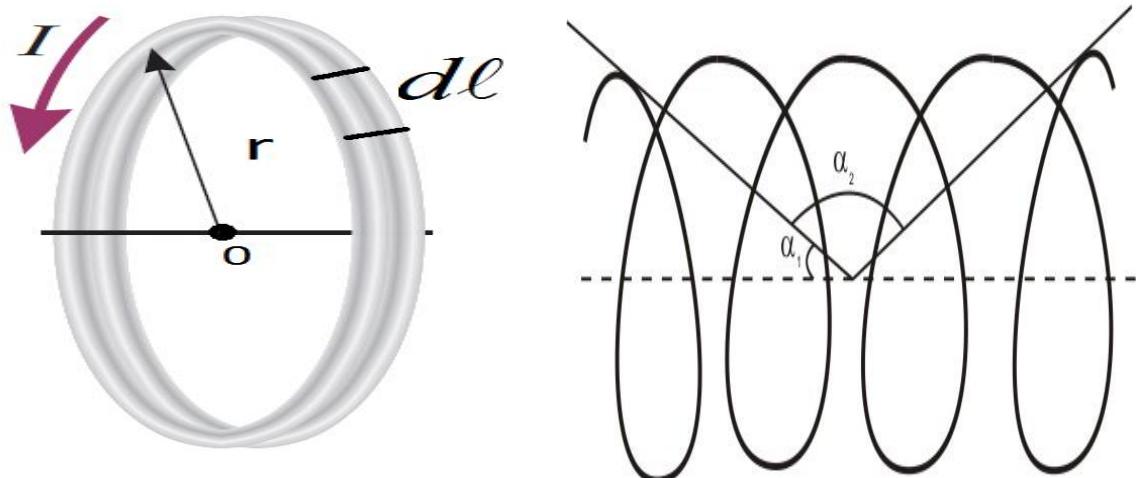
Bunda  $Idl$  – tokli o'tkazgichning juda kichik bo'lgan elementi  $dl$  orqali o'tuvchi elektr toki;

$r$  – magnit maydonining ixtiyoriy A nuqtadan tok elementigacha bo'lgan masofa;  
 $dH$  – A nuqtada hosil qilgan elementar magnit maydon kuchlanganligi.

**1.** Doiraviy shakldagi tokli (aylanma tokning) o'tkazgichning markazida xosil bo'lgan magnit maydon  $H$  kuchlanganligini ifodalaydi. Ya'ni:

$$H = \frac{1}{4\pi r^2} \int dl = \frac{1}{4\pi r^2} l, \text{ dan } l = 2\pi r \text{ ligi uchun}$$

$$H = \frac{I}{2r}$$



5-rasm

2. Cheksiz to‘g‘ri o‘tkazgichidan o‘tayotgan tokning hosil qiluvchi magnit maydon kuchlanganligi quyidagicha ifodalanadi:

$$H = \frac{I}{2\pi r}$$

bu yerda  $r$  – aniqlanayotgan nuqtadan o‘tkazgichgacha bo‘lgan masofa.

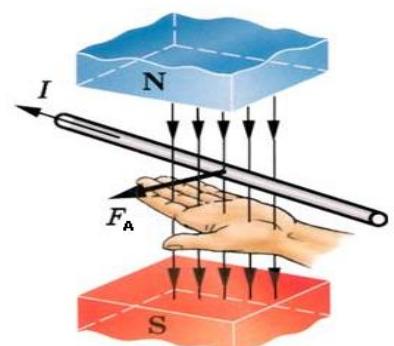
3. Uzun shakldagi, solenoid ichidagi magnit maydonining kuchlanganligi quyidagiga teng bo’ladi:

$$H = \frac{In}{l}$$

Bunda:  $In$  – ko‘paytma amper-o‘ramlar soni;  $l$  – solenoidning uzunligi;  $n$  – solenoidning o‘ramlar soni.

Agar tok o’tayotgan o‘tkazgichni biror tashqi bo’lgan magnit maydoniga joylashtirsak (5-rasm), u holda tokli o‘tkazgichga maydon tomonidan kuch ta’sir etadi.

Bir jinsli bo’lgan magnit maydonidagi tokli o‘tkazgichga ta’sir etuvchi kuch o‘tkazgichdan o‘tayotgan tok kuchiga, o‘tkazgich uzunligiga hamda magnit maydonining induksiyasi bilan



(5 – rasm)

magnit maydon kuch chiziqlari orasidagi burchak sinusiga bo'lgan ko'paytmasiga teng bo'ladi:

$$F = IlB \cdot \sin \alpha$$

Agar o'tkazgich ixtiyoriy shaklda va magnit maydon bir jinsli bo'lmasa, u paytda (14) ifoda quyidagicha bo'ladi:

$$dF = IdlB \cdot \sin \alpha$$

va **Amper qonuni** deb yuritiladi.

Magnit maydoni tomonidan, tokni hosil qiluvchi harakatlanayotgan zaryadlangan zarralarga ta'sir ko'rsatiladi. Shu sababli, Amper qonuni orq'ali, magnit maydonida harakatlanayotgan zaryadlangan zaryadga ta'sir ko'rsatuvchi kuch qiymatini aniqlash mumkin.

Amper qonuni bo'yicha tok kuchi quyidagicha iafodalanadi:

$$I = jS = qnvS$$

Bunda  $j$  – tok zichligi hisoblanadi;  $S$  – o'tkazgich ko'ndalang kesim yuzasi;  $q$  – zaryadlangan zarracha zaryadi;  $n$  – zaryadlangan zarracha miqdori;  $v$  – zaryadlangan zarrachalarning tartibli harakati tezligidir.

Bundan foydalanib, quyidagini hosil qilish mumkin:

$$F = qnvSIB \cdot \sin \alpha = qvBN \cdot \sin \alpha$$

bunda  $N = nSl = nV$  - o'r ganilayotgan o'tkazgichdagi zaryadlangan zarrachalar umumiy soni. Demak, harakatlanuvchi har bir zaryadlangan zarrachaga magnit maydoni tomonidan berilayotgan ta'sir kuchi – **Lorens kuchi** quyidagicha ifodalanadi:

$$F_{\alpha} = \frac{F}{N} = qvB \sin \alpha$$

Bunda  $\alpha$  - B bilan v vektorlar o'rtaqidagi burchak.

Lorens kuchi doimo magnit maydon induksiyasi bilan zaryadlangan zarrachaning harakat tezligiga nisbatan perpendikulyar yo'nalgan bo'ladi hamda, markazga intilma kuchga teng bo'ladi:

$$\text{Demak, } \frac{mv^2}{R} = qvB$$

bunda  $m$  - zaryadlangan zarracha massasi;  
bo'rchak,  $\alpha=90^0$ .

Yuqoridagi iafodadan ko'rindiki, magnit maydondagi zaryadlangan zarracha harakat trayektoriyasi aylana korinishda bo'ladi va uning radiusini ifodasi:

$$R = \frac{m}{q} \frac{v}{B}$$

Agar, zaryadlangan zarrachaning aylanish radiusi aniq bo'lsa, uning aylanish davrini hisoblash qo'yidagicha bo'ladi:

$$T = \frac{2\pi R}{v} = 2\pi \frac{m}{qv}$$

Odatda, harakatdagi zaryadlangan zarrachaga magnit maydonidan boshqa ham, ya'ni elektr maydoni ham ta'sir ko'rsatadi. Bu xolda, zarrachaga ta'sir ko'rsatuvchi umumi kuch quyidagicha bo'ladi:

$$F = qE + q[v, B]$$

Formula **Lorens qonuni** deb ataladi.

Lorens va Amper kuchlari kundalik hayotda keng foydalilanadi. Ya'ni, elektr dvigatelining ishlasi, Amper kuchiga asosida ishlab choqilgan. Bundan tashqari, massa-spektrograf va siklotronning ishlashi Lorens kuchiga asoslangan.

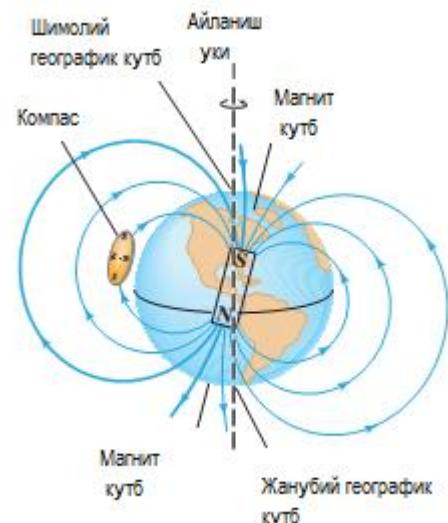
Yer atrofida fazoviy jism sifatida mavjud bo‘lgan maydon ***Yerning magnit maydoni*** deyiladi.

***Yer magnetizmi bu***, yerning xossalardan biri hisoblanib, Yer shari atrofida magnit maydoni mavjudligi bilan bog‘liqdir. Yer magnetizm elementlari bu kompas, magnit teodolit, turli mangitometrlar, magnit tarozi, magnit variometr kabi asboblar orqali o‘lchanadi. Yer orqali topilayotgan ayrim temir rudalari, yoki magnit temirtosh magnitlangan bo‘lisi ham mumkin.

Bularning magnitlanishiga esa, Yerning magnit maydoni sabab bo‘ladi. Tabiiy mangitlar bu magnitlangan rudalar deb nomlanadi. Tabiiy doimiy magnitlarning xossalari – bu elektr toki aniqlanishidan oldin o‘rganilgan edi.

Ma’lum vaqtidan keyin, esa moddalarda magnit xossasi namoyon bo‘lishi moddalarda zarayadlangan zarrachalarning harakatlanishi bilan bog‘liq ekanligi isbotlangan.

Yerning magnit maydoni ham har doim bir xil bo‘lmaydi. Yerning magnit maydoni quyoshda hosil bo‘ladigan ayrim hodisalar kuchli ta’sir ko’rsatadi. Quyoshdagи mavjud dog‘lar maksimal bo‘lgan vaqtarda Yerning magnit maydoni keskin o‘zgaradi, bu kabi hodisalar magnit bo‘ronlari deb nomlanadi. Magnit bo‘roni - kompas strelkasining to‘lqinlanishiga sabab bo‘ladi.



### Nazorat savollari:

1. Kompas strelkasi Yer satxi buylab xar doim xam balans xolda parallel emas, bir uchi pastga ogib turishi mumkin.
2. Nima uchun Yerning “shimoliy kutbi” aslida magnitning janubiy kutbiligini tushuntiring. Kanday kilib shimoliy va janubiy magnit kutblar aniklang va kanday kilib biz tajriba orkali shimoliy kutb aslida magnitning janubiy kutbiligini ayta olamiz.
3. Sizdan tugridan tugri kochib xarakatlanetgan tok tashuvchi tugri sim atrofini uragan magnit maydon chiziklari yunalishi kayerga karagan?
4. Takasimon magnit shimol kutbi chapga va janub kutbi unga karagan xolda vertikal turibti. Sim kutblar orasidan utmokda, teng masofada, sizdan tugridan tugri kochgan xolatda. Simdagi kuch kayekka yunalgan buladi?
5. Magnit alyumin yeki misdan kilingan metal jismni uziga tortadimi? Urinib kuring. Nima uchun shunday?
6. Iffi temir ustun uchlari kanday bir biriga yakin joylashganidan kat'iy nazar tortishyapti. Ikkalari xam magnitmi?
7. Uyingizdagagi simlardagi tok sabab magnit maydon kompasga ta'sir etishi mumkin. Ta'sirni toklar orkali tushuntiring, agar ular uzgaruvchan yeki uzgarmas tok bulsa.
8. Agar manfiy zaryadlangan zarracha doimimy magnit maydon kuchasiga kirsa va magnit maydon zarracha tezligiga perpendikulyar bulsa, zarrachaning kinetik energiyasi oshadimi, kamayadimi yeki uzgarmas buladimi?

### **13-§. Elektromagnit induksiya**

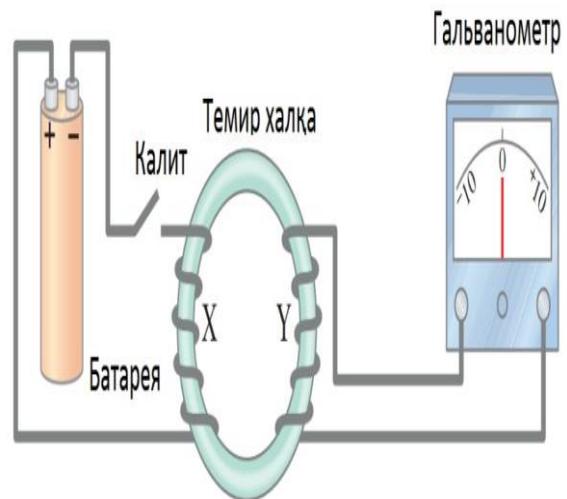
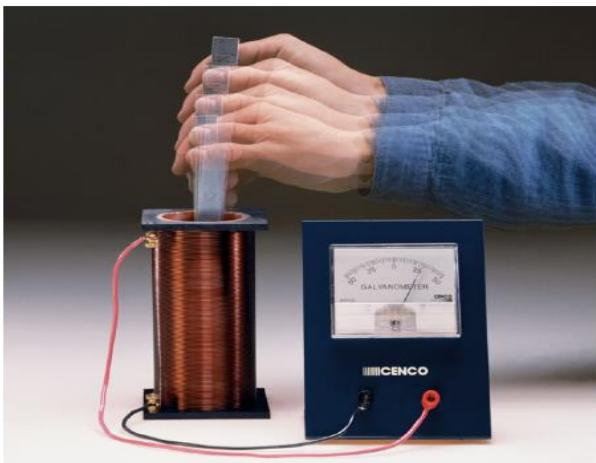
**Reja:**

1. Elektromagnit induksiya. Induksion tok.
2. Lens qonuni. Faradey qonuni.
3. O'zinduksiya. O'zaroinduksiya. Induktivlik.
4. Magnit maydon energiyasi.
5. Elektromagnit to'lqinlar.

**Kalit so'zlar:** Elektromagnit induksiya, induksion tok, Lens qonuni, Faradey qonuni, o'zinduk-siya, o'zaroinduksiya, induktivlik, impendans, elektromagnit to'lqinlar, tebranish davri, tebranish chastotasi, elektr yurutuvchi kuch, amplituda, faza

### **Elektromagnit induksiya. Induksion tok.**

Daniyalik olim Ersted elektr toki orqali magnit maydon hosil qilish mumkin ekanligini tajribada isbotladi. Ersted o'z tajribalari haqida xabardor bo'lgan ingliz fizigi M.Faradey bu bog'liqlikning 2- chi tarafini - magnit hodisalari hamda elektr hodisalari o'rtasida bogliqlikni aniqlashga kirishdi. Faradeyning bu izlanishlari 10 yilga chuzildi. U sabr va tirishqoqlik ila ko'pgina mehnat qildi va tinimsiz ishladi / Natijada, magnit maydoni yordamida elektr tokini hosil qilish mumkin ekanligini isbotladi. Faradey bu aniqlangan tokni induksion tok deb atadi. Faradeyninig o'tkazgan tajribasi quyidagicha edi:



1-rasm

Agar yopiq o'ramli g'altak ichiga doimiy magnit joylashtirilsa va harakatlantirilsa (1-rasm) berk konturda induksion tok hosil boiadi: agar, doimiy magnit  $N$  qutbini g'altakka yaqinlashganda galvanometr strelkasi bir tomonga, doimiy magnit g'altakdan uzoqlashtirisa teskari (qarama-qarshi) tomonga bo'rildi. Bu esa hosil bo'lgan induksion tokning yo'nalishi o'zgarganligini ifodalaydi. Magnit qancha kuchli, uning harakati qancha tez va g'altak o'ramlari qancha ko'p bois. induksion tokning qiymati shuncha katta boiadi. Doimiy magnit qo'shni ya'ni, ikkinchi  $S$  qutbi orqali ham yuqoridagi tajribani takrorlash mumkin bo'ladi.

Biror bir g'altakka bir-biridan izolatsiyalangan 2 ta sim o'ralgan bo'lsin. Birinchi o'ram kalit ( $K$ ) orqali tok manbai ( $B$ ) ga ulangan. Birinchi o'ramdan o'tayotgan tok kuchi o'zgarmaganda ikkinchi o'ramda hech qanday tok vujudga kelmagan. 2 chi g'altak uchlari esa ( $G$ ) galvanometrga ulangan bo'lsin. 1chi o'ramni tok manbasiga ulash hamda, uzish vaqtida 2 chi o'ramda qisq'a vaqtli induksion tok mavjud bo'lishi qayd qilingan

Bu hodisaga **elektromagnit induksiya** deb ataladi.

Keyinchalik Faradey elektromagnit induksiya hodisasini yuqoridagidek turli xil variantlarda amalga oshirdi. Faradey tajribalarim tahlil qilib quyidagi xulosaga keldi.

*Induksion tok berk konturdan o'tuvchi magnit induksiya oqimining o'zgarishi tufayli vujudga keladi.* Induksion tokning qiymati magnit oqimining o'zgarish tezligi  $d\phi/dt$  ga bog'liqdir. 1833-yilda Lens induksiya tokining yo'nalishini aniqiaydigan umumiy qoidani tajriba yoii bilan topdi. Bu qoida **Lens qoidasi deb ataladi:** Yopiq konturda hosil bo'lgan induksion tok shunday yo'nalishda bo'ladiki, uning xususiy magnit maydoni bu tokni vujudga keltirishaqagan magnit induksiya oqimining o'zgarishiga to'sqinlik qiladi.

Induksion tokning yo'nalishi Lens qoidasiga mos keiadi. Yani: 1 konturdagi tok ortganda (2-rasm) ikkinchi kontur orqali o'tayotgan induksiya magnit oqimi ortadi.

Bu vaqtda ikkinchi konturda hosil bo'lgan induksion tokning xususiy magnit maydoni birinchi konturning magnit maydoniga teskari (qarama-qarshi) yo'nalgan bo'ladi. Bundan induksion tokning yo'nalishi birinchi g'altakda oqayotgan asosiy tokka qarama-qarshi yo'na-lishda ekanligi kelib chiqadi. Induksion tokning yo'nalishini galvanometr strelkasini o'ng yoki chapga og'ishi orqaii aniqlash mumkin.

**Lens qonuni. Faradey qonuni.** Lens qoidasini shunday ta'riflash mumkin: Yopiq konturda hosil bo'lgan induksion tok shunday yo'nalganki, induksiyalovchi magnit oqim ko'payayotganda induksion tokning xususiy magnit oqimi uni kamaytirishga va aksincha, kamayayotganda uni ko'paytirishga intiladi.

EYuK  $\varepsilon$  bo'lgan tok manbaidan tashqari, kontur bilan chegaralangan yuza orqali o'tuvchi magnit induksiya oqimining o'zgarishi orqali paydo bo'lgan EyuK **induksiya elektr yurituvchi kuchi:**

$$\mathcal{E} = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -Blv \sin \alpha$$

Shunday qilib, Faradey xulosasiga muvofiq induksiya elektr yurituvchi kuchi magnit induksiya oqimining o'zgarish tezligiga proporsional bo'lib chiqdi. Bu ifodani *Faradey -Maksvell qonuni* deb ataladi. *Faradey -Maksvell qonuni kontur yuzi orqaii o'tuvchi magnit oqimining har qanday o'zgarishi uchun o'rinnlidir.*

Induksiya elektr yurituvchi kuchining SI dagi birligi: Kontur yuzi orqaii o'tuvchi magnit oqim  **$1 \text{ Vb/s}$**  tezlik bilan o'zgarsa, konturda vujudga kelayotgan induksiya elektr yurituvchi kuchi  $1 \text{ V}$  ga teng bo'ladi.

**O'zinduksiya. O'zaroinduksiya. Induktivlik.** Elektr toki oqayotgan har qanday o'tkazgich o'zining «xususiy» magnit maydonida joylashadi. Shu sababli, konturdan o'tayotgan tok kuchi o'zgarishi tufayli, aynan shu konturda elektromagnit induksiyasi ro'y beradi. Bu hodisani ***o'zinduksiya hodisasi*** deyiladi.

Konturdan oqayotgan tok natijasida hosil bo'lgan magnit oqimi tok kuchiga to'gri proporsional bo'ladi. Unda:

$$\Phi = LI$$

bunda  $L$  - kontur induktivligi bo'lib, kontur shakliga hamda, uning o'lchamlariga va muhitning magnit singdiruvchanlikka bog'liq kattalikdir. Kontur joylashgan muhitning magnit singdiruvchanligi o'zgarmasa, ayni konturning induktivligi ham o'zgarmas kattalik bo'ladi. SI da induktivlikning birligi ***Genri (Gn)*** deb ataladi.

$$[L] = [\Phi]/[I] = \text{Vb}/\text{A} = \text{Gn}$$

Demak,  $Gn$  shunday g'altakning induktivligi, bu g'altakdan  $A$  o'zgarmas tok o'tganda vujudga keladigan magnit oqimi  $1 \text{ Vb}$  bo'ladi.

Uzunligi  $l$ , o'ramlar soni  $n$  bo'lgan g'altakning induktivligi

$$L = \frac{\mu_0 \mu N^2}{2} S$$

ifoda bilan aniqlanadi.

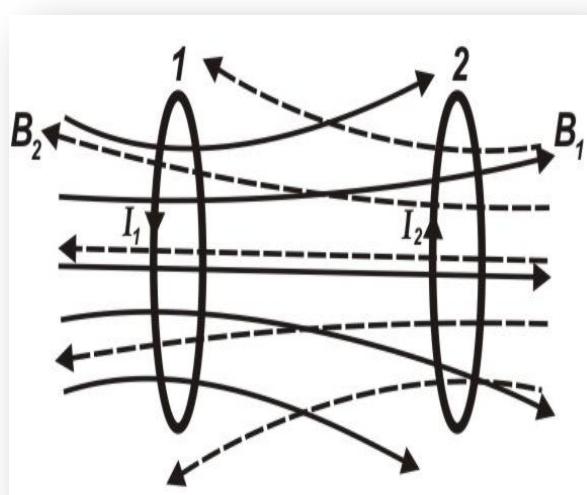
Kontuning induktivligi o'zgarmas bo'lgan hol uchun o'zinduksiya EYUK quyidagi ifoda bilan aniqlanadi.

$$\mathcal{E}_{o'zind} = -d\Phi/dt = -LdI/dt$$

Demak, induktivligi  $IGn$  bo'lgan konturdan o'tayotgan tok kuchi 1 sekundda  $1A$  ga o'zgarsa, konturda o'zinduksiya EYUK vujudga keladi.

Tokning boshqa (qo'shni) konturda o'zgarishi tufayli shu konturning o'zida induksion tokni hosil qilinishi ***o'zaro induksiya*** deb ataladi. Ikkita kontur olaylik (3-rasm). Birinchi konturdan oqayotgan tok kuchining  $dI_1$  ga o'zgarishi ikkinchi kontur yuzini kesib o'tayotgan magnit oqimini

3-rasm



$$\Phi_{12} = L_{12}I_2$$

ga o'zgartiradi.

Bu esa o'z navbatida ikkinchi konturda

$$\mathcal{E}_{i2} = -\frac{d\Phi_{21}}{dt} = -\frac{L_{21}dI_1}{dt} = -L \frac{dI_1}{dt}$$

induksiya EYUK ni vujudga keltiradi. Xuddi shu kabi, 2 chi konturdan oqayotgan tokning kuchi  $dI_2$  ga o'zgarishi sababli, 1 chi kontur yuzasini kesib o'tuvchi magnit oqimi

$$\Phi_{12} = L_{12}I_2 \quad \text{ga o'zgaradi.}$$

$$\mathcal{E}_{i1} = -\frac{d\Phi_{12}}{dt} = -\frac{L_{12}dI_2}{dt} = -L \frac{dI_2}{dt}$$

Natijada 1chi konturda induksiya EYUKi vujudga keladi.

Bu ifodalardagi  $L_{12}$  va  $L_{21}$  lar konturlarning *o'zaroinduktivligi* deb ataladi.

Tajribalarda ham, nazariy yo'l bilan ham  $L_2 \mp L_1 = 0$  ekanligi isbotlangan.

**Elektromagnit to'lqinlar.** Bilamizki, davriy ravishda o`zgarib turuvchi elektromagnit maydonning fazoda tarq'alishiga elektromagnit to'lqin deyiladi. Elektromagnit to'lqinni ikkita o'zaro bir biriga perpendikulyar bo'lgan tekisliklarda yotuvchi sinusoidalar kabi ifodalash mumkin bo'ladiki, bu holda, to'lqin shu ikkita tekislik kesishishi tufayli xosil bo'lgan chiziq bo'ylab tarqaladi. Maksvell nazariyasiga binoan, elektromagnit to'lqinlarning birorta muhitda tarqalish tezligi, shu muhitning elektr hamda magnit xossalariiga bog`liq bo`lib, uning qiymati quyidagi ifoda orqali aniqlanadi.

$$\vartheta = \frac{1}{\sqrt{\mu_o \epsilon_o} \cdot \sqrt{\mu \epsilon}}$$

Ma'lumki, vakuumda muhit dielektrik singdiruvchanligi, hamda magnit sindiruvchanlik birga teng. Shu sababli, vakuumda elektromagnit to'lqinlarning tarqalish tezligi

$$\vartheta_0 = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} = \frac{1}{\sqrt{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}}} = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{c} = C$$

Unda, ifodani quyidagicha tasvirlash mumkin

$$\vartheta = \frac{C}{\sqrt{\mu \epsilon}}$$

Demak, elektromagnit to'lqinlarning muhitdagi tarqalish tezligi vakuumdagi tezlikdan  $\sqrt{\epsilon \mu}$  marta kichikdir.

Ma'lumki elektromagnit to'lqin bu- ikkita bir biri bilan o'zaro perpendikulyar tekisliklarda joylashgan sinusoidalar shaklida ifodalanadi. U

holda, elektromagnit to`lqin shu ikkita tekislik kesishish orq'ali, xosil bo`lgan chiziq bo`ylab tarqaladi.

Maksvell tenglamarasiga binoan o`zgaruvchi elektromagnit maydonning kuchlanganlik vektorlari,  $\mathbf{E}$  va  $\mathbf{H}$  q'uyidagicha ifodalanadi.

$$\Delta \bar{H} = \frac{1}{\mathcal{G}^2} \cdot \frac{\partial^2 \bar{H}}{\partial t^2}$$

$$\Delta \bar{E} = \frac{1}{\mathcal{G}^2} \cdot \frac{\partial^2 \bar{E}}{\partial t^2}$$

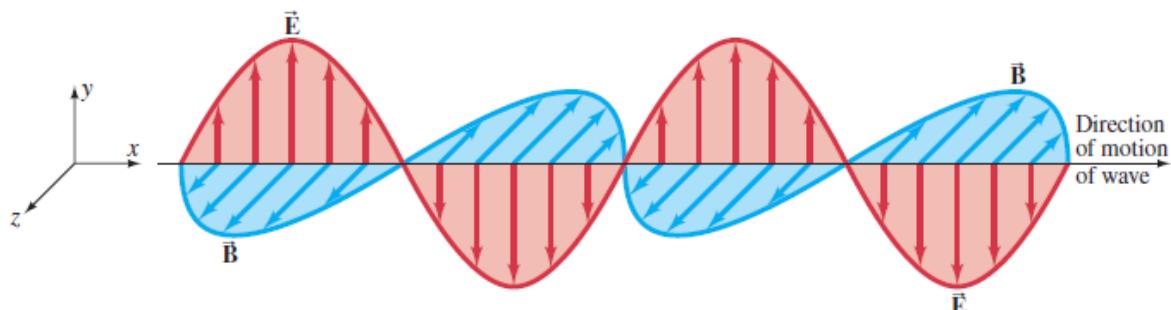
Bulardan kelib chiqadiki,

$$\Delta \bar{H} = \frac{1}{\mathcal{G}^2} \cdot \frac{\partial^2 \bar{H}}{\partial t^2}$$

U holda,

$$\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$$

Bu yerda,  $\mathcal{G}$ -elektromagnit to`lqinining biror muhitdan taralish tezligi.



C-elektromagnit to`lqinining vakuumdagi tezligi.

Elektromagnit to`lqinining muhitdagи tarqalish tezligi vakuumdagi tezlikka nisbatan  $\sqrt{\epsilon\mu}$  marta kichik bo'ladi. Ya'ni iafodalash mumkinki

$$\frac{\partial^2 E_y}{\partial x^2} = \frac{1}{\mathcal{G}^2} \cdot \frac{\partial^2 E_y}{\partial t^2}$$

$$\frac{\partial^2 H_z}{\partial x^2} = \frac{1}{\mathcal{G}^2} \cdot \frac{\partial^2 H_z}{\partial t^2}$$

Bu yerda ifodalarning oddiyroq yechimi quyidagisha ifodalanadi.

$$\left. \begin{array}{l} E_y = E_0 \cos(\omega t - kx + \gamma) \\ H_z = H_0 \cos(\omega t - kx + \gamma) \end{array} \right\}$$

Bu ifoda, yassi monoxramatik elektromagnit to`lqin tenglamasidir.

Bu yerda,  $E_0$  va  $H_0$  mos holatda to`lqinning elektr va magnit maydon kuchlanganliklari amplitudasi.

$$K = \frac{2\pi V}{\vartheta} = \frac{2\pi}{\vartheta \cdot T} = \frac{2\pi}{\lambda}$$

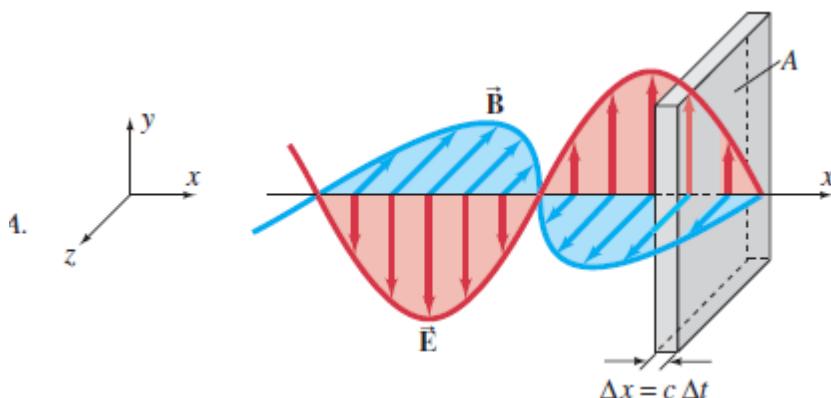
Bunda,  $\gamma$ -tebranishning boshlangich fazasi.

**Umov - Poynting vektori.** Elektromagnit to`lqinlarni idrok etish (uchun chiqishi, lampochkaning shu'lanishini va hakazo) bu- to`lqinning o`zi bilan birga energiya ko`chirib yurishini ifodalaydi.

$$\omega_j = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 E^2}{2}$$

$$\omega_M = \frac{\mu \mu_0 H^2}{2}$$

$$\omega = \omega_j + \omega_M = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 E^2}{2} + \frac{\mu_0 \mu^2}{2}$$



Elektromagnit maydonda elektr va magnit maydon energiyasining zichligi har bir momentida bir hil bo`lib,  $\omega_e = \omega_m$  ifodalananadi unda:

$$\omega = 2\omega_e = 2\omega_m = \varepsilon \varepsilon_0 E^2 = \mu \mu_0 H^2$$

$$\sqrt{\epsilon_0 E} = \sqrt{\mu_0 H}$$

Unda

$$\omega = \sqrt{\epsilon_0 \mu_0 \epsilon_0 \mu_0} E \cdot H$$

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

$\omega \cdot \vartheta = S$  bo`lib, bu yerda,  $S$  – vaqt birligi ichida birlik yuzadan ko`chayotgan energiya bo`lib,

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

Buni, vektor ko`rinishda ham yozish mumkin. Ya`ni,

$$S = [E \cdot H]$$

E bilan  $H$  bir biri bilan o`zaro perpendikulyar bo`lgani sababli bu vektorlar vektor ko`paytmasi elektromagnit to`lqinlar tarqalish yo`nalishidagi  $S$  vektordir.

Bunda,  $S$  vektor **Umov-Poynting vektori** deb nomlanadi.

Elektromagnit to`lqinlarni birinchi bo`lib, Gers tajribasidan 8 yil o`tgach 1895 yilda rus olimi (fizigi) A.S.Popov buni amalda qo`lladi. Ya`ni, A.S. Popov rus-fizika-ximiya jamiyatining kata majlisida dunyoda birinchi bo`lib, radiopriyomnikni ixtiro qilib, elektpromagnit to`lqinlarni simsiz aloqasidan keng foydalanish mumkin ekanligini isbotladi.

Elektromagnit to`lqinlar, chastotasi va to`lqin uzunliklari va nurlanishni o`lchashning metodlariga ko`ra, bir nechtaga bo`lish mumkin. Ya`ni: radioto`linlar, yorug`lik nurlanishi, rentgen nurlanishi va gamma nurlar kabi.

### Nazorat uchun savollar:

1. Faradey induksion tokning qiymatini qanday aniqladi?

2. Lens induksion tokning yo'nalishini qanday tajriba asosida aniqladi?
3. Induksion EYUK hosil bo'lishini energiyani saqlanish qonuniga asosan tushuntiring.
4. O'zinduksiya va o'zaroinduksiya hodisasi deganda nimani tushunasiz, o'zinduksiya EYUK ifodasini keltirib chiqaring?
5. Magnit maydon energiyasini va energiya zichligini ifodasini yozing.
6. Moddalarning magnit xossalari xarakterlovchi kattaliklar magnitlanish vektori, magnit qabul qiluvchanlik va magnit maydon kuchlanganligi bilan o'zaro bo'g'anish qanday?
7. Moddalarning diamagnetik, paramagnetik va ferramagnetik xususiyatlarini uch sinfga bo'linishining asosiy sababini ko'rsating.
8. Maksvellning elektromagnit maydon uchun yaratgan tenglamalarining integral va differensial ko'rinishlarini ifodalang.
9. Elektr maydonining o'zgarishi tufayli vujudga kelgan magnit maydon va elektr maydon orqasidagi miqdoriy bog'lanishini ifodalovchi Maksveil siljish  
toki deganda nimani tushunasiz?

## **VII-BOB. OPTIKA**

### **14-§. Yorug'likning tabiatи**

#### **Reja:**

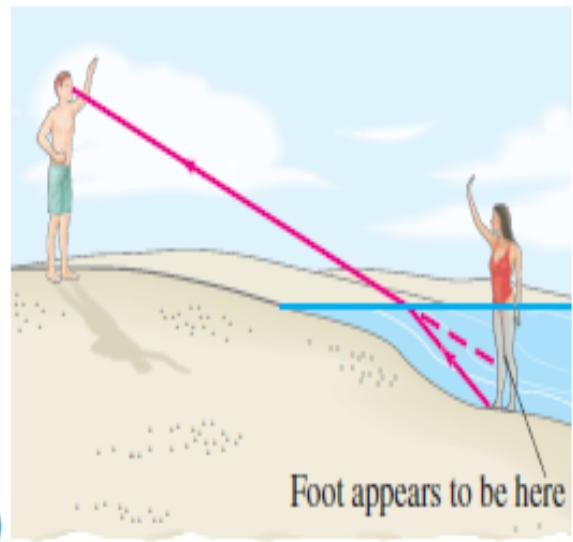
- 1.Yorug'likning tabiatи.
2. Fotometrik kattaliklar.
3. Yorug'lik interferensiysi.
4. Ikki nурдан kuzatiladigan interferensiya manzara.
5. Yupqa pardalardagi yorug'lik interferensiysi.
6. Ko'p nurli interferensiya.
7. Yorug'lik interferensiyasini qo'llanilishi. Interferometrlar.

**Kalit so‘zlar:** Yorug‘lik manbalari, elektromagnit, kvant, monoxramatik, kogerentlik intensivlik, interferensiya, optik yo‘l uzunligi, optik yo‘l farqi, maksimum sharti, minimum sharti, yupqa parda, ko‘p nurlar, sindirish ko‘rsatgichich.

Ko‘rish imkoniyati favqulodda juda muhim, chunki ko‘rish orqali tashqi olamdan juda ko‘p ma’lumotlarni olamiz. Biz qanday ko‘ramiz? degan savolni qo‘yamiz. Yorug‘likdan boshqa hech narsa, ko‘zimizga tushganida ko‘rish sezgisini hosil qilmaydi. Yorug‘lik o‘zi nima? Yorug‘lik –moddalardan chiquvchi ko‘zga ko‘rinadigan elektromagnit to‘lqindir. Yorug‘lik to‘g‘risida ikki xil nazariya mavjud bo‘lib, bular Nyutonning “**Korpuskulyar**” va Gyugensning “**To‘lqin**” nazariyalaridir.

Nyuton nazariyasiga asosan yorug‘lik zarralar oqimidan iborat. Gyugens nazariyasiga asosan yorug‘lik to‘lqin tabiatiga ega. Dastlab, Nyuton nazariyasi, keyinchalik Gyugens nazariyasi yorug‘likni tushuntirishda ustun kelib turdi, lekin keyinchalik yorug‘lik ikki xil tabiatga ega ekanligi ma’lum bo‘ldi. Yorug‘lik moddadan chiqayotganda yoki moddaga yutilayotganida o‘zini xuddi zarradek tutadi, fazoda tarqalayotganda esa o‘zini to‘lqindek tutadi [1].

Yorug‘lik to‘g‘risida uchta asosiy qonuniyat mavjud: yorug‘likni bir jinsli muhitda tarqalishi, yorug‘likni qaytishi va yorug‘likni sinishi. Bu qonuniyatlar optikaning geometrik optika qismida o‘rganiladi.



1-rasm

**Geometrik optika bo'limida** - yorug'likning tabiatini haqida emas, yoro'glikning to'g'ri chiziq bo'ylab tarqalishi, qaytishi hamda sinish qonunlari o'rghaniladi. Kundalik turmushimizda foydalanuvchi ko'zoynaklar, katta astronomik qurilmalarning murakkab sohalarigacha barcha optik priborlarni ishlab chiqishdagi hisoblashlar barchasi geometrik optika qonunlari orqali amalga oshiriladi.

**Fizik optikada** - yorug'lik xossalari, hususiyatlari va yorug'lik hodisalariga bog'liq bo'lgan muammolar o'rghaniladi.

**Fiziologik optika**-esa yorug'likni usayotgan (rivojlanuvchi) organizmga ta'siri o'rghaniladi.

**Yorug'likning manbalari.** Biror bir turdag'i energiyani, yorug'lik energiyasiga aylantiruvchi ya'ni yorug'lik tarqatuvchi moddalar yorug'lik manbalari deb ataladi. Ular brrb turga bo'linib, *tabiiy yoki sun'iy* bo'lishi mumkin. Tabiiy yorug'lik bu- manbalari deganga quyosh, yulduzlar va boshqa xil razryadlarni misol qilish mumkin. Sun'iy yorug'lik manbalariga esa, cho'g'lanma elektr lampalar yoki gazli lampalar misol bo'lishi mumkin.

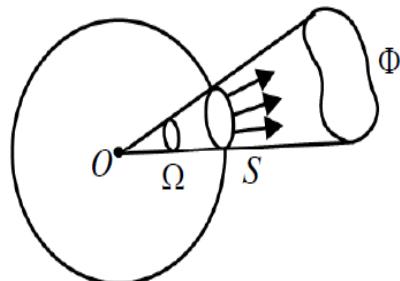
**Nuqtaviy manba.** Yorug'ligining ta'sirini o'rghanilayotgan nuqtagacha bo'lgan masofaga nisbatan xususiy o'lchamlari juda kichik bo'lgan kichik bo'lgan yorug'lik manbasi nuqtaviy mənbə deb ataladi.

**Fotometriya.** Yorug'likning energetik xossalari o'rgatuvchi bo'limi bu- *fotometriya* deb nomlanadi. Optikaning fotometriya qismida bir nechta kattaliklardan foydalaniladi. Ya'ni:

- *energetik kattaliklar*: bunda yorug'likning energetik xarakteristikalarini uning qabul qiluvchisiga bo'lgan ta'sirini e'tiborga olmay o'rGANADI;
- *yorug'lik xarakteristikaları*: bunda yorug'likning ko'zga yoki boshqa biror qabul qiluvchilarga bo'lgan fiziologik ta'sirini e'tiborga olgan holda, yorug'lik kuchi xuddi shu ta'siriga binoan o'lchanadi. Fotometriyaning asosiy energetik kattaliklaridan biri bu - *nurlanish oqimidir*.

**Nurlanish oqimi** deyilganda, nurlanishning quvvatiga, ya’ni vaqt birligi ichidagi nurlanish energiyasi tushuniladi. Nuqtaviy manbaning ixtiyoriy yo‘nalishdagi ixtoyoriy fazoviy burchakdan o’tayotgan nurlanish oqimi bir xildir.

**1.  $\Phi$ - yorug‘lik oqimi** - vaqt birligi ichida biror ixtiyoriy yuza orqali o‘tuvchi nurlanish energiyasidir. 1- rasmida  $W$  - fazoviy burchak qarshisidagi  $S$  yuzadan nuqtaviy manbaga qarab chiqayotgan yorug‘lik oqimi ifodalangan. Agar xamma yo‘nalishdagi yorug‘lik oqimlari qo‘shilsa, manbaning to‘liq yorug‘lik oqimi hosil bo‘ladi. Yorug‘lik oqimi ulchov birligi SI da – Lumen qabul qilingan.



2-rasm

**2.  $I$  yorug‘lik kuchi** - yorug‘lik manbasidan fazoviy burchak orqali tarqayotgan yorug‘lik oqimining shu fazoviy burchakka bo’lgan nisbati bilan o’lchanadi:

$$I = \frac{\Phi}{\Omega}$$

Yorug‘lik kuchi o’lchov birligi etib, SI da – kandela (Kd) qabul qilingan. Agar to‘la fazoviy burchak 4π sr ga tengligini nazarda tutsak,

$$I = \frac{\Phi}{4\pi} \quad \text{ni hosil qilamiz.}$$

Yuqoridagi, ifodalardan yorug‘lik oqimini aniqlansa

$$\Phi = I \cdot \Omega \quad \text{xosil bo’ladi.}$$

Bu ifoda or’qali yorug‘lik oqimi o’lchov birligi SI da lumen (lm) qabul qilingan.

**Lumen** – 1 sr burchak orq’ali 1 cd yorug‘lik kuchiga teng bo’lgan nurlanish chiqaruvchi nuqtaviy manbaining yorug‘lik oqimiga tengdir.

4. **Yoritilganlik** – yuzasi **S bo’lgan** sirtga tushgan  $\Phi$  - yorug‘lik oqimining shu sirt yuzasiga nisbati bilan o’lchanuvchi kattalikka aytildi:

$$E = \frac{\Phi}{S}$$

Yoritilganlik o’lchov birligi – luks (Lx).

***Luks** – 1 lm yorug‘lik oqimining 1  $m^2$  yuzada tekis taqsimlanganda hosil qiladigan yoritilganligi.*

Bundan kelib chiqadiki, yorug‘lik tushayotgan sirdagi yoritilganlik yorug‘lik kuchiga to‘g‘ri, yorug‘lik manbasidan yoritilayotgan sirtgacha bo‘lgan masofaning kvadratiga esa teskari proporsional ekan.

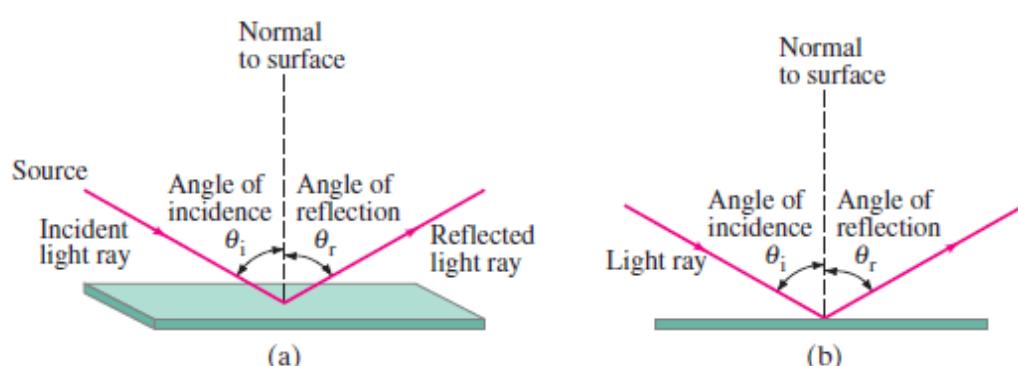
**Geometrik optika** – optikaning yorug‘lik nurlari haqidagi tasavvurlar asosida optik nurlanish (yorug‘lik)ning tarqalish qonuniyatlarini o‘rganadigan bo‘limi.

Geometrik optikada ozgina tushuncha va qonunlar (yorug‘lik nuri to‘g‘risida tasavvur, yorug‘likning qaytishi va sinishi qonunlari)ga asoslanib, ko‘pgina muhim amaliy natijalarni olish mumkin.

**Yorug‘lik tabiatni to‘g‘risidagi tasavvurlarning rivojlanishi.** *Optika* - fizikaning katta va muhim bir qismi bo‘lib, yorug‘likning tabiatni, qonuniyatlarini va jism bilan o‘zaro ta’sirlashuv jarayonini o‘rganadi. Inson qachonlardir olamga kelib ko‘zini ochganda, albatta birinchi bo‘lib uning ko‘ziga nur tushgan, olamni ko‘rgan. Lekin nurning tabiatni to‘g‘risida ilmiy tushunchalar faqat XIX asrga kelib shakillana boshladi. Bu vaqtga kelib bir-biridan prinsipial ravishda farq qiladigan ikki nazariya paydo bo‘ldi. Nyuton ishlab chiqqan korpuskulyar nazariya va Gyuygens ishlab chiqqan to‘lqin nazariya XIX asrning oxirigacha korpuskulyar nazariya ustunlik qilib keldi. Faqat XIX asrning bosqlarida Yung (1801y) va Frenel (1815 y) to‘lqin nazariyasini ancha takomillashtirdilar, yangi to‘lqin nazariya asosiga Gyuygens-Frenel prinsipi qo‘yildi. Tez orada Gyuygens-

YUNG-Frenel nazariyasi deyarli hamma optik jarayonlarni, shu jumladan, interferensiya, difraksiya va poliarizasiyani tushuntirib bera oldi, bunda efir tushunchasi ishlatilmadi. Natijada korpuskulyar nazariya vaqtincha chetga surib qo‘yildi. Lekin yorug‘likning to‘lqin tabiatini ekanligi haqidagi tushunchalar XIX asrning oxirigacha hukmron bo‘lib keldilar, lekin bu paytga kelib to‘lqin nazariya tushuntirib bera olmaydigan anchagini ilmiy faktlar yig‘ilib qoldi, kimyoviy elementlarning nurlanish spektrllari, issiklik nurlanishining spektral taqsimoti, fotoeffekt va boshqa optik jarayonlar.

**Yoruglikning qaytish qonunlari:** Tajriba va nazariya shuni ko‘rsatadiki, yorug‘lik har xil shaffof muhitlarda har xil tezlik bilan tarqaladi, bu tezliklar yorug‘likning vakuumdagi tezligidan kam bo‘ladi. Yorug‘lik ikki muhit chegarasiga tushganda, shu sirtdan qaytadi. Nur o‘zining yo‘nalishini o‘zgartiradi va shu muhitning o‘ziga qaytadi. 2-rasmida nurlar dastasi yassi sirtdan qaytishi ko‘rsatilgan. Bu jarayon ma’lum qonuniyatga bo‘ysunadi. Bu qonunga – yorug‘lining qaytish qonuni deyiladi. 2-rasmida tushuvchi nur qaytuvchi va yorug‘lik tushuvchi sirtning nuqtasiga tushirilgan perpendikulyar **OC** tasvirlangan.



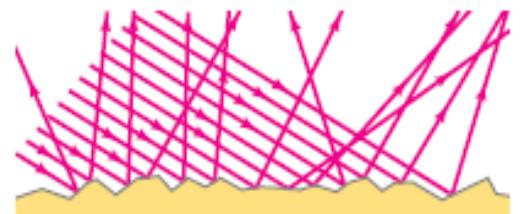
3-rasm

Tushish burchagi  $\theta_1$  bilan belgilangan, 2-rasm. Yorug‘likning qaytishi ya’ni yorug‘lik tushish nuqtasiga tushgan nur va perpendicular orasidagi burchak.

Yorug'likning qaytish burchagi  $\theta_2$  bilan belgilanadi, ya'ni perpendikulyar bilan qaytgan nur orasidagi burchak. ***Yorug'likning qaytish qonuni:*** sirtga tushuvchi nur, qaytgan nur va yorug'lik tushish nuqtasiga tushirilgan perpendicular bitta tekislikda yotadi;

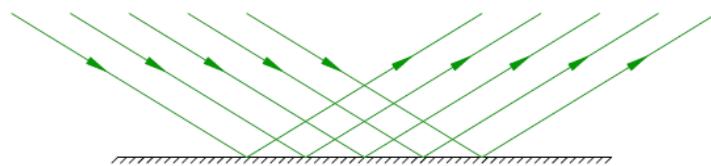
Yorug'likning tushish burchagi qaytish burchagiga teng:  $\theta_1 = \theta_2$ .

Agar yorug'lik nurlari dastasi notejis (g'adir-budir) sirtga tushsa, qaytuvchi nurlar hamma tarafga sochilib qaytadi. Bunday qaytishga diffuz qaytish deyiladi (4-rasm).



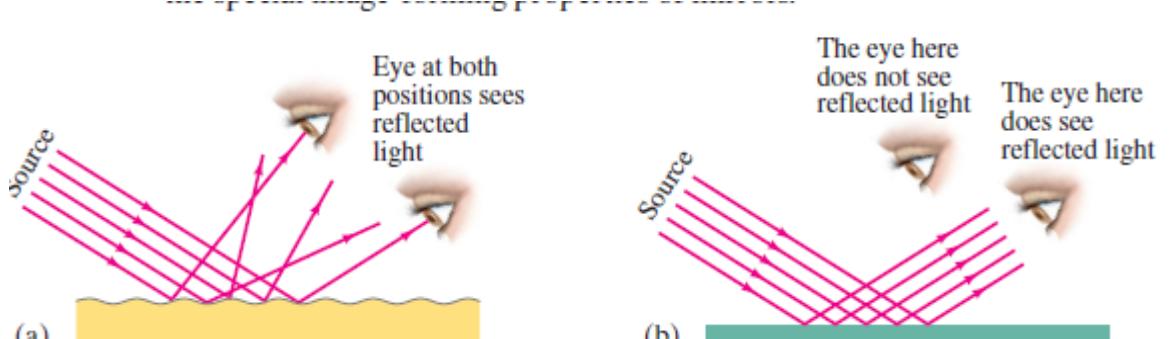
4-rasm. Notejis sirtga tushgan parallel nurlar dastasining sochilishi.

Sirtga tushirilgan parallel nurlar dastasi parallel qaytsa, bunday qaytishga ***ko'zgu qaytish*** deyiladi (5-rasm):



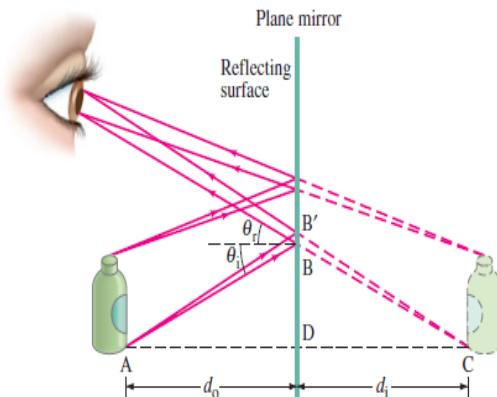
5-rasm. Yassi qaytaruvchi sirtga tushirilgan nurlar dastasi va qaytgan nurlar dastasi.

Diffuz qaytishda qaytgan nurlarni har tarafdan qaraganda ham ko'rish mumkin ( 6a-rasm), ko'zgu qaytishda qaytgan nurlarni faqat bir yo'nalish bo'yicha ko'rish mumkin, boshqa taradan qaraganda nurlar kuzatuvchiga tushmaydi  
(6b-rasm).



6-rasm.

Tekis sirtli ko‘zgu –bu tushuvchi nurlarni ko‘zgu qaytaruvchi tekislik bo‘lagi. Uyingizda kundalik foydalaniladigan jihozlardan biri bo‘lgan yassi ko‘zgudir. Ammo biz hozir nima uchun ko‘zguga qaraganda o‘z aksimizni va atrofimizdagи jismlarni ko‘rishimiz mumkinligini sabablarini muhokama qilamiz. Yorug‘likning  $S$  nuqtaviy manbasi hamma tomonga nurlarini sochadi (7-rasm), ulardan ko‘zguga tushuvchi ikki nurini olib qaraymiz. Bunda qaytayotgan nurlar nur chqaruvchi  $S$  nuqtaga simmetrik bo‘lgan  $S_0$  nutqadan chiqayotganday ko‘ramiz.



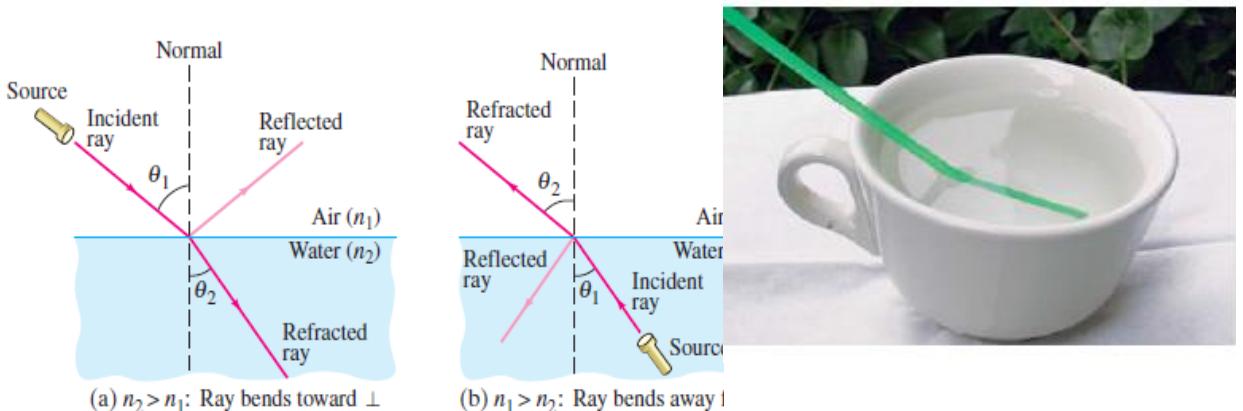
7-rasm.

Eng qizig‘i  $S_0$  chiqayotgan nurlar ko‘zimizga tushadi. O‘ziga xos jihat shundaki, bizning tasavvurimizda ko‘zimizga tushayotgan nurlarning davomlari kesishgan nuqtada  $S_0$  mavhum yorug‘lik manbai joylashgan. Go‘yoki  $S_0$

yorug'lik chiqaruvchi manbaday tuyiladi. Bu nuqta  $S$  nuqtaning ko'zgudagi aksini ta'sirlaydi.

Albatta, haqiqatda ko'zgu orqasida hech narsa nur sochmaydi, hech qanday energiya manbai yo'q, bu faqat illyuziyadir. Shuning uchun ko'zgudagi  $S_0$  nuqta  $S$  manbaning mavhum tasviridir [3].

**Yoruglikning sinish qonunlari.** Yorug'likning sinish qonuni. Birinchi muhitdan ikkinchi muhitga o'tayotgan nurning tarqalish yo'nalishini o'zgartirish hodisasiga **yorug'likning sinishi** deyiladi. Demak, *tushayotgan nur, singan nur va ikkala muhitning chegarasidagi, nurning tushish nuqtasiga o'tkazilgan perpendikular bir tekislikda yotadi*.



8-rasm a,b,v.

Tushish burchagini sinusi sinish burchagini sinusiga bo'lgan nisbati shu ikkala muhit uchun ham o'zgarmas kattalikdir:

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = n_{21}$$

bu erda  $n_{21} = 2$  chi muhitning 1 chi muhitga nisbatan nisbiy sindirish ko'rsatkichi.

**Muhitning absolyut sindirish ko'rsatkichi.** Muhitning absolyut sindirish ko'rsatkichi deyilganda, Muhitning vakuumga nisbatan olinayotgan sindirish

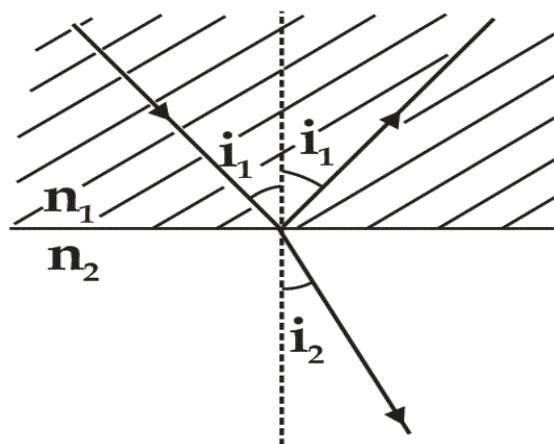
*ko 'rsatkichiga aytiladi. Absolyut sindirish ko 'satkichi yorug 'likning bo 'shliq 'dagi tezligi c ning shu muhitdag'i tezligi v ga bo'lgan nisbati bilan o'lchanadi.*

$$n = \frac{c}{\lambda}$$

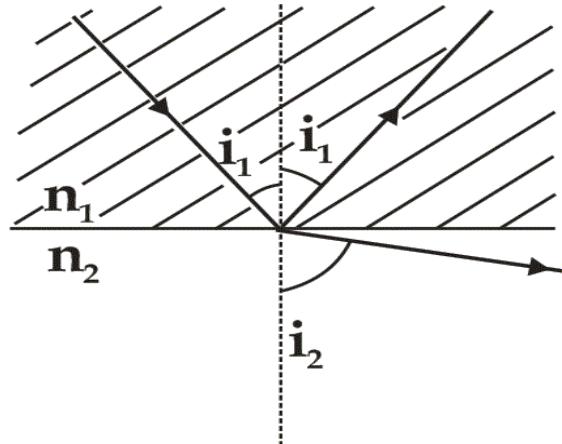
Yorug'lik katta sindirish ko'rsatkichga ega bo'lgan  $n_1$  muhitdan o'tgach kichik sindirish ko'rsatkichga ega  $n_2$  muhitda, masalan, shisha buyumdan suvga o'tib tarqalsa unda,

$$\frac{\sin i_2}{\sin i_1} = \frac{n_1}{n_2} > 1$$

bo'ladi va singan nur normaldan uzoqlashib,  $i_2$  sinish burchagi  $i_1$  tushish burchagiga nisbatan katta bo'ladi.



9-rasm.



10-rasm.

Tushish burchagi oshishi bilan sinish burchagi asta-sekin osha boradi va qandaydir chegaraviy tushish burchagi qiymatida ( $i_1 - i_{\text{qer}}$ , chegaraviy burchakda)

sinish burchagi  $\frac{\pi}{2}$  ra tenglashadi.  $i_1 = i_{\text{qer}}$ . holatda tushayotgan nur to'liq qaytadi.

*Demak, tushish burchagini*ng*  $i_{\text{qer}}$  qiymatida to'la qaytish hodisasi hosil bo'ladi.*

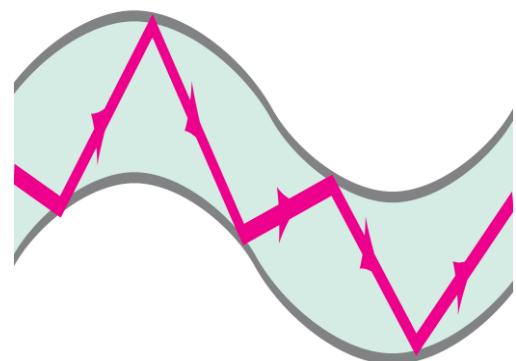
Chegaraviy tushish burchagi esa  $i_2 = \frac{\pi}{2}$  ifoda orqali topiladi.

$$n_1 \sin i_{\text{uez.}} = n_2 \sin \frac{\pi}{2}, \quad \sin i_{\text{uez.}} = \frac{n_2}{n_1} = n_{21}$$

To'la qaytish hodisasini yorug'lik optik jihatdan zikh muhitdan optik jihatdan zikh bo'limgan muhitga o'tganda kuzatish mumkin.

**Optik tolalar. Meditsina qurilmalari.** Optik tolalar-kommunikatsiya (aloqa tizimi) tarmoqlarida va meditsinada qo'llaniladi -bronxoskopiya, kolonoskopiya va endoskopiya. Optik tolalarning ishlash prinsipi asosida to'la ichki qaytish yotadi. Odatda, diametri bir necha millimetrdan tashkil topgan ingichka shisha yoki plastik tolalardan foydalaniladi. Slindrsimon shaffof tolalar o'ramiga – svetovod (yorug'lik tashuvchi truba) yoki optik tolali kabel deyiladi.

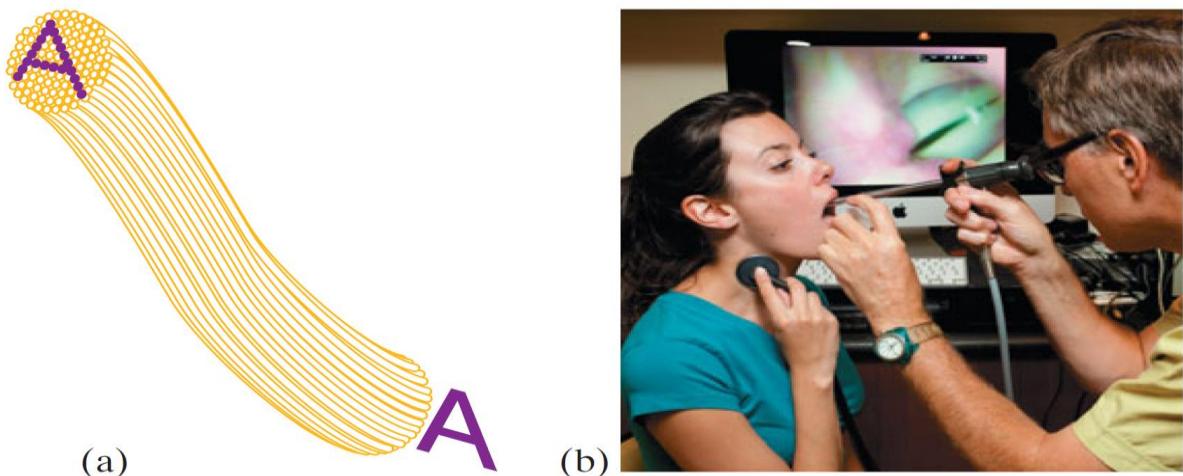
Yorug'lik shaffof tola bo'ylab to'la ichki qaytish orqali deyarli so'nmasdan tarqaladi. 11-rasmda yorug'lik nurining qanday qilib ingichka tola devorlariga faqat qiya urilib qaytishi ko'rsatilgan va bunda to'liq ichka qaytish hodisasi ko'zatiladi. Hatto agar svetovod kabel chigal holda o'ralib biroz bukilganda ham chegaraviy burchak o'zgarib ketmaydi, yorug'li amalda kamayemasdan (o'zgarmasdan) oxirgi nuqtagacha boradi. Yo'qotishlar juda kichik qiyatlarda sodir bo'ladi, asosan tola ichida ketma-ket qaytishlarning oxirida yorug'lik absorbsiyasi (utilishi) hisobiga juda kichik yoqotiladi.



11-rasm. Yorug'lik shisha yoki shaffof plastik tolaning ichki sirtida to'liq qaytadi.

Kommunikatsiya va meditsinada sohasida optik tolali kabellarni qo'llash juda muhim hisoblanadi. Ular (optik tolalar) telefon tarmoqlarida, video signallar

va kompyuter ma'lumotlarini uzatishda simlar o'rnida foydalaniadi. Signallar yorug'lik nurlariga modulyatsiyalanadi (yorug'lik nurlari intensivligi tez o'zgara oladi) va ma'lumotlar juda katta tezliklarda, kam yo'qotishlar bilan va mis simlardagi elektr signallari bo'lganidan ko'ra kam interferensiyalar (ya'ni, interferensiya hodisasi tufayli to'sqinliklar) bilan uzatiladi. Optik tola yuzdan ortiq har xil uzunlikli to'lqinlar bilan sekundiga 10 gigabit ( $10^{10}$  bit) informatsiya (axborot) ni o'tkaza oladigan qilib ishlangan. Bu yuzdan ortiq to'lqinlarni sekundiga bir terrabit tezlik bilan o'tkaza oladi degan gapdir.



12-rasm. (a) Optik tolali tasvirning qanday qilihosi bo'lishi. (b) Misol uchun, optik tolali asbob tovush paychalarini tekshirib, tasvirini ekranda hosil qilishi uchun og'iz orqali qo'yilgan.

12-rasmdagiga o'xhash, optik tolalarni tasvirni aniq uzatish xususiyati asosan meditsinada ahamiyatlidir. Masalan, bemorning og'zi orqali bronxoskop deb ataluvchi optik tolali kabelni osongina qo'yib, o'pkasining pastki bronxlarini tekshirish mumkin. O'pkani yoritish uchun chetki qo'shimcha optik tolalar orqali yorug'lik yuboriladi. Qaytgan yorug'lik asosiy optik tolalar orqali qaytadi. Yorug'lik bevosita har bir optik tola orqali yuqoriga etib keladi. Optik tolaning bir tomonida kuzatuvchi xuddi televizor ekraniga o'xhash yorug' va qora dog'lar seriyasini kg'radi, tasvir esa tolaning ikkinchi tomonida hosil bo'ladi. Har bir tolaning uchiga linzalar qo'yiladi. Tasvirni esa bevosita ekranda yoki

plyonkada ko‘rish mumkin. Tolalar bir biridan sindirish ko‘rsatkichi tolaniqidan kichik bo‘lgan qoplama bilan izolyatsiyalangan (ajratilgan) bo‘lishi lozim. Tolalar qanchalik ko‘p bo‘lib, shunchalik ingichka bo‘lishi tasvirning aniq bo‘lishiga olib keladi. Bronxoskop, kolonoskop (yo‘g‘on ichakni tekshirish uchun) va endoskop (oshqozon yoki boshqa organlar uchun) kabi qurilmalar o‘rganish (tekshirish) qiyin bo‘lgan joylarda juda foydalidir.

Ko‘p yillik xulosalar asosida yorug‘lik haqida turli tasavvurlar hosil bo‘lishi natijasida yorug‘likning (korpuskulyar) zarrachalar oqimi (N.Nyuton) hamda to‘lqin (R.Guk va X.Guyugens) nazariyasi vujudga keldi. N/ Nyuton nazariyasiga asosan, yorug‘lik nurlanayotgan jismlardan uzilib chiquvchi zarra (korpuskula) lardan iborat va ular to‘g‘ri chiziq bo‘ylab tarqaladi.

To‘lqin nazariyasiga asosan, yorug‘lik efir deb nomlanuvchi muhitda tarqalayotgan elastik to‘lqinlardan iboratdir. Bu to‘lqin barcha jismlardan sizib o‘tuvchi, elastiklikka va ma’lum zichlikka ega bo‘lgan muhit deb qabul qilingan.

To‘lqin nazariyasi Guyugens prinsipiga asoslanadi: Guyugens prinsipiga asosan yorug‘lik tarqalishini tahlil qilishga va yoruglikning qaytish va sinish qonunlarini keltirib chiqarishga imkoniyat yaratadi.

Bu ikkala nazariyalar turmishda qo‘llanilganda ba’zida bir biriga nisbatan teskari xulosalar hosil bo’ldi. Bu holni yorug‘likning sinishida ko‘rish mumkin bo’ladi [1].

$$1. \text{ Nyuton nazariyasiga binoan: } \frac{\sin i_2}{\sin i_1} = \frac{\varrho}{c} > n$$

Bu yerda,  $c$  – yorug‘likning vakumdagisi -  $\varrho$  - esa yorug‘likning muhitda tarqalish tezligidir.

Muhitda  $n > 1$  bo‘lganligi sababli,  $\varrho > c$  bo’ladi, bu holat tajribalar hulosasiga teskaridir.

$$2. \text{ Guyugens nazariyasiga asosan: } \frac{\sin i_2}{\sin i_1} = \frac{c}{\varrho} > n$$

Fuko, yorug'likning suvdagi tarqalish tezligini 1851 yilda o'lchadi va formula bilan mos kelishini topdi.

Xuddi shunday ingliz olimi T.Yung va fransuz fizigi O.Frenellar izlanishlari asosida yorug'likning to'lqin nazariyasi to'liq o'z isbotini topdi. Ammo bunga qaramasdan to'lqin nazariyasi efir tufayli interferensiya, difraksiya va qutblanishdek hodisalarini tushuntirishda bir qancha to'siqlarga uchradi. Bu nazariya turli xil ranglar bor ekanligining fizikaviy xususiyatlarini ochib berolmadi. Ancha vaqt o'tgach yorug'likning elektr va magnit xususiyatlar bir biri bilan o'zaro bog'liq ekanligi aniqlandi. Bunga asosan, Maksvell yorug'likning elektromagnit nazariyasini aniqladi va

$$\frac{c}{\nu} = \sqrt{\epsilon\mu} = n \quad \text{ga tengligi ma'lum bo'ldi.}$$

Bu tenglama moddalarning optikaviy, elektrik va magnit doimiylarini bir biri bilan o'zaro bog'lashi bilan birga, bu nazariya yorug'likning dispersiya hodisasisini tushuntira olmaydi, Shu sababli, Lorens yorug'likning elektron nazariyasini aniqlab, bu muammoni hal etdi.

Xuddi shuningdek, Maksvell nazariyasi yorug'likning nurlanishi va yutilishi hodisalarini, fotoelektrik effektni, Kompton sochilishlarini tushuntira olmadi. Bundan tashqari, Lorens nazariyasi ham absolyut qora jism issiqlik nurlanishida energiyaning to'lqin uzunliklari orq'ali taqsimlanishi qanday jarayon ekanligini tushuntira olmadi.

Sanab o'tilgan, kamchilik va qarama-qarshiliklar M.Plank tomonidan aniq'langan yorug'likning kvant nazariyasi asosida to'la bartaraf etildi. M.Plank, yorug'likning nurlanishi va yutilishi faqat ma'lum diskret porsiya (kvant)lar shaklida sodir bo'ladi degan gipotezani ilgari surdi. Bunda kvant energiyasi tebranishlar chastotasi  $\nu$  bilan aniqlanadi [2].

$$\mathcal{E}_0 = h\nu \quad \text{bunda } h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Js} - \text{Plank doimiysi}$$

**Bunda**, Plank nazariyasi efir tushunchasiga ehtiyoj sezmadı. U qora jism nurlanishini to‘la tushuntirib bera oldı. A. Eynshteyn, 1905-yilda yorug‘likning kvant nazariyasini yaratdı. Bu nazariyaga asosan, faqat yorug‘likning nurlanishigina emas, balki uning tarqalishi ham yorug‘lik kvantlari oqimi fotonlar kabi hosil bo‘ladi.

$$\text{Bunda, fotonlar massasi: } m_f = \frac{\varepsilon_0}{c^2} = \frac{h\nu}{c^2} = \frac{h}{\lambda c}$$

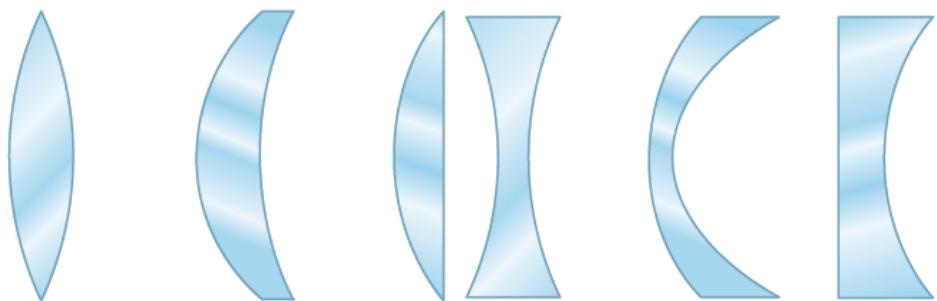
Yorug‘likning kvant nazariyasi yorug‘likning nurlanishi hamda, yutilishi qonunlariga, xuddi shunday yorug‘likning moddalar bilan o‘zaro bir biri bilan ta’sirlashish qonunlariga butunlay mos tushadi. Lekin ayni paytda yorug‘likning interferensiya, difraksiya va qutblanish nazariyalariga esa umuman to‘g‘ri kelmedi. Ma’lumdirki, bu hodisalar yorug‘likning to‘lqin tasavvuri asosida juda oson tushuntirib beriladi. Bu xulosalardan yorug‘likning murakkab xususiyatlari tabiatga ega ekanligidan dalolat beradi. U bir biriga teskari bo‘lgan, ya’ni bir vaqtda ham diskret, ham uzlusiz bo‘lgan – korpuskulyar (kvant) va to‘lqin (elektromagnit) kabi harakat turlarining birligini o‘zida aks ettiradi. Hozirgi tasavvurga ko‘ra yorug‘lik korpuskulyar to‘lqin dualizmi tabiatiga ega.

**Linzalar.** Linzalar deyilganda, ikkita sirt bilan chegaralangan tiniq jismlar tushuniladi. Ikkita sirdan biri, odatda, sferik yoki silindrik, ikkinchisi–sferik yoki yassi bo‘lishi mumkin. Bu sirtlar orqali yorug‘lik nuri o’tganda sinib, buyumlarning optik tasvirini hosil qilishi mumkin. Aslida, linzalar shisha, kvarts, kristall va plastmassa kabi materiallardan ishlab chiqiladi.



13-rasm

Linzalarni tuzilishi hamda, tashqi ko'rinishiga qarab bir nechta: ikki tomonli, qavariqli, yassi qavariqli, ikki tarafi botiqli, yassi botiqli, bir tarafi qavariq-ikkinchisi botiqli, bir tarafi botiq ikkinchisi qavariqli kabi tuzilishga ega bo'ladi (14 -- rasm).



14– rasm Linzalarning turlari

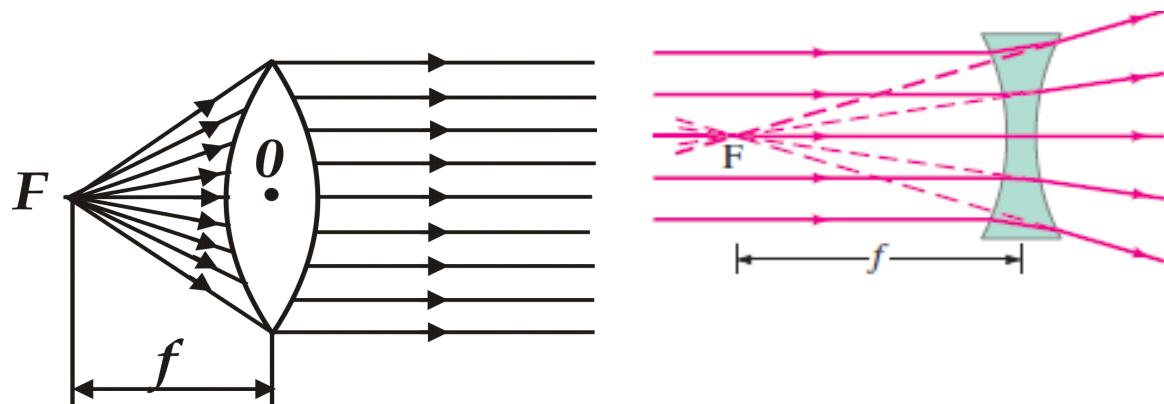
Optik xossalariga ko'ra, linzalarni yig'uvchi va sochuvchi linzalarga ajratish mumkin.

Sirt radiuslariga nisbatan qalinligi kichik bo'lgan linzalar **yupqa linzalar** deb nomlansa, linzalarning sirtlari egriligi markazidan o'tuvchi to'g'ri chiziq linzaning **bosh optik o'qi** deyiladi. Bosh optik o'qdan o'tuvchi va undan yorug'lik nuri o'tganda sinmay o'tadigan nuqta linzaning **optik markazi** deb ataladi.

Linzaning sirtlari egrilik radiuslarini ( $R_1$  va  $R_2$ ), linzadan buyumgacha (a) va uning tasvirigacha (b) bo'lgan masofalar bilan bog'lanishini ifodolvchi nisbat – yupqa linzaning formulasi deb ataladi.

$$(N - 1) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = \frac{1}{f} = \Phi$$

$\Phi$  -kattalik linzaning optik kuchi deb ataladi va uning o'lchov birligi – *dioptriya* hisoblanadi. 1 – dioptiriya – fokus masofasi 1 m ga teng bo'lgan linzaning optik kuchidir: 1 diop = 1/m.



15-rasm

Yig'uvchi linzalar bu- musbat optik kuchga ega bo'lgan linzalar, sochuvchi linzalar esa- manfiy optik kuchga ega bo'lganlari hisoblanadi.

Linzaning fokusidan o'tadigan, bosh optik o'qqa perpendikulyar bo'lgan tekislik – linzaning fokal tekisligi deb ataladi.

Bundan tashqari, yig'uvchi linzadan farq qiluvchi, sochuvchi linzalarda mavhum fokuslar ham mavjud bo'ladi (15- rasm).

Linzaning optik kuchi formulasi oq'rali linza formulasini ko'rinishi quyidagicha bo'ladi:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

Sochuvchi linzalarda f va b masofalar - ishorali (manfiy) bo'ladi.

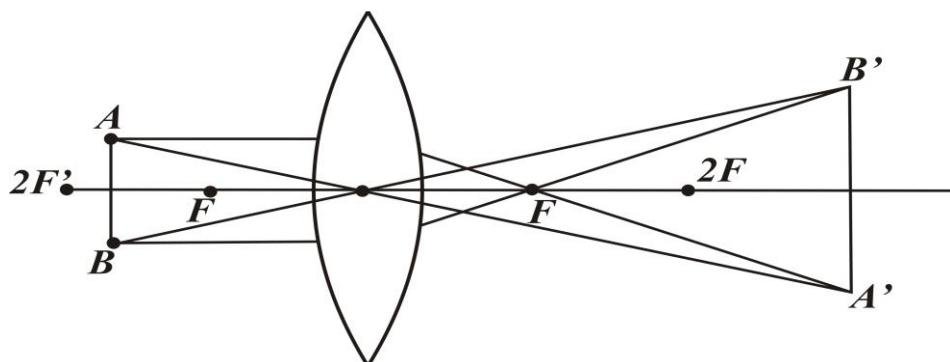
Linzalarda buyumning tasviri quyidagi nurlar orqali hosil qilinadi:

1. Linzaning optik markazidan o'tuvchi nur;

2. Bosh optik o'qqa parallel bo'lgan nur;

3. Linzaning birinchi fokusidan o'tuvchi nur.

16 - rasmda yig'uvchi linzada tasvir hosil qilish ko'rsatilgan. Hosil bo'lgan tasvir hamda buyumning chiziqli o'lchamlari nisbati linzaning chiziqli kattalashtirishi deb ataladi.



16-rasm.

### 15-§.Yorug'lik interferentsiyasi

**Reja:**

1.Yorug'lik interferentsiyasi. Kogerent to'lqinlar.

2.Interfrentsianing maksimumlik va minimumlik shartlari.

3.Yorug'lik interferentsiyasini hosil qilish usullari

4.Frenel ko'zgulari.

**Kalit sozlar:** Kogerent nurlar tushunchasi, yorug'lik interferentsiyasi, yorug'likning optik yo'l farqi, interferentsion maksimum sharti, interferentsion minimum sharti, vaqtiy kogerentlik, masofaviy kogerentlik.

**Yorug‘lik interferentsiyasi. Kogerent to‘lqinlar.** Mexanika qismida biz suv ustida tarqalayotgan to‘lqinlarning interferentsiyasi bilan tanishgan edik. Agar ikki to‘lqin o‘zaro uchrashib bir birini kuchaytirsa yoki susaytirsa bunday to‘lqinlarni kogerent to‘lqinlar deb atagan edik. Bunday xossa yoruglik to‘lqinlarida ham bo‘lishi mumkin. Bu fikr keyinchalik XVII asrda tasdiqlandi.

Albatta, ikkita nur sochib turgan jismlar kogerent manba bo‘la olmaydilar, Ulardagi atomlar bir-biri bilan bog‘lanmagan ravishda nur chiqaradilar, shuning uchun bu nurlarning fazalari xaotik ravishda o‘zgarib turadi va ularning farqi (ayirmasi) vaqtga bog‘liq bo‘lib qoladi. Shuning uchun yorug‘lik tarqatayotgan ikki jism hech qachon kogerent manba bo‘la olmaydilar. Buning uchun suniy bir uslubdan foydalilaniladi. Bitta manbadan chiqayotgan nurni ikkiga ajratiladi. Buning bir nechta yo‘li bor:

Ikkita monoxromatik yorug‘lik to‘lqini ustma-ust tushib, fazoning biror nuqtasida bir xil yo‘nalishli tebranishni hosil qilayotgan bo‘lsin:

$$x_1 = A_1 \cos(wt + \varphi_1) \quad \text{ea} \quad x_2 = A_2 \cos(wt + \varphi_2)$$

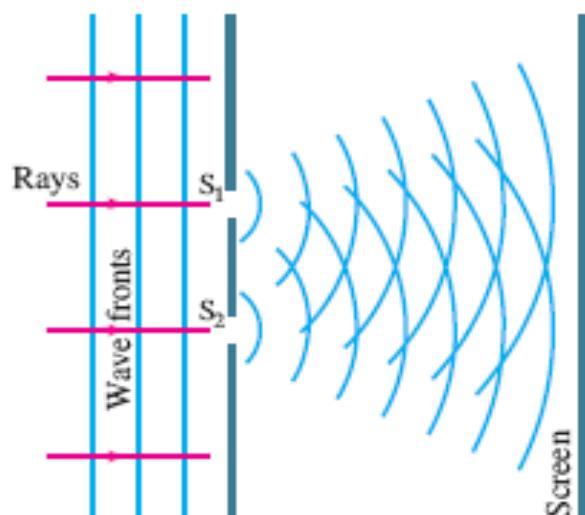
Bunda x o‘rniga to‘lqinning  $\vec{E}$  ea  $\vec{H}$  elektr va magnit maydon kuchlangan-liklaridan biri olinadi. Vektorlar o‘zaro perpendikulyar tekisliklarda tebranishadi hamda ular superpozitsiya prinsipiga ham bo‘ysunishadi. Berilgan nuqtada natsijaviy tebranishning ampliturasi quyidagicha aniqlanadi:

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1 A_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)$$

To‘lqinlar o‘zaro kogerentligi sababli, vaqt bo‘yicha o‘zgarmas (lekin, fazoning har bir nuqtasida o‘zgacha) miqdorga ega bo‘ladi, shuning uchun natijaviy to‘lqinning intensivligi ( $I \sim A^2$ )

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos(\varphi_2 - \varphi_1)$$

Fazoning  $\cos(\varphi_2 - \varphi_1) > 0$  shart bajariladigan nuqtalarida  $I > I_1 + I_2$ ,  $\cos(\varphi_2 - \varphi_1) < 0$  nuqtalarida esa  $I < I_1 + I_2$  holat vujudga keladi. Kogerent bir necha yorug'lik to'lqinlarining ustma-ust tushishi natijasida yorug'lik oqimining fazoviy qayta taqsimlanishi ro'y beradi.



1- rasm.

Natijada fazoning bir nuqtasida maksimum intensivlik, ikkichisida minumim intensivlik yuzaga keladi. Bu hodisani **yorug'likning interferensiyasi deyiladi** (1-rasm). **Kogerentlik**. Ikki tirkish radiatsiyaning ikki manbai bo'lganida ular orasida interferentsiya hosil bo'ladi. Ular **kogerentlik manbalari** deb ataladi, chunki ulardan taralayotgan to'lqinni, to'lqin uzinligi va chastotalari bir xil bo'ladi va xamma vaqt bir biri bilan bir xil fazada bo'ladi. Bunday bo'lishining sababi, to'lqinlar chap tomondagи ikki tirkish orasidan, bir manbadan keladi. Manbalar kogerentlikda bo'lganidagina interferentsiya manzarasini ko'rish mumkin. Agar ikkita lampa tirkishning o'rni bilan almashtirilganida, interferentsiya manzarasini ko'rib bo'lmas edi. Bir lampadan chiquvchi yorug'lik, ikkinchi yorug'likka nisbatan tasodifiy fazaga ega bo'ladi, va ekran ko'proq yoki kamroq bir xil yoritilgan bo'ladi. Bir biri bilan xech qanday doimiy fazalar farqiga ega bo'lмаган ikki shunday manba **kogerentlanmagan manbalar** deyiladi.

**Yorug'lik interferentsiyasini hosil qilish usullari.** Agar ekrandagi ikki  $S_1$  va  $S_2$  kichik teshiklarni ulardan ma'lum masofada joylashgan  $S$  manbadan chiqayotgan nur bilan yoritsak  $S_1$  va  $S_2$  teshiklar ikkilamchi to'lqinlar manbasiga aylanib qoladi.

Ko‘rnib turibdiki, S dan chiqayotgan to‘lqinlar fazasida qanday o‘zgarishlar yuz bersa, bu o‘zgarishlar  $s_1$  va  $s_2$  lardan tarqayotgan ikkilamchi to‘lqinlarda ham parallel ravishda yuz beradi, demak fazalar farqi o‘zgarmay qolaveradi. Demak, bu to‘lqinlar o‘zaro **kogerent** bo‘lib qoladilar. Bu usulni ingliz olimi **Yung** topgan. Ikkinchisi uslubni frantsuz fizigi Frenelb qo‘llagan.

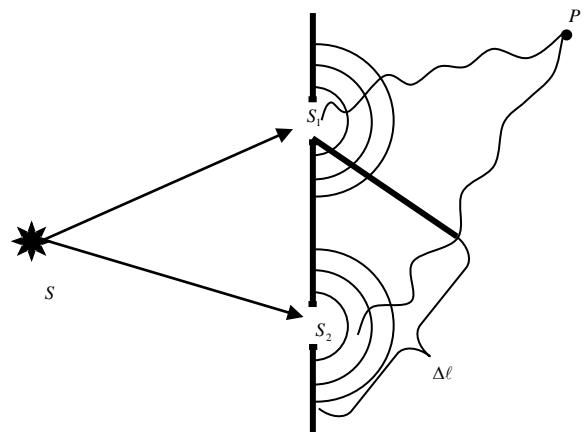
3-rasmida bir-biriga nisbatan  $\alpha$  burchak ostida joylashgan ikki ko‘zgu keltirilgan. S manba bu ko‘zgularda o‘zining  $s_1$  va  $s_2$  tasvirini hosil qiladi. Bu tasvirlar ikki kogerent manba bo‘lib qoladi. Ulardan tarqagan ikki nur P nuqtada uchrashsa interferentsiya kuzatilishi mumkin. Lekin interferentsiya natijasi ikki to‘lqinning yo‘l farqi  $\Delta\ell$  ga bog‘liq bo‘ladi.

Agar  $\Delta\ell = PS_2 - PS_1$  masofada yarim to‘lqin uzunliklardan juft soni joylashsa, u holda P nuqtada interferentsiya maksimumi kuzatiladi:

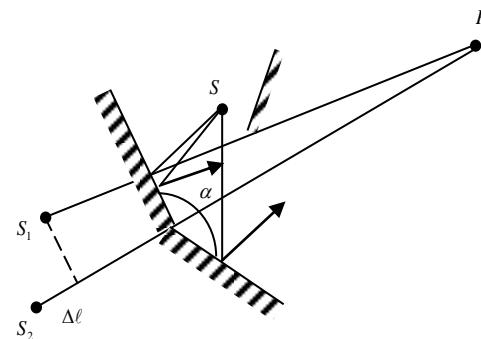
$$\Delta\ell = n\lambda = 2n \frac{\lambda}{2} \quad \text{maksimum sharti.}$$

Agar  $\Delta\ell$  masofada yarim to‘lqin uzunliklardan toq soni joylashsa minimum kuzatiladi:

$$\Delta\ell = (2n+1) \frac{\lambda}{2} \quad \text{minimum sharti}$$



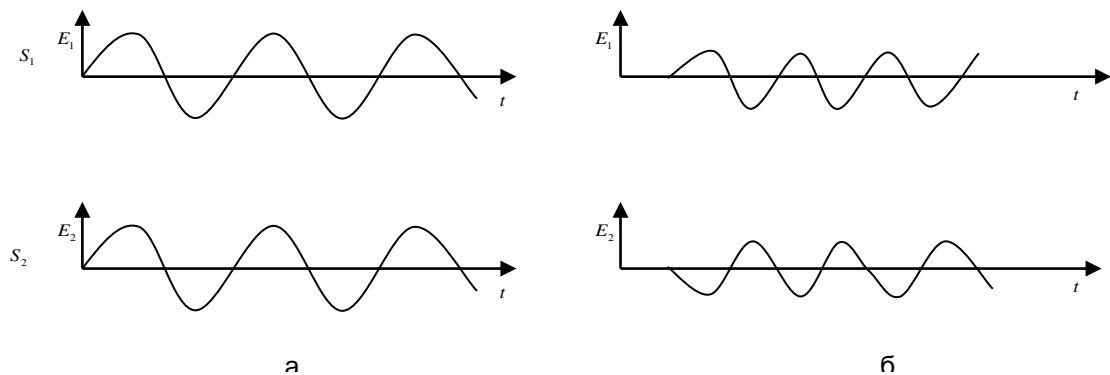
2-rasm



3- rasm

bu yerda  $= 0,1,2,\dots$ , - to'lqin uzunliigi.

Nima uchun shunday bo'ladi. 4- rasmida P nuqtaga va manbalardan yetib kelgan ikki to'lqinning vaqtga bog'liqlik grafigi keltirilgan.



5-a,b. rasm

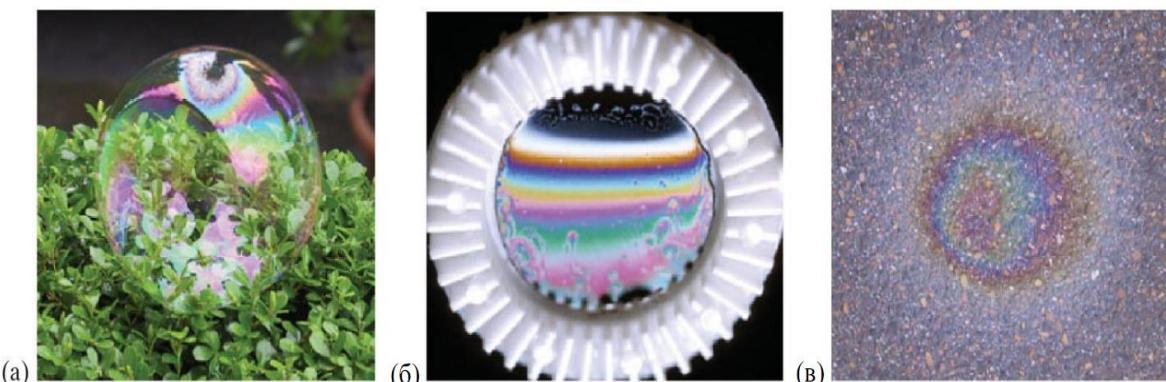
5-a-rasmida ikki to'lqinning istalgan  $t$  vaqtdagi fazalar farqi nolga teng ekanligi (elektr maydon ishorasining bir xilligi) ko'rinish turibdi, bunday to'lqinlar qo'shilsa bir-birini kuchaytiradi. Bu xol  $\Delta\ell$  masofada yarim to'lqin uzunlik juft son marta joylashsagina yuz berishi mumkin.

5-b-rasmida R nuqtaga yetib kelgan ikki to'lqinning fazalar farq  $180^\circ$  ga teng xoli ko'rsatilgan. Boshqcha aytganda, bu ikki to'lqinning elektr maydon kuchlanganliklari istalgan vaqtida bir-biriga teng va qarama-qarshi ishorali bo'lishini bildiradi. Bunday to'lqinlar qo'shilsa bir-birini susaytirib nol natijani beradi. Bu xol

$\Delta\ell$  masofada yarim to'lqin uzunlik toq son marta joylashganda yuz beradi.

**Yupqa pardada interferentsiya.** Yorug'lik interferentsiyasinisovun pufakchasiidan va suv yuzasidagi yog' yoki benzin yupqa plenkasidan qaytgan yorug'likning turli ranglarda ko'rinishi signari kundalik hodisalarda kuzatish mumkin. Bu va boshqa hollardagi ranglar yupqa parda ikkita yuzasidan qaytgan yorug'lik interferentsiya natijasi hisoblanadi. Bu effekt pardaning qalinligi yorug'lik to'lqin uzunligi tartibida bo'lganda kuzatiladi. Agar parda qalinligi

yorug‘lik to‘lqin uzunligidan katta bo‘lsa bu effekt ranglari aralashganga o‘xshab ko‘rinadi.



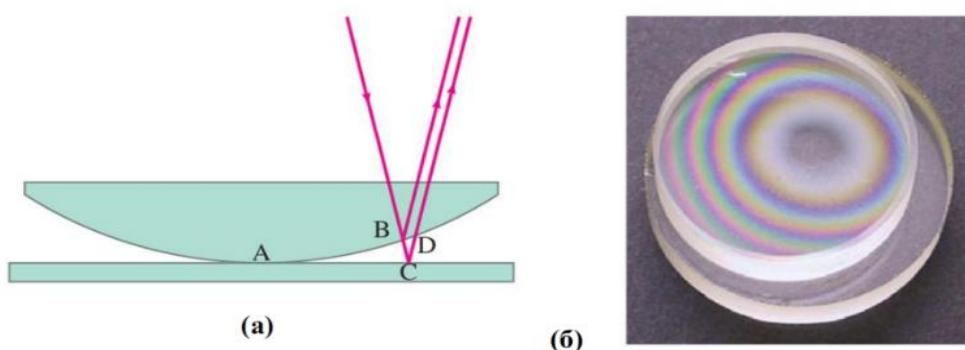
6-a,b,v. rasm. Yupqa pardadagi yorug‘lik interferentsiyasi: (a) sovun pufagi, (b) sovunli suv aralashmasining yupqa pardasi, (v) nam yo‘lkadagi yog‘ning yupqa pardasi

Yupqa pardada yorug‘lik interferentsiyasi ro‘y berishini kuzatishda suv silliq qatlami ustida joylashgan suvning sindjirish ko‘rsatkichiga nisbatan sindirish ko‘rsatkichi kichik bo‘lgan boshqa moddaning mahsus yupqa qatlami qaraladi. Tushuvchi yorug‘likni monoxromatik yorug‘lik deb faraz qilamiz. Tushuvchi yorug‘likning bir qismi qatlamning tashqi yuzasidan va yorug‘likning qolgan qismini ichki yuzadan qaytadi. Ichki qatlam yuzasidan qaytgan yorug‘lik qatlamdan ikki marta o‘tadi. Agar ushbu yo‘llar farqi plenkadagi bir yoki bir nechta to‘lqin uzunliklariga teng bo‘lsa, u holda ikkita to‘lqin kuzatuvchi ko‘zida interferentsiyalashadi. Bundan plenka AS soha yuzasida yorug‘ soha paydo bo‘ladi.

Oq yorug‘lik dastasi bu kabi plenkaga tushganda bitta to‘lqin uzunlik uchun ABC yo‘llar farqi  $\lambda_n$  (ёки  $m\lambda_n$ ,  $m$  бутун сон  $\lambda_n$  (yoki  $m\lambda_n$ ,  $m$ - butun son) kuzatish burchagi beriladi.  $\lambda$  to‘lqin uzunligiga mos keluvchi rang juda yorug‘ bo‘lib ko‘rinadi. Agar tushuvchi yorug‘lik burchaklari bir-biridan kam farq qilsa, ABC yo‘llar farqi mos ravishda qisqa va uzun bo‘ladi va turli ranglar

interferentsiyalashadi. Shunday qilib, oq yorug‘lik chiqaruvchi keng manba uchun galma-gal keluvchi yorug‘ ranglar seriyasi bo‘lib ko‘rinadi. Parda qalinligini o‘zgartirish orqali yo‘llar farqini ham o‘zgartirish mumkin, shuninng uchun rangli yorug‘lik katta miqdorda qaytadi.

**Nyuton halqalari.** Shisha plastinkaga qo‘yilgan shishaning egri yuzasi 6a-rasmida keltirilgandek oq yorug‘lik yoki monoxromatik to‘lqinlar bilan yoritilganda kuzatish nuqtasida kontsentrik halqalar seriyasi kuzatiladi. Bu halqalar Nyuton halqalari deb nomlanadi va ular havo bilan ajratilgan shishalarning yuzalaridan qaytgan nurlarninng interferentsiyalanishiga asoslangan. Bu havo bo‘shlig‘ining qalinligi shishalar birlashgan markaziy nuqtadan ularning chekka nuqtalariga tomon ortib boradi va shisha yuzalaridan qaytuvchi tolqinlar uchun qo‘sishimcha yo‘l uzunlikka ega bo‘ladi. U  $0, \frac{1}{2}\lambda, \frac{3}{2}\lambda, 2\lambda$  larga teng bo‘lib bu interferentsion maksimum va minimumlarga muvofiq keladi; va 6b- rasmida ko‘rsatilgandek yorqin rangli halqalar seriyasini ortib borishini ko‘rsatadi. Kuzatilayotgan halqalardagi ranglar interferentsion maksimumga mos keladi; bu halqalarda boshqa ranglar to‘liq yoki qisman interferentsion minimumga mos keladi. (Agarda monoxromatik yorug‘likdan foydalanilsa, halqalar navbatma-navbat joylashgan yorqin va qorong‘u halqalardan iborat bo‘ladi).



7-rasm. Nyuton halqalari. (a) havo bo'shlig'i bilan ajratilgan ikkita plastinka ichki yuzalaridan qaytgan yorug'lik interferentsiyalashadi. (b) Oq yorug'likdan foydalanib olingan interferentsion manzara fotosurati.

Ikkala shisha birlashgan nuqta 7b-rasmida ko'rsatilgandek qorong'u doira shaklida bo'ladi. Bunda yo'llar farqi nolga teng bo'lgani uchun, bizning dastlabki tahlillarimizdagidek har bir yuzadan qaytgan yorug'lik bir hil fazali bo'lib, markaziy soha yorqinligi nolga teng. Biroq qorong'u soha, ikkita to'lqinlar fazalari qarama-qarshi bo'lishini anglatadi.

Bunda qaytgan to'lqinlar fazalari  $180^0$  ga yoki  $\frac{1}{2}\lambda$  yo'llar farqiga ega bo'ladi. Haqiqatan, bu va boshqa tajribalarda yuzaga normal tushuvchi yorug'lik dastalari tarqaluvchi muhit sindirish ko'rsatkichidan sindirish ko'rsatkichi katta bo'lgan muhitga tushganda fazasi  $1800$  ga yoki  $\frac{1}{2}$  davrga o'zgaradi; Bu faza o'zgarishi  $\frac{1}{2}\lambda$  yo'llar farqi singari ta'sir ko'rsatadi. Agar muhit sindirish ko'rsatkichi yorug'lik tarqaluvchi muhitnikidan kichik bo'lsa, u holda faza o'zgarishi ro'y bermaydi.

### Nazorat savollari

1. Kogerent manbalar deb nimaga aytildi.
2. O'zaro kogerent nurlar qanday xususiyatlarga ega.
3. Interferentsiya hodisasini tushuntirng.
4. Interferentsiya hodisasini tajribada hosil qilish usullariga misollar keltirng.
5. Nurlar qo'shilishda maksimum shartini izohlang.
6. Nurlar qushilishda minimum shartini tushuntiring.

## 16-§. Yorug'lik difraktsiyasi

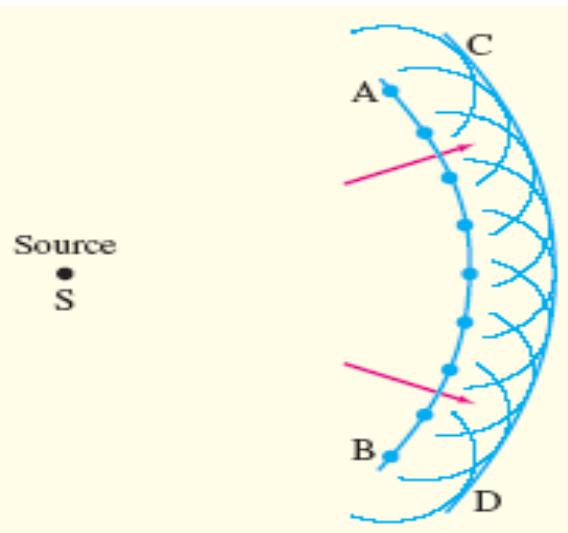
### Reja:

1. Yorug'lik difraktsiyasi.
2. G'yugens –Frenel printsipi.
3. Frenel zonalari nazariyasi.
4. Tuynuk va to'siqdan o'tishda Frenel difraktsiyasi.

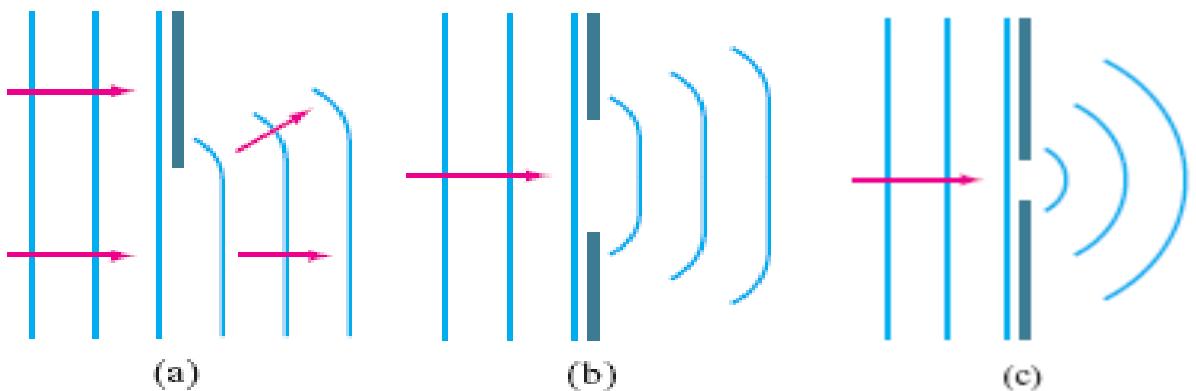
**Kalit so'zlar:** yorug'lik difraktsiyasi, G'yugens –Frenel printsipi, tuynuk va to'siq, to'lqin fronti.

### Yorug'lik difraktsiyasi.

To'lqinlarning o'z yo'lida uchragan to'siqlarni aylanib o'tishi yoki boshqacha aytganda geometrik optika qonunlarga bo'ysunmasdan tarqalish hodisasiga **difraksiya** deyiladi (1- rasm). Difraksiya tufayli to'lqinlar geometrik soyalar sohasiga o'tib qolishi, to'siqlarni chetlab o'tishi yoki ekrandagi kichkina tirqishlardan sizib o'tishi mumkin [3].



1- rasm.



2-rasmda, nuqtaviy yorug‘lik manbai yordamida tanganing soyasi hosil qilingan. Soyaning markazida yorug‘ dog‘ hosil bo‘ladi. Soyaning tashqarisida yorug‘ va qorong‘i yo‘llar vujudga keladi. Bu manzara difraksion manzara nomini olgan.

Difraksiya hodisasi barcha to‘lqin jarayonlari uchun o‘rinlidir. Unda nima sababdan yorug‘lik to‘lqin tabiatiga ega bo‘lishiga qaramasdan aniq soyalar hosil bo‘ladi? Bu savolga Gyuygens prinsipi faqatgina to‘lqin frontining tarqalish yo‘nalishi masalasini hal qiladi, u turli yo‘nalishlarda tarqalayotgan to‘lqinlar intensivligini va to‘lqin amplitudasini hisoblash imkoniyatini bermadi. Frenel-Gyuygens prinsipiga fizikaviy mazmun bag‘ishlab, unga ikkilamchi to‘lqinlar interfrensiyasi g‘oyasi bilan to‘ldirdi.

Nemis olimi Kristian Gyuygens (1629–1695) Nyutonning zamondoshi bo‘lib, yorug‘likka to‘lqin nazariyasi ko‘proq to‘g‘ri kelishini tushuntirgan. Gyuygens nazariyasi to‘lqin frontining boshi qayerdaligi aniqlansa, to‘lqin fronti qayerdan o‘tishini ko‘rsatadi. **To‘lqin fronti** deb biz ikki yoki uch o‘lchamli to‘lqinning cho‘qqisini nazarda tutamiz va uni okeanda ko‘rganimizda oddiygina “to‘lqin” deb ataymiz. **Gyuygens printsibi:** Yorug‘lik frontidagi har bir nuqta to‘lqin manbasi deb qaralishi mumkin va ular to‘lqin tezligida oldinga tomon kichik to‘lqinchalar tarqatadi. Yangi to‘lqin fronti to‘lqinchalarni o‘z ichiga olib ularga urinma bo‘lib qoladi.

Agar muhitni izotropik desak, unda barcha yo‘nalishlarda to‘lqinlarning tezliklari bir biriga teng bo‘ladi. Qisqa vaqt ichida AB da bo‘ladigan to‘lqin

frontini topish uchun, ABbo‘ylab radiusi  $r=vt$  bo‘lgan kichik doiralar chiziladi. Bu aylanalarning markazlari havo rangda bo‘lib, ular AV to‘lqin frontida joylashgan va bular Gyugens to‘lqinchalarini bildiradi. Qisqa vaqt t dan so‘ng bu to‘lqinchalarga urinma bo‘lib SD, ya’ni to‘lqinning yangi o‘rni hosil bo‘ladi, chunki to‘lqin harakatlanadi. Gyugens printsipi to‘lqinlar to‘siqqa uchraganda yoki to‘lqinlarda uzilish bo‘lganda ularga nima bo‘lganini analiz qilish uchun ishlatishga qulay hisoblanadi. To‘sinqi egib o‘tgan to‘lqinlarning to‘sinq ortidagi ko‘rinmas joyda tarqalishi diffraktsiya deyiladi. Diffraktsiya faqat to‘lqinlarda uchraydi, zarralarda bunday hodisa bo‘lmaydi va bu hodisa yorug‘likning o‘ziga xos hislatidir.

Nyuton yorug‘likning zarra nazariyasi tarafdori bo‘lgan va u ikkinchi muhitdagi tezlikni kattaroq deb hisoblagan. To‘lqin nazariyasi esa buni aksini ko‘rsatgan. 1850-yilda fratsuz fizigi Jan Fokalt suvdagi yorug‘lik tezligini o‘lhash uchun tajriba o‘tkazgan va bu tajriba natijasi to‘lqin nazariyasining to‘g‘riligini bildirgan. Keyinchalik yorug‘lik nazariyasi barcha olimlar tomonidan qabul qilingan.

**Yagona tirkish yoki disk orqali diffraktsiya.** Yungning ikkitirqishli tajribasi yorug‘likning to‘lqin nazariyasiga yangilik olib kirdi. Lekin, to‘liq ushbu fikrning ma’qullanishi diffraktsiyani o‘rgangandan keyingina, o‘n yildan keyin, 1810 va 1820 yillar orasida amalga oshdi.

Biz allaqachon diffraktsiyani suv va yorug‘lik to‘lqinlari bilan birgalikda qisqagina muxokama qildik. Biz diffraktsiyani qirralar atrofida yoyilishi yoki og‘ishini ko‘rdik. Keling, batafsil o‘rganib chiqaylik.

1819-yilda Avgustin Frenel (1788-1827) Frantsiya akademiyasiga yorug‘lik to‘lqini nazariyasini taqdim qildi va interferentsiya xamda diffraktsiya effektlarini oldindan aytib, tushuntirib xam berdi. Deyarli shu zaxoti Simon Puasson (1781-1840) kutilmagan, mantiqqa zid hulosani aytib o‘tdi: Frenelning to‘lqin nazariyasi bo‘yicha, agar nuqta manbadan chiqadigan yorug‘lik qattiq diskka tushadigan

bo'lsa, tushgan yorug'likning bir qismi qirralar atrofida yoyiladi va disk soyasining markaziga tushadi.

Ushbu bashorat xaqiqatga yaqin emas edi. Lekin, bu tajriba Fransua Arago tomonidan o'tkazilganda, yorqin dog' soyaning qoq markazida ko'ringani ma'lum bo'ldi. Bu to'lqin nazariyasining kuchli isboti bo'ldi.

### **Nazorat savollari.**

1. Yorug'lik difraktsiyasi qanday fizik hodisa.
2. Frenel zonalar uslubi nima maqsadda kiritilgan.
3. Zonalardan foydalanishning xususiyatini tushuntiring.
4. Natijaviy amplituda qiymati qanday izohlanadi.
5. Frenel zonasining radiusi qanday ko'ninishga ega.
6. Bir qo'lingizni ko'zingizga yaqinlashtirib va uzoqda turgan yorug'lik manbasini ikkala barmog'ingiz bilan hosil qilingan ingichka tirkishda fokuslang.(Barmoqlarni shunday joylashtiringki tiniq tasvir hosil bo'lsin.) Siz ko'rayotgan tasvirni tavsiflab bering.
7. Bitta tirkishdagi difraktsiya uchun, (a) tirkish kengligiortishi, (b) to'lqin uzunligining ortishi qanday effektlarni yuzaga keltiradi?
8. Kengligi (a) 60 nm, (b) 60000 nm bo'lgan tirkishga oq yorug'lik tushganda hosil bo'lgan bir tirkishli difraktsiya manzarasini tushuntiring.
9. Agar qurilmaga havo o'rniga (a) suv, (b) vakuum ishlatsa, bir tirkishning difraktsion manzarasi qanday o'zgaradi?
10. Orasidagi masofa  $\llbracket 10 \rrbracket^{-4}$  sm bo'lgan ikkita tirkish va  $\llbracket 10 \rrbracket^{-4}$  tirkish/sm li difraktsion panjarada hosil qilingan interferentsion manzaralarning farqi nimada?
11. Difraktsion panjara uchun qaysi biri muhimroq (a) ko'p tirkishga ega bo'lishi, (b) juda yaqin joylashgan tirkishlarga ega bo'lishi?

## **VII-BOB. ATOM FIZIKASI**

## 17-§. Atom tuzilishi.

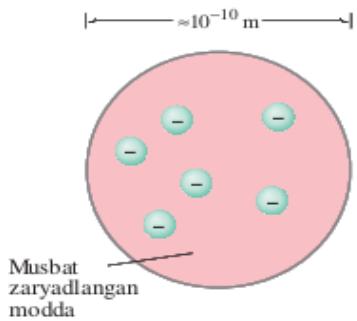
### Reja:

1. Atom tuzilishi. Atom tuzilishi bo'qyicha turli qarashlar.
2. Bor nazariyasi.
3. Atomninig yadroviy planetar modeli.

**Kalit so'zlar:** atom, Bor, model, Rezerford modeli, yadroviy planetar modeli, Tomson.

**Atom tuzilishi.** Ko'p yillar davomida fanda, atom tabiatning bo'linmas qismi bo'lib, "materiya tuzilishining eng kichik g'ishtchalari" deyilgan g'oya hukmronlik qilib kelingan. "Atom" tushunchasi grekcha "atomos" so'zidan olinib, "bo'linmas" ma'nonsini anglatadi. Gazlar kinetik nazariyasini tushintirishda eng ma'quli hisoblangan atom "bo'linmas"lik tushinchasi ko'pgina tajribalar asoslarini tushintirishda XIX asr oxirigacha eng foydali ta'limot bo'lgan. Lekin, XIX asr oxirlarida katod nurlarining ixtiro qilinishi, birinchi bo'lib elementar zaryadlangan zarracha ya'ni, elektronning aniqlanishi, radioktivlik hodisasining kashf etilishi kabi boshqa yana ko'pgina hodisalar atomning murakkab tuzilishiga egaligidan dalolat edi. Bu hodisalar kvant xarakteriga ega ekanligidan, atomning tuzilishi bo'yicha yangi tasavvurlar, yangi modelni yaratish kerakligini ko'rsatdi. Atom tuzilishining birinchi modelini Tomson o'z fikrlari orqali ilgari surdi.

Birinchi atom modelini nazariy yo'1 bilan 1904 yil Tomson kashf qildi. Tomson fikriga ko'ra atom tarkibi bir tekis musbat zaryadlangan sharchadan iborat bo'lib unda elektronlar xarakatlanadi. Atom tuzilishining bu modelini keksga yoki tarvuzga uxshatish mumkin.

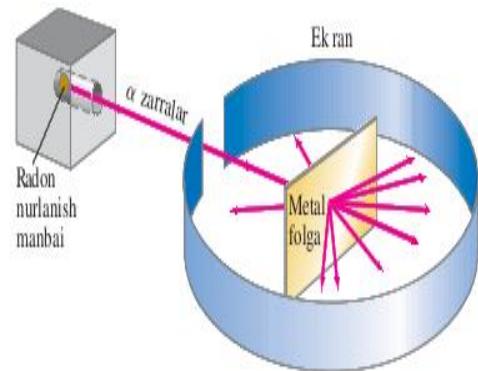


Tomsonning hisoblashlariga ko'ra bu kabi atomning radiusini taxminan  $r \sim 10^{-10}$  m ga teng bo'lishi kerak. Tomson modeliga muvofiq, atomning massasi atomning to'liq hajmi bo'ylab taqsimlangan. Atomning atrofida va ichida kuchli elektr maydoni yuzaga kelmaydi.

**Rezerfordning modeli. Atomning planetar yadroviy modeli.** Tomson modelini to'g'ri yoki noto'g'ri ekanligini aniqlash ushun 1911 yilda E. Rezerford o'z tajribasini o'tkazdi. Ya'ni, Rezerford α- zarrachalar yordamida ( $\alpha$ -zarrachalar ikki marta ionlashgan geliy atomidir) yupqa oltin plastinkani (fol'gani) bombardimon qiladi. Qo'rg'oshin bo'lagidagi kovak ichiga radiyaktiv manba bo'lган radiy qo'yilgan. Bu manba orqali barcha yo'nalishlar bo'yicha al'fa- zarrachalar uchib chiqadi. Lekin qo'rg'oshinning tirqishidagi yo'nalishi orqali boshqa xamma yo'nalishdagi al'fa-zarrachalar yutiladi. Tirqishdan chiqayotqan al'fa-zarralar dastasi F oltin fol'gaga perpendikulyar holatda tushadi. Fol'gadan o'tayotgan zarralar esa fluoressensiyalanuvchi qatlam bilan qoplangan. E- ekranga tushayotgan nuqtalarda chaqmoqchalar hosil bo'ladi.

Bu chaqmoqchlarning harakatini o'rganish vaqtida al'fa-zarralarning fol'gadan o'tish holatidagi sochilish haqida ma'lumot olindi. Kuzatishlar shuni ko'rsatdiki, al'fa-zarrachalarning kopchiligi o'z harakat yo'naliшини o'zgartirmasdan judayam kichik bo'lган burchaklarga og'adi.

Ammo, zarrachalarning bir qismi etarlicha katta burchaklarga og'adi. Hatto orq'a tomonga teskari harakatlangan al'fa-zarrachalarni ham kuzatish mumkin.



2-rasm.



3-rasm

Bu sochilishni o'rgangan E. Rezerford o'zining bir nechta xulosalarini ilgari surdi:

1.  $\alpha$ -zarrachning bu holatda (burchaklarga) sochilishi uchun atomning atrofida, hamda ichida kuchli elektr maydoni mavjud bo'lishi lozim;
2.  $\alpha$ -zarrachlarni bu kabi burchaklarda sochilishi uchun atom massasi atomning to'liq hajmida emas, balki atom masasi asosan birorta biror kichkina hajmda yi'ilgan bo'lishi shart bo'lib, butun hajm musbat zaryadga ega bo'lishi lozim.

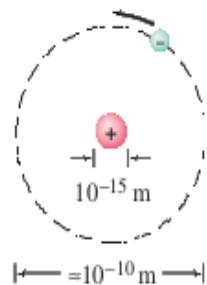
Shu sasbabli, fol'gadan o'tishida asosiy ta'sirlashuv  $+2e$  ga teng bo'lган  $\alpha$ -zarra va atom massasining asosiy qismini o'zida to'plagan musbat zaryadli ( $+Ze$ ) soha (bu sohani yadro deb atash odat bo'lган, yadro- "mag'iz" degan ma'noni anglatadi.) orasida amalga oshadi. Natijada yadroga yaqin bo'lган masofadan o'tuvchi  $\alpha$ -zarra yadrodan uzoqroq masofadan o'tayotgan  $\alpha$ -zarrachaga

nisbatan kattaroq burchakga og'adi, chunki  $\alpha$ -zarra va yadro o'rtasidagi o'zaro itarishuvchi kulon kuchi mavjud bo'lib, ular orasidagi masofaga teskari proporsionaldir. To'ppa-to'g'ri yadroga qarab keluvchi  $\alpha$ -zarracha belgilangan, zarra va yadro orasidagi o'zaro itarishuvchi) esa Kulon kuchi ta'sirida sekinlashib to'xtaydi, so'ng orqasiga qaytadi. Klassik fizika qonunlari asosida o'tkazilgan miqdoriy hisoblar **Rezerford** farazini tasdiqladi.

Aytilgan fikrlarga tayangan holda, Rezerford atomining planetar modelini aniqladi va Tomsonning modeli to'g'ri emasligini isbotladi. Bu modelga muvofiq, atomning markazida musbat yadro va bu yadroning atrofida, Quyosh atrofidagi planetalar aylanishiga kabi, manfiy zaryadlangan zarracha ya'ni, elektronlar aylanib turadi.

Bunga misol qilib vodorod atomini olish mumkin. Vodorod atomi bu eng sodda atom bo'lib, bu atom yadrosida bitta proton mavjud. Atomning qariyib hamma massasi yadroda joylashgan. Sababi elektron massasi proton massasining ya'ni vodorod atomi yadrosi massasining  $1/1840$  ulushini tashkil qilib, moddaning atom massasiga deyarli ta'sir etmaydi. Atom elektr neytral zarrachadir, chunki atomda qancha proton bo'lsa, shuncha elektron ham bor, ya'ni yadroning zaryadi elektronlarning to'la zaryadiga teng.

Shu tariqa atomning yadro modeli yaratildi. U ba'zan atomning planetar modeli deb ham ataladi, chunki yadroni quyoshga elektronlarni esa sayyoralarga o'xshatiladi. Bu model' atom tuzilishini o'rghanishda muhim qadam bo'ladi. lekin uning kamchiliklari ham mavjud edi. Kamchiliklar asosan ikkita. Bu kamchiliklar bilan eng sodda atom- vodorod atomi misolida tanishaylik. Modelga ko'ra zaryadi  $+e$  bo'lgan yadro atrofida bitta elektron berk orbita bo'ylab xarakatlanadi. Lekin bu elektron katta tezlanish bilan xarakatlanishi lozim.



4-rasm

Masalan, radiusi  $r=10^{-10}$  m orbita bo'ylab  $v \sim 10^6$  m/s tezlik bilan xarakatlanayotgan elektron qiymati:  $a=v^2/r=10^{22}$  m/s<sup>2</sup> bo'lgan normal tezlanishga ega bo'ladi. klassik elektrodinamikaga asosan, bunday elektron elektromagnit nurlanish va energiyasi kamayganligi tufayli uning orbitasi borgan sari torayib borishi lozim. Hisoblarning ko'rsatishicha taxminan  $10^{-8}$  s chamasi vaqt o'tgach, vodorod atomining elektroni yadroga yiqilib tushishi kerak. Vaholanki, vodorod atomi barqarordir. Bu mos kelmaslik planetar model' duch kelgan birinchi qiyinchilikdir.

Ikkinchi qiyinchilikning mohiyati quyidagidan iborat: zaryadi +e bo'lgan vodorod atomining yadrosi atrofida r radiusli orbita bo'ylab  $v$  tezlik bilan aylanayotgan elektron uchun har bir onda unga ta'sir etayotgan Kulon kuchi

$$\begin{aligned} (F_k = e^2/(4\pi\epsilon_0 r^2)) & \quad \text{va markazdan qochma kuch} \\ (F_{mk} = m_e a = (m_e v^2)/r) & \quad \text{teng bo'ladi ya'ni} \\ e^2/(4\pi\epsilon_0 r^2) = (m_e v^2)/r & \end{aligned}$$

Bu tenglama r ning nihoyat ko'p qiymatlari uchun bajariladi. r ning har bir ixtiyoriy qiymatiga esa elektron tezligi v ning va energiyasi W ning aniq qiymatlari mos keladi. Ya'ni elektronning klassik radiusi  $r_0 \sim 2,8 \cdot 10^{-17}$  m desak elektron bilan vodorod yadrosining ta'sirini nuqtaviy zaryadlar ta'siri deb qarash mumkin va uning energiyasi

$$e^2/(4k\epsilon_0 r_0) = m_0 s^2, \quad (\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ f/m})$$

formula bilan ifodalanadi. Bu formulada e- elektronning zaryadi, s-yorug'likning vakuumdagi tezligi, m<sub>0</sub>-elektronning tinchlikdagi massasi. Bu holda r<sub>0</sub> har qanday uzluksiz qiymatlarga ega bo'lardi va vodorod atomi o'zidan tutash spektrlar chiqargan bo'lardi. Lekin Bal'mer-Ridberg xulosalariga asosan uyg'ongan vodorod atomlari diskret-chiziqli spektrlarga ega.

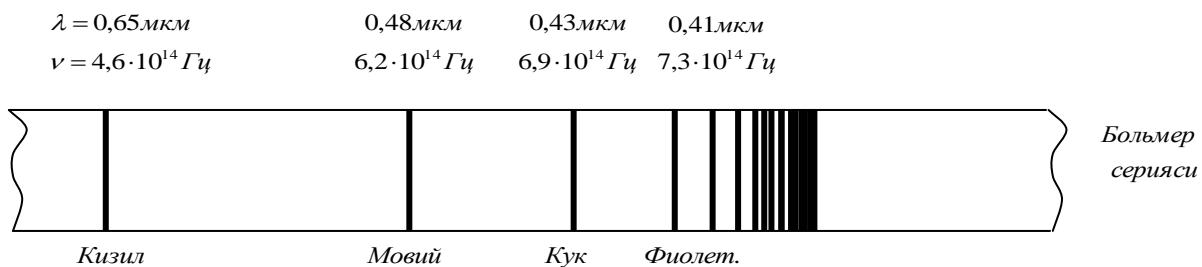
Odatda, spektorlar uzlusiz va chiziqli deb ataladi. bu terminlar ishlatalishining sababi nimada? Nurlanishlarni to'lqin uzunliklari bo'yicha jaratib ularni fotoplastinkaga tushiruvchi qurilmalarga spektrograflar deyiladi. Spektragraflarning asosiy qismi prizma bo'lib, tasmasimon tirqishdan o'tib, prizmaga tushayotgan turli to'lqin uzunlikli nurlanishlar bu prizmada turlicha sinadi, ya'ni chastotasi kichikroq bo'lgan qizil nurlanish chastotasi kattaroq bo'lgan binafsha nurlanishga nisbatan kichikroq burchakga og'adi. Natijada fotoplastinkada spektrografning kichik tirqishdan o'tgan turli chastotali nurlanishlar vujudga keltirgan tasvirlari paydo bo'ladi. tirqish tasmasimon shaklda bo'lganligi uchun tasvir ham tasmasimon bo'ladi. lekin spektrografni ajratish qobiliyatini oshirish maqsadida tirqish nihoyatda ensiz qilib olinadiki, natijada ishlov berilgan fotoplastinkadagi tasvir xuddi chiziqga o'xshab ketadi.

Shuning uchun bunday nurlanish spektri chiziqli yoki uzlukli deb ataladi. shuni alohida qayd qilaylikki, har bir "chiziq" biror spektral intervalni aks ettiradi, lekin bu interval juda kichik bo'lganligi tufayli har bir "chiziq" ga ma'lum chastotali nurlanish mos keladi, deyishimiz mumkin. Agar manba nurlanishi uzlusiz ravishda ketma-ket keluvchi chastotali nurlanishlardan iborat bo'lsa, bu nurlanishlar tufayli vujudga kelgan fotoplastinkadagi chiziqlar bir-birlari bilan ajratib bo'lmaydigan darajada yonma-yon joylashadi. Shuning uchun fotoplastinkadagi tasvir uzlusiz bo'ladi va bunday nurlanish spektri uzlusiz spektr deb ataladi.

Vodorod atomining nurlanishining spektrini o'rganish natijasida spektrdagи chiziqlar tartibsiz emas, balki gruppalar tarzida (bu gruppalarни chiziqlar seriyalari deb atsh odat bo'lgan) ma'lum qonuniyat bilan joylashganligi aniqlandi. 5-rasmda vodorod atomi spektrining ko'rinvchan va ul'trabinafsha qismlari tasvirlangan. Vodorod atomi spektridagi barcha chiziqlar chastotalarini quyidagi umumlashgan Bal'mer formulasi bilan ifodalasa bo'ladi:

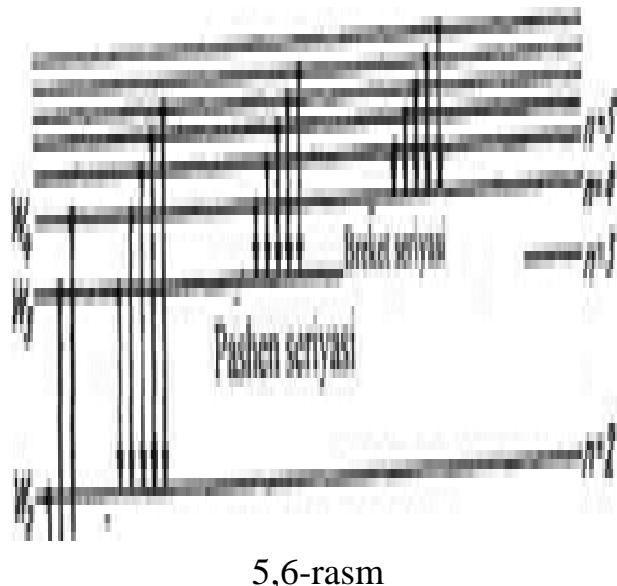
$$v=R((1/m^2)-(1/n^2))$$

Bu formuladagi R– Ridberg doimiysi deb ataladi. uning qiymati  $2,07 \cdot 10^{16}$  rad/s ga teng. m ning qiymati esa Layman seriyasi uchun 1, Bal'mer seriyasi uchun 2, Pashen seriyasi uchun 3, Breket seriyasi uchun 4, Pfund seriyasi uchun 5 ga teng.. Ayrim seriyalardagi chiziqlarning chastotalari (1) ifodaga  $n=m+1$ ;  $m+2$ ;  $m+3$  qiymatlarni qo'yish natijasida vujudga keltiriladi.



Masalan Bal'mer seriyasi uchun  $m=2$ . Shuning uchun  $n=3,4,5..$  qiymatlarda mos ravishda 5,6-rasmlarda tasvirlangan  $H\alpha$ ,  $H\beta$ ,  $H\gamma$  chiziqlarning chastotalari hosil bo'ladi.

Demak, atomning Rezerford taklif etgan planetar modeli, birinchidan, atomlarning barqarorligini, ikkinchidan, atomlar spektorlarining chiziqliligini va uning qonuniyatlsrini tushintirishga ojizlik qiladi.



**Bor postulatlari.** Bor Rezerfordning atom modelini kamchiliklarini hisobga olib, Plankning elektromagnit nurlanishlar diskret porsiyalarida ro'y

berishi haqidagi g'oyasini hisobga olgan holda atomlarning o'zidan nur chiqarish va yutishni o'zining quyidagi uchta postulati yordamida tushintirib berdi.

### **Bor postulatlari:**

1. Elektronlar yadro atrofida ma'lum stasionar orbitalarda aylanib bu orbitalarga  $E_1$ ,  $E_2$ ,  $E_3$ ..... En uzlukli, diskret qiymatli energiyalar to'g'ri keladi. Elektron statsionar orbitalarda aylanganda, atom tashqariga energiya chiqarmaydi. Shuning uchun bu hol atomlarning stasionar holati deyiladi.
2. Elektronlar stasionar orbitalarda uzlukli (kvantlangan) impul's momentiga ega bo'ladi.

$$m_0 \cdot 9 \cdot r = n(h/2\pi), \quad n=1,2,3, \dots \quad (h=6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J/s})$$

bu formulada  $m_0$  – elektronning tinchlikdagi masasi,  $9$  – uning tezligi,  $r$  – orbita radiusi,  $h$  – Plank doimiysi,  $n= 1,2,3\dots$  butun sonlarga teng bo'lib, orbitalar tartibini xarakterlaydi.

3. Elektron bir stasionar orbitadan ikkinchi stasionar orbitaga o'tganda atomdan energiya nurlanib chiqadi ( elektron yuqori orbitadan quyi orbitaga o'tganda), yoki energiya yutiladi ( elektron quyi orbitadan yuqori orbitaga o'tganda). Ajralgan yoki yutilgan energiya porsiyasi kvant – foton ko'rinishda bo'lib, uning energiyasi:

$$hv = E_m - E_n$$

bo'ladi, bunda  $v$  – yorug'lik chastotasi,  $E_m$  va  $E_n$  elektronlarning m va n orbitalarda energiyalari.

Bor gipotezalari klasik fizika qonuniyatlariga ziddir, chunki uning qonunlariga asosan jismlar bir holatdan ikkinchi holatga o'tganda chiqarilgan va yutilgan energiya uzlulkli bo'lmay uzluksiz bo'ladi.

**Nazorat uchun savollar:**

1. Atom fizikasi nimani o'rganadi?
2. Atom tuzilishining Bor nazariyasi bo'yicha qanday talqin qilinadi?.  
(Tomson, Rezerford).
3. Atomni yadroviy planetar modelini tushuntiring.

**ILOVALAR**

**1-jadval**

*Asosiy fizik kattaliklar*

Fizik kattaliklar	Son qiymati
Tortishish kuchi doimiysi $\gamma$	$6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg}\cdot\text{sek}^2$
1kmol dagi molekulalsr soni (Avogadro soni) $N_0$	$6,025 \cdot 10^{26} \text{ kmol}^{-1}$
Normal sharoitlarda 1 kmol' ideal gazning hajmi $V_0$	$22,4 \text{ m}^3$
Universal gaz doimiysi R	$8,31 \cdot 10^3 \text{ J/kmol}\cdot\text{grad}$
Bol'sman doimiysi k	$1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/grad}$
Faradey soni F	$9,65 \cdot 10^7 \text{ k/kg}\cdot\text{ekv}$
Stefan –bolsman doimiysi $\sigma$	$5,67 \cdot 10^{-8} \text{ bt/m}^2\text{grad}^4$
Plank doimiysi h	$6,625 \cdot 10^{-19} \text{ k}$
Elektron zaryad e	$1,602 \cdot 10^{-19} \text{ k}$
Elektronning tich holatidagi massasi $m_e$	$9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} = 5,49 \cdot 10^{-4} \text{ m.a.b. (massa atom birligi)}$
Protonning tinch holatdagi massasi $m_n$	$1,672 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 1,007 \text{ m.a.b}$
Neytronning tinch holatdagi massasi $m_n$	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 1,008 \text{ m.a.b}$
Yorug'likning vakuumda tarqalish tezligi	$3,00 \cdot 10^8 \text{ m/sek}$

2- jadval

### Ba'zi astronomik kattaliklar

Yerning o'rtacha radiusi	$6,37 \cdot 10^6 \text{ m}$
Yerning o'rtacha tezligi	$5500 \text{ kg/m}^3$
Yerning massasi	$5,96 \cdot 10^{24} \text{ kg}$
Quyoshning radiusi	$6,95 \cdot 10^8 \text{ m}$
Quyoshning massasi	$1,97 \cdot 10^{30} \text{ kg}$
Oyning radiusi	$1,74 \cdot 10^6 \text{ m}$
Oyning massasi	$7,3 \cdot 10^{22} \text{ kg}$
Oy va Yerning markazlari orasidagi o'rtacha masofa	$3,84 \cdot 10^8 \text{ m}$

Yer va Quyoshning markazlari orasidagi o'rtacha masofa	$1,5 \cdot 10^{11}$ m
Oyning yer atrofidan aylanish davri quyoshning o'rtacha zichligi	27 sutka 7 soat 43 min $1400 \text{ kg/m}^3$

3 -jadval

*Quyosh sistemasining planetalari to'g'risidagi ba'zi ma'lumotlar*

	Merkuriy	Venera	Yer	Mars	Yupiter	Saturn	Uran	Neptun
Quyoshdan o'rtacha masofa mln.km	57,9	108,0	149,5	227,8	777,8	1426,1	2869,1	4495,6
Quyosh tevaragida aylanish davri, yer yili	0,24	0,62	1,0	1,88	11,86	29,46	84,02	164,8
Ekvatornal diametr, km.	4840	12400	12742	6780	139760	115100	51000	50000
Yer hajmiga nisbatan hajmi	0,055	0,92	1,0	0,150	1345	767	73,5	59,5
Yer massasiga nisbatan massasi	0,054	0,81	1,0	0,107	318,4	95,2	14,58	17,26
Yer yuzidagi totish kuchi tezlanishiga nisbatan og'irlilik kuchi tezlanishi ( $g=980,7 \text{ sm/sek}^2$ )	0,38	0,85	1,0	0,38	2,64	1,17	0,92	1,14

4- jadval

*Atomlar va molekulalarning diametrlari*

Geliy (He)	$2 \cdot 10^{-10}$ m
Vodorod (H <sub>2</sub> )	$2,3 \cdot 10^{-10}$ m
Kislород (O <sub>2</sub> )	$3 \cdot 10^{-10}$ m
Azot (N <sub>2</sub> )	$3 \cdot 10^{-10}$ m

5- jadval

*T<sub>k</sub> va P<sub>k</sub> kritik qiymatlari*

Modda	T <sub>k</sub> , °K	P <sub>k</sub> , atm	p <sub>k</sub> · 10 <sup>-6</sup> , N/m <sup>2</sup>
Suv bug'i	647	217	22,0
Karbonat angidrid	304	73	7,4
Kislород	154	50	5,07
Argon	151	48	4,87
Azot	126	33,6	3,4
Vodorot	33	12,8	1,3
Geliy	5,2	2,25	0,23

6- jadval

*Turli temperaturalarda fazoni to'yintiruvchi suv  
bug'larining elastikligi*

t, °C	P <sub>b</sub> , mm simob ustini	t, °C	P <sub>b</sub> , mm simob ustini
-5	3,01	16	13,6
0	4,58	18	15,5
1	4,93	20	17,5
2	5,29	25	23,8
3	5,69	30	31,8
4	6,10	40	55,3
5	6,54	50	92,5

6	7,01	60	149
7	7,71	70	234
8	8,05	80	355
9	8,61	90	526
10	9,21	100	760
12	10,5	150	4,8 atm
14	12,0	200	15,3 atm

7- jadval

*Turli temperaturalarda suvning bug'lanish solishtirma issiqligi*

$t, {}^{\circ}\text{C}$	0	50	100	200
r, kal/g	595	568	539	464
$r \cdot 10^{-5}, \text{J/kg}$	24,9	23,8	22,6	19,4

8- jadval

*Ba'zi bir suyuqliklarning xossalari*

Suyuqlik	Zichlik, $\text{kg/m}^3$	$20^{\circ}\text{C}$ lagi solishtirma issiqlik sig'imi		$20^{\circ}\text{C}$ dagi sirt taranglik koeffisenti, $\text{N/m}$
		J/kg · grad	kal/g · grad	
Benzol	880	1720	0,41	0,03
Suv	1000	4190	1,0	0,073
Gliserin	1200	2430	0,58	0,064
Kanakunjit moyi	900	1800	0,43	0,035
Kerosin	800	2140	0,051	0,03
Simob	13600	138	0,033	0,5
Spirt	790	2510	0,6	0,02

9- jadval

*Ba'zi bir qattiq jismlarning xossalari*

Modda	Zichlik kg/m <sup>3</sup>	Erish tempe- raturasi °C	Solishtirma issiqlik sig'imi		Erish solishtirma issiqligi, J/kg	Chiziqli issiqlik kengayish koeffisienti , grad <sup>-1</sup>
			J/kg · grad	kkal/kg · rad		
Alyuminiy	2600	659	896	0,214	$3,22 \cdot 10^5$	$2,3 \cdot 10^{-5}$
Temir	7900	1530	500	0,119	$2,72 \cdot 10^5$	$1,2 \cdot 10^{-5}$
Jez	8400	900	386	0,092	-	$1,9 \cdot 10^{-5}$
Muz	900	0	2100	0,5	$3,35 \cdot 10^5$	-
Mis	8600	1100	395	0,094	$1,76 \cdot 10^5$	$1,6 \cdot 10^{-5}$
Qalayi	7200	232	230	0,055	$5,86 \cdot 10^4$	$2,7 \cdot 10^{-5}$
Platina	21400	1770	117	0,028	$1,13 \cdot 10^5$	$0,89 \cdot 10^{-5}$
Po'kak	200	-	2050	0,49	-	-
Qo'rg'oshin	11300	327	126	0,030	$2,26 \cdot 10^4$	$2,9 \cdot 10^{-5}$
Kumush	10500	960	234	0,056	$8,8 \cdot 10^4$	$1,9 \cdot 10^{-5}$
Po'lat	7700	1300	460	0,11	-	$1,06 \cdot 10^{-5}$
Rux	7000	420	391	0,093	$1,17 \cdot 10^5$	$2,9 \cdot 10^{-5}$

10- jadval

*Ba'zi bir qattiq jismlarning elastilik xossalari*

Modda	Mustahkamlik chegarasi	Yung moduli
	N/m <sup>2</sup>	N/m <sup>2</sup>
Alyuminiy	$1,1 \cdot 10^8$	$6,9 \cdot 10^{10}$
Temir	$2,94 \cdot 10^8$	$19,6 \cdot 10^{10}$
Mis	$2,45 \cdot 10^8$	$11,8 \cdot 10^{10}$
Qo'rg'oshin	$0,2 \cdot 10^8$	$1,57 \cdot 10^{10}$

Kumush	$2,9 \cdot 10^8$	$7,4 \cdot 10^{10}$
Po'lat	$7,85 \cdot 10^8$	$21,6 \cdot 10^{10}$

11- jadval

*Ba'zi bir qattiq jismlarning issiqlik o'tkazuvchanligi*

( $\lambda$  W/m · grad)

Alyuminiy	210
Namat	0,046
Temir	58,7
Eritilgan kvars	1,37
Mis	390
Quruq qum	0,325
Po'kak	0,050
Kumush	460
Ebonit	0,174

12- jadval

*Dielektriklarning dielektrik  
k irituvchanligi*

13- jadval

*O'tkazgichlarning solishtirma  
qarshiligi ( $0^\circ C$  da  $\Omega \cdot m$ )*

Mum	7,8
Suv	81
Kerosin	2
Moy	5
Parafin	6
Slyuda	6
Shisha	6
Chinni	6

Alyuminiy	$2,53 \cdot 10^{-8}$
Grafit	$3,9 \cdot 10^{-7}$
Temir	$8,7 \cdot 10^{-8}$
Mis	$1,7 \cdot 10^{-8}$
Nixrom	$1 \cdot 10^{-6}$
Simob	$9,4 \cdot 10^{-7}$
Qo'rg'oshin	$2,2 \cdot 10^{-7}$

Ebonit	2,6	Po'lat	$1,0 \cdot 10^{-7}$
Parafinlangan qog'oz	2		

14- jadval

**Ionlarning elektrolitlardagi  
harakatachanligi  
( $\text{m}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$ )**

$\text{NO}_3^-$	$6,4 \cdot 10^{-8}$
$\text{NO}^+$	$3,26 \cdot 10^{-7}$
$\text{K}^+$	$6,7 \cdot 10^{-8}$
$\text{Cl}^-$	$6,8 \cdot 10^{-8}$
$\text{Ag}^+$	$5,6 \cdot 10^{-8}$

15- jadval

**Elektronlarning metallardan  
chiqishdagi ishi  
(MeV da)**

W	4,5
W + Cs	1,6
W + Th	2,63
Pt + Cs	1,40
Pt	5,3
Ag	4,74
Li	2,4
Na	2,3
K	2,0
Cs	1,9

16- jadval

**Sindirish ko'rsatkichlari**

Olmos .....	/.....2,42	Uglerod sulfid
Suv .....	1,33	.....1,63
Muz .....	1,31	Skipidar .../..... 1,48
		Shisha ..... 1,5-1,9

17- jadval

Volfram .....	0,178	Platina .....	0,158
Oltin .....	0,153	Kumush .....	0,484
Mis .....	0,38		

18- jadval

**Simob yoyining spektral chiziqlari ( ${}^0_A \text{ da}$ )**

2537	4047	5461	6128
3650	4358	5770	6908
3655	5235	5791	7082

19- jadval

**Ba'zi izotoplarning massalari (m. a. b)**

$^{20}_{\text{Ca}} \text{Ca}^{45}$	164 sutka
$^{38}_{\text{Sr}} \text{Sr}^{90}$	28 yil
$^{84}_{\text{Po}} \text{Po}^{210}$	138 sutka
$^{86}_{\text{Rn}} \text{Rn}^{222}$	3,82 sutka
$^{88}_{\text{Ra}} \text{Ra}^{226}$	1590 yil
$^{92}_{\text{U}} \text{U}^{235}$	$7,1 \cdot 10^8$ yil
$^{92}_{\text{U}} \text{U}^{238}$	$4,5 \cdot 10^9$ yil

20-jadval

**Gaz molekulalarining effektiv diametri**

Gaz	Diametri, nm
Azot	0,3
Argon	0,36
Vodorot	0,23
Geliy	0,2
Kripton	0,32
Karbonat angidrid	0,45
Kislorot	0,3
Neon	0,35
Simob	0,30

Xlor	0,54
------	------

### 21-jadval

Ba'zi gazlarning normal sharoitda zichligi va qovushqoqligi

Gaz	Zichligi kg/m <sup>3</sup>	Qovushqoqligi MKPa/s
Azot	1,25	17,0
Ammiak	0,77	9,35
Argon	1,78	21,20
Vodorod	0,09	8,52
Gelyy	0,18	18,80
Karbonad angidrid	1,97	14,30
Kislorod	1,43	19,80
Havo	1,29	17,10

### 22-jadval

Dielektriklarning nisbiy va absolyut dielektrik kirituvchanligi

Dielektrik	Nisbiy dielektrik kirituvchanligi	Absolyut dielektrik kirituvchanligi $10^{-12}$ F/m
Getinaks	5,0	44,25
Gliserin	39,1	346,04
Kvars	4,5	39,83
Kerosin	2,0	17,70
Moy	5,0	44,2
Mum	7,8	69,03
Olmos	16,5	146,03
Parafin	6,0	17,70
Parafinlangan qog'oz	2,0	17,70
Pleksiglas	3,5	31,0

Polietilen	3,3	20,36
Slyuda	6,0	62,0
Suv	81,0	716,85
Shisha	6,0	62,0
Shifer	8,0	70,80
Chinni	6,0	53,10
Qahrabo	2,8	24,78
Ebonit	2,6	26,55

#### 24-jadval

**Ayrim o`tkazgichlarning  $0^{\circ}$ S dagi solishtirma qarshiliklari (nOm·m)**

O`tkazgich	Solishtirima qarshilik	O`tkazgich	Solishtirma qarshilik
Alyuminiy	25,3	Qurg oshin	220
Grafit	390	Simob	940
Mis	17	Nixrom	1000
Temir	87	Pulat	100

#### 25-jadval

**Ba`zi zarralarning tinch holatdagi massasi va energiyalari**

Zarra	Massa		Energiya	
	$10^{-27}$ kg	m.a.b.	$10^{-10}$ J	MeV
Proton	1,672	1,00728	1,50	988,0
Neytron	1,675	1,00867	1,51	939,0
Deytron	3,350	2,01355	3,00	1876,0
Neytral $\pi$ -mezon	2,410	0,14526	2,16	135,0

$\alpha$ - zarra	6,640	4,00149	5,96	3733,0
Elektron	0,00091	0,00055	0,00082	0,511

## 26-jadval

*Ayrim izotoplarning massalari, m.a.b. larda*

İsim	İzotop	Massa	İsim	İzotop	Massa
Azot	$^{13}_7 \text{N}$	13,00987	Litiy	$^{6}_3 \text{Li}$	6,01703
Azot	$^{14}_7 \text{N}$	14,00752	Litiy	$^{7}_3 \text{Li}$	7,01602
Azot	$^{15}_7 \text{N}$	15,00011	Kislород	$^{16}_8 \text{O}$	15,99491
Alyuminiy	$^{20}_7 \text{Al}$	29,99817	Kislород	$^{17}_8 \text{O}$	16,99913
Berilliyy	$^{7}_4 \text{Be}$	7,01916	Kislород	$^{19}_8 \text{O}$	17,99916
Berilliyy	$^{9}_4 \text{Be}$	9,01505	Magniy	$^{23}_{12} \text{Mg}$	22,99914
Berilliyy	$^{10}_4 \text{Be}$	10,01612	Natriy	$^{22}_{11} \text{Na}$	21,9944
Bor	$^{9}_4 \text{B}$	9,01333	Natriy	$^{23}_{11} \text{Na}$	22,987
Bor	$^{10}_5 \text{B}$	10,01612	Netron	$^{1}_0 \text{n}$	1,00867
Bor	$^{11}_5 \text{B}$	11,00931	Tritiy	$^{3}_1 \text{H}$	3,01605
Vodorod	$^{1}_1 \text{H}$	1,00814	Uglerod	$^{10}_6 \text{C}$	10,00168
Geliy	$^{3}_2 \text{He}$	3,01699	Uglerod	$^{12}_6 \text{C}$	12,00000
Deyteriy	$^{2}_1 \text{H}$	2,01474	Uglerod	$^{13}_6 \text{C}$	13,00335
Kaliy	$^{41}_{19} \text{K}$	40,96184	Uglerod	$^{14}_6 \text{C}$	14,0032
Kalsiy	$^{44}_{20} \text{Ca}$	43,9554	Qurg'oshin	$^{206}_{82} \text{P}$	205,9744

## 27-jadval

*Trigonometrik funksiyalarning qiyatlari*

<b>Burchak</b>	<b>sin</b>	<b>tg</b>	<b>stg</b>	<b>Cos</b>	<b>Burchak</b>
0	0	0		1	90
1	0,0175	0,0175	57,29	0,9998	89
2	0,0349	0,0349	28,64	0,9994	88
3	0,0524	0,0524	19,08	0,9986	87
4	0,0698	0,0699	14,3	0,9976	86
5	0,0872	0,0875	11,43	0,9962	85
6	0,1045	0,1051	9,514	0,9945	84
7	0,1219	0,1228	8,144	0,9925	83
8	0,1392	0,1405	7,115	0,9908	82
9	0,1564	0,1584	6,314	0,9877	81
10	0,1736	0,1763	5,671	0,9848	80
11	0,1908	0,1944	5,145	0,9816	79
12	0,2079	0,2126	4,705	0,9781	78
13	0,225	0,3209	4,331	0,9744	77
14	0,2419	0,2498	4,011	0,9703	76
15	0,2588	0,2679	3,732	0,9659	75
16	0,2756	0,2867	3,487	0,9613	74
17	0,2924	0,3057	3,271	0,9563	73
18	0,309	0,3249	3,078	0,9511	72
19	0,3256	0,3443	2,904	0,9455	71
20	0,342	0,364	2,747	0,9397	70
21	0,3584	0,3839	2,805	0,9336	69
22	0,3746	0,404	2,475	0,9272	68
23	0,3997	0,4245	2,356	0,9205	67
24	0,4067	0,4452	2,246	0,9135	66
25	0,4226	0,4463	2,145	0,9063	65

26	0,4384	0,4877	2,05	0,8988	64
27	0,454	0,5065	1,163	0,891	63
28	0,4695	0,5317	1,881	0,8829	62
29	0,4848	0,5648	1,804	0,8746	61
30	0,5	0,5774	1,132	0,866	60
31	0,515	0,6009	1,664	0,8572	59
32	5290	0,6249	1,6	0,848	58
33	0,5446	0,6494	1,546	0,8387	57
34	0,5592	0,6745	1,483	0,829	56
35	0,5736	0,7002	1,428	0,8192	55
36	0,5878	0,7265	1,376	0,809	54
37	0,6018	0,7536	1,327	0,7986	53
38	0,6157	0,7813	1,28	0,788	52
39	0,6293	0,8998	1,235	0,7771	51
40	0,6428	0,8391	1,192	0,766	50
41	0,6561	0,8693	1,15	0,7547	49
42	0,6691	0,9004	1,111	0,7314	48
43	0,682	0,9325	1,072	0,7314	47
44	0,6947	0,9857	1,036	0,7193	46
45	0,7071	1	1	0,7071	45
	<b>cos</b>	<b>ctg</b>	<b>tg</b>	<b>Sin</b>	

## **Foydalanilgan adabiyotlar**

1. Ўзбекистон Республикаси Президентининг «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Харакатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони:// Ўзбекистон Республикаси Қонун хужжатлари тўплами. –Т., 209. Б.31.
2. Sh.M.Mirziyyev. Buyuk kelajagimizni mard va olижаноб xalqimiz bilan birga quramiz. Toshkent: “O’zbekiston”, 2017 y.
3. Abduraxmanov Q.P., Xamidov V.S., Axmedova N.A. FIZIKA. Darslik. Toshkent. 2018 y.
4. Абдурахманов К.П., Эгамов Ў. “Физика”. Дарслик. Тошкент. 2013 й.
5. Xudayberdiyev A.T., Jumayev N.A., Turayev S.J.. Umumi fizikadan masalalar va ularni yechishda dasturiy vositalardan foydalanish namunalari. O’quv qo’llanma. Qarshi “Nasaf”. 2019 y.
6. Douglos C. Giancoli., Physics principles with applications. USA-206. V.1, p-978.
7. Serway R.A., Jewett J.W. Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics, 8ed., Brooks Cole, 202. – 1558p.
8. Young H.D., Freedman R.A. University Physics with modern Physics, 13<sup>th</sup> Edition. – Addison-Wesley, 204. – 1598p.
9. Савельев И.В. Курс общей физики. Том 1,2,3. Москва 2018 г.
- 10.Савельев И.В. Сборник вопросов и задач по общей физике. М.: АСТ. Астрель. 2005г.
- 11.Типлер П.А., Ллуэллин Р.А. Современная физика (Лучший зарубежный учебник в двух томах) (1том). М. Мир. 2007. 496 с.
- 12.Типлер П.А., Ллуэллин Р.А. Современная физика (Лучший зарубежный учебник в двух томах) (2том). М. Мир. 2007. 416 с.

- 13.Трофимова Т.И. Курс физики.М.Высшая школа 1991.С.543
- 14.Холмедов Х.М., Туляганова Ш.А. Методические указания по выполнению лабораторных работ по курсу физики. II-часть. «Колебания и волны. Оптика.», 209.
- 15.Абдужаббаров А.А., Каримов Х.Н. “Сборник задач и методические указания по физике. Част I. Механика.”, 209.

**I.B. SAPAYEV**

# **FIZIKA**

***DARSLIK***

Bosishga ruxsat etildi \_\_\_\_\_

Qog`oz o`lchami 60x84 - 1/16

Hajmi \_\_\_\_ bosma taboq. \_\_\_\_ nusha.

Buyurtma №\_\_\_\_\_

TIQXMMI MTU bosmaxonasida chop etildi.

Toshkent-100000. Qori Niyoziy ko`chasi 39- uy.