

FIZIKA 11

MAGNIT MAYDON

ELEKTROMAGNIT INDUKSIYA

ELEKTROMAGNIT TEBRANISHLAR

**ELEKTROMAGNIT TO‘LQINLAR
VA TO‘LQIN OPTIKASI**

NISBIYLIK NAZARIYASI

KVANT FIZIKASI

ATOM VA YADRO FIZIKASI

ATOM ENERGETIKASINING FIZIK ASOSLARI

1-nashri

*O‘rta ta’lim muassasalarining 11-sinfi va o‘rta maxsus,
kasb-hunar ta’limi muassasalarining o‘quvchilari uchun darslik*

O‘zbekiston Respublikasi Xalq ta’limi vazirligi tasdiqlagan

TOSHKENT – “NISO POLIGRAF” – 2018

UO‘K: 53(075.3)
KBK 22.3ya721
F58

Mualliflar:

- N. Sh. Turdiyev** – III bob. “Elektromagnit tebranishlar”, IV bob. “Elektromagnit to‘lqinlar va to‘lqin optikasi”;
- K. A. Tursunmetov** – V bob. “Nisbiylik nazariyasi”, VI bob. “Kvant fizikasi”;
- A. G. Ganiyev** – VII bob. “Atom va yadro fizikasi. Atom energetikasining fizik asoslari”;
- K. T. Suyarov** – I bob. “Magnit maydon”, II bob. “Elektromagnit induksiya”;
- J. E. Usarov** – I bob. “Magnit maydon”, II bob. “Elektromagnit induksiya”;
- A. K. Avliyoqulov** – VII bob. “Atom va yadro fizikasi. Atom energetikasining fizik asoslari”.

Taqrizchilar:

- B. Nurillayev** – Nizomiy nomidagi TDPU dotsenti, p.f.n.;
- D. Begmatova** – O‘zMU kafedra mudiri, p.f.n.;
- F. Norqobilov** – Toshkent shahar Sergeli tumani 303-maktab o‘qituvchisi;
- Z. Sangirova** – RTM bosh metodisti;
- V. Saidxo‘jayeva** – Toshkent viloyati, Pskent tumani 5-maktab fizika o‘qituvchisi, O‘zbekistonda xizmat ko‘rsatgan Xalq ta’limi xodimi;
- M. Saidoripova** – Toshkent shahar, Yunusobod tumani, 63-maktab fizika fani o‘qituvchisi;
- M. Yuldasheva** – Toshkent shahar, Sergeli tumani, 6-DLUO‘T maktab, oliy toifali fizika fani o‘qituvchisi.

SHARTLI BELGILAR:

- | – fizik kattaliklarga ta’rif, asosiy qonunlar;
- ✱ – bu mavzular fizikani chuqur o‘rganishga ishtiyoqi bo‘lgan o‘quvchilar uchun mo‘ljallangan;
-  – o‘quvchi tomonidan bajariladigan amaliy ish;
-  – mavzu matnini o‘qib chiqqandan so‘ng, qo‘yilgan savollarga javob berish;

Respublika maqsadli kitob jamg‘armasi mablag‘lari hisobidan chop etildi

ISBN 978-9943-4867-6-8

© N. Sh. Turdiyev va boshq., 2018,
© “Niso Poligraf” nashriyoti
(original-maket), 2018

KIRISH

Bugungi kunda ta'limni rivojlantirish bo'yicha qo'yilayotgan Davlat talabi o'quvchi shaxsi, uning intilishlari, qobiliyati va qiziqishlarini e'tiborga olib, fan, texnika va texnologiyalarning istiqbolli rivojlanishini hisobga olingan holda, o'quvchilarda fanlarni o'rganishda tayanch va fanga oid umumiy kompetensiyalarni rivojlantirishni ta'minlashdan iborat.

Xususan, fizika ta'limi o'quvchilarda fanning texnika taraqqiyotida va hayotda tutgan o'rni, fanga oid zaruriy bilimlarni egallashi, olgan bilimlarini hayotga tatbiq eta olish salohiyatini shakllantirish va rivojlantirishni ko'zda tutadi. Bu ma'lum bosqichlarda, 6–11-sinflarda fizika bo'limlarini o'rganish orqali amalga oshiriladi.

Fizika fanini o'rganish 6-sinfda boshlanib, dastlabki bosqichda mexanika, issiqlik, elektr, yorug'lik, tovush hodisalari hamda modda tuzilishi haqida boshlang'ich ma'lumotlar beriladi. Fizika fanini izchil kurs sifatida 7-sinfda fizikaning "Mexanika" kursi, 8-sinfda "Elektr" kursi, 9-sinfda "Molekular fizika asoslari", "Optika", "Atom va yadro fizikasi asoslari" va "Koinot haqida tasavvurlar" kurslari orqali o'rganiladi.

Keyingi bosqichda esa, umumiy o'rta ta'lim maktablarida o'rganilgan o'quv materiallarni o'rta maktabning 10–11-sinflarida, akademik litsey va kasb-hunar kollejlarida takrorlanmasligi, o'quvchilarning yosh va psixologik xususiyatlari, o'rta ta'lim tayyorgarligiga mos kelishi hamda fizik tushunchalarni asta-sekin oddiydan murakkabga shakllantirish e'tiborga olingan.

Qo'lingizdagi mazkur darslik tabiatdagi jarayon va hodisalarni kuzatish, tahlil qilish, fizik hodisalarni o'rganishda asboblardan to'g'ri foydalana olish, fizik tushuncha va kattaliklarni matematik formulalar bilan ifodalay olish, fan sohasida erishilayotgan yutuqlar, ularning amaliyotdagi tatbiqi orqali o'quvchilarning ilmiy dunyoqarashlarini rivojlantirishga qaratilgan bo'lib, magnit maydoni, elektromagnit induksiya, elektromagnit tebranishlar, elektromagnit to'lqinlar va to'lqin optikasi, nisbiylik nazariyasi va kvant fizikasi elementlari, atom va atom yadrosi mavzularini qamrab olgan.

I bob. MAGNIT MAYDON

Siz 8-sinf fizika kursida doimiy magnitning va tokli o'tkazgich atrofidagi magnit maydonning hosil bo'lishi haqidagi dastlabki bilimlarga ega bo'lgansiz. Jumladan, sizga tokli to'g'ri o'tkazgichning va tokli g'altakning magnit maydoni, elektromagnitlar va ularning qo'llanilishi yuzasidan umumiy ma'lumotlar berilgan. Ammo ularning kattaligini aniqlash bo'yicha matematik ifodalari berilmagan edi. Mazkur bobda magnit induksiyasi va magnit oqimi, to'g'ri tokning atrofidagi magnit maydon induksiyasi, tokli g'altakning magnit maydon induksiyasi, magnit maydonda harakatlanayotgan zarraga ta'sir kuchi kabi kattaliklar bilan tanishasiz.

1-mavzu. MAGNIT MAYDON. MAGNIT MAYDONNI TAVSIFLOVCHI KATTALIKLAR

Tabiatda shunday tabiiy metall birikmalari mavjudki, ular ba'zi bir jismlarni o'ziga tortish xususiyatiga ega. Jismlarning bunday xossasi ular atrofida maydon mavjudligini bildiradi. Bunday maydonni **magnit maydon** deb atash qabul qilingan. O'z atrofida magnit maydonni uzoq vaqt yo'qotmaydigan jismlarni **doimiy magnit** yoki oddiygina **magnit** deb ataymiz.

To'g'ri shakldagi magnitni mayda temir bo'lakchalariga yaqinlashtiraylik. Bunda temir bo'lakchalari magnitning faqat ikki uchiga yopishganligiga guvoh bo'lamiz. Doimiy magnitning magnit ta'siri eng kuchli bo'lgan joyini magnit qutbi deyiladi. Har qanday magnitda ikkita: **shimoliy** (N) va **janubiy** (S) qutblari mavjud bo'ladi (1.1-rasm).

Ikkita magnit strelkasi bir-biriga yaqinlashtirilsa, ularning ikkalasi ham burilib, qarama-qarshi qutblari bir-biriga ro'para kelib to'xtaydi (1.2-rasm). Bu hol magnitlangan jismlar orasida o'zaro ta'sir kuchlari mavjudligini anglatadi. Ta'sir kuchlari esa, maydon kuch chiziqlari orqali tafsiflanadi.



1.1-rasm.

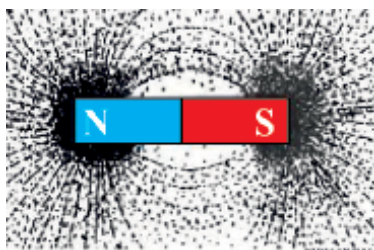


1.2-rasm.

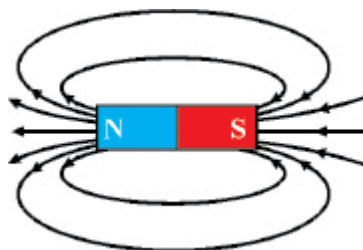
Magnit maydon kuch chiziqlarini to'g'ridan to'g'ri ko'ra olmaymiz. Ammo, quyidagi tajriba yordamida biz magnit kuch chiziqlarining joylashuvi (yo'nalishi) haqida tasavvurga ega bo'la olamiz. Buning uchun karton qog'ozga temir kukunlarini bir tekis sepib, uni yassi magnit o'zagining ustiga qo'yamiz. Qog'oz varag'ini bir-ikki chertib yuborsak, temir kukunlari 1.3-a rasmda keltirilgan ko'rinishni egallaydi. Karton ustidagi temir kukunlari magnit uchlariga yaqin joylarda zich, qutblar orasida siyrakroq joylashganligini ko'rish mumkin.

1.3-a rasmdagi temir kukunlarining egallagan o'rni, magnit qutblarini bir-biriga bog'lovchi kuch chiziqlarini o'zida aks ettiradi. Magnit maydon kuch chiziqlarining yo'nalishi shartli ravishda magnitning shimoliy qutbidan chiqib, uning janubiy qutbiga kiruvchi yopiq chiziqlardan iborat deb qabul qilingan (1.3-b rasm). Kuch chiziqlari berk (yopiq) bo'lgan maydonlar **uyurmaviy maydonlar** deyiladi. Demak, magnit maydon uyurmaviy maydon ekan. Shu xususiyati bilan magnit maydon kuch chiziqlari elektr maydon kuch chiziqlaridan farq qiladi.

Magnit maydonning chiziqlari kuch xarakteristikasini tafsiflovchi fizik kattalik **magnit maydon induksiyasi** deb ataladi. Magnit maydon induksiyasi vektor kattalik bo'lib, u $\vec{B}$ harfi bilan belgilanadi.



a



b

1.3-rasm.

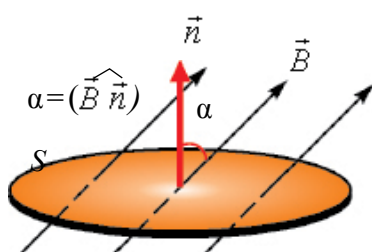
Magnit maydon induksiyasining birligi qilib XBSda Serbiya fizigi Nikola Teslaning sharafiga Tesla (T) deb atash qabul qilingan (8-sinfдан eslang).

Magnit oqimi. Biror sirtni kesib o'tayotgan magnit maydon kuch chiziqlarini tavsiflashda magnit maydon oqimi degan tushuncha kiritilgan. S yuzadan o'tayotgan magnit induksiya oqimi deb, magnit induksiya vektorining yuzaga ko'paytmasiga aytiladi. Magnit oqimi Φ harfi bilan belgilanadi. Ta'rifga ko'ra, magnit oqimi ifodasini quyidagicha yozamiz:

$$\Phi = B \cdot \Delta S, \quad (1.1-1)$$

Agar magnit maydon induksiya chiziqlari sirtga biror burchak ostida tushayotgan bo'lsa (1.4-rasm), sirdan o'tayotgan magnit induksiya oqimi α burchakka bog'liq bo'ladi, ya'ni:

$$\Phi = B \cdot S \cos \alpha. \quad (1.1-2)$$



1.4-rasm.

Bunda α sirtga o'tkazilgan $\vec{n}$ normal vektori bilan magnit induksiyasi chiziqlari orasidagi burchak.

XBSda magnit oqimi birligi nemis fizigi D. Veber sharafiga qo'yilgan bo'lib, Veber (Wb) deb ataladi. (1.1-2) tenglikdan

$$1 \text{ Wb} = 1 \text{ T} \cdot 1 \text{ m}^2.$$

Magnit maydon induksiyasi 1 T ga teng bo'lgan magnit maydonning induksiya chiziqlariga tik qo'yilgan 1 m² yuzani kesib o'tayotgan magnit oqimi 1 Wb ga teng.

Masala yechish namunasi

Induksiyasi 20 mT bo'lgan bir jinsli magnit maydoni kuch chiziqlari bo'yi 4 sm, eni 3 sm bo'lgan to'g'ri to'rtburchakli ramkaga 60° burchak ostida tushmoqda. Ramkadan o'tayotgan magnit oqimi nimaga teng?

Berilgan:	Formulasi:	Yechilishi:
$B = 20 \text{ mT} = 0,02 \text{ T}$	$\Phi = B \cdot S \cos \alpha$	$\Phi = 0,02 \cdot 0,04 \cdot 0,03 \cdot \cos 60^\circ =$
$a = 4 \text{ sm} = 0,04 \text{ m}$	$S = a \cdot b$	$= 12 \cdot 10^{-6} \text{ Wb}.$
$b = 3 \text{ sm} = 0,03 \text{ m}$		
$\alpha = 60^\circ$	$[\Phi] = \text{T} \cdot \text{m}^2 = \text{Wb}$	
Topish kerak:		
$\Phi = ?$		Javobi: $\Phi = 12 \cdot 10^{-6} \text{ Wb}.$

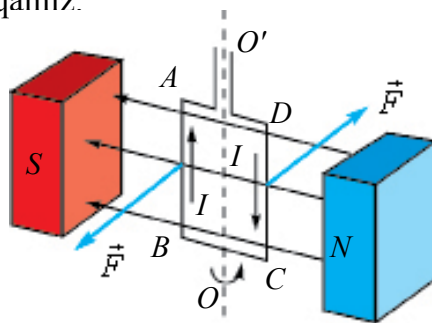


1. Magnit maydon induksiyasi deganda nimani tushinasiz va u qanday birlikda o'lchanadi?
2. Magnit maydon kuch chiziqlari qanday shaklga ega?
3. Magnit oqimiga ta'rif bering.
4. Sizga biri doimiy magnit, ikkinchisi aynan shu o'lchamga ega bo'lgan temir bo'lagi berilgan. Faqat berilgan jismlardan foydalanib, ulardan qaysi biri magnit va qaysinisi temir ekanligini qanday aniqlash mumkin?

2-mavzu. BIR JINSLI MAGNIT MAYDONNING TOKLI RAMKANI AYLANTIRUVCHI MOMENTI

Magnit maydonning faqat doimiy magnitlar emas, balki tokli o'tkazgichlar atrofida ham hosil bo'lishini Ersted o'z tajribalarida ko'rsatib bergan edi. Endi biz tokli o'tkazgichning magnit maydoni bilan doimiy magnit maydonning o'zaro ta'sirini ko'rib chiqamiz.

Agar magnit maydonga tokli kontur yoki magnit strelkasi kiritilsa, uning burilishi (biror burchakka og'ishi)ni ko'rishimiz mumkin (1.5-rasm). Konturdagi tokning yo'nalishi teskariga o'zgarganda konturning teskari yo'nalishda burilganligini ko'ramiz.



1.5-rasm.

Magnit maydonda joylashgan tokli ramkaning burilish sababini aniqlaylik.

Magnit maydonga tik joylashgan ramkaning uzunligi l bo'lgan AB va CD tomonlaridan I tok oqayotgan bo'lsin. U holda ramkaning shu l qismiga magnit maydon tomonidan ta'sir qilayotgan Amper kuchining qiymati quyidagiga teng bo'ladi:

$$F_A = I \cdot B \cdot l, \quad (1.2-1)$$

bunda:

$$l = AB = CD.$$

Bu kuchning yo'nalishi chap qo'l qoidasi yordamida aniqlanadi. Ayni paytda AB va CD qismlarga ta'sir qiluvchi kuchlarning modullari teng bo'lib, qarama-qarshi tomonga yo'nalgan bo'ladi. Shu bois, tokli ramkaga magnit maydon tomonidan juft kuch ta'sir qiladi. Bu juft kuch ta'sirida tokli ramka buriladi.

Bu juft kuchlar OO' aylanish o'qiga nisbatan aylantiruvchi momentini hosil qiladi.

1.5-rasmdan ko'rinadiki, ramkaning $AB=CD=\frac{d}{2}$ qismlaridagi kuchning yelkasi $\frac{d}{2} \sin \alpha$ ga teng. Kuchlarning momentlari:

$$M_1 = M_2 = F_A \frac{d}{2} \cdot \sin \alpha. \quad (1.2-2)$$

U holda, to'la aylantiruvchi moment:

$$M = M_1 + M_2 = F_A \cdot d \cdot \sin \alpha. \quad (1.2-3)$$

Amper kuchining formulasini (1.2-3) ifodaga qo'yib, aylantiruvchi momenti ifodasini yozamiz:

$$M = I \cdot B \cdot l \cdot d \cdot \sin \alpha. \quad (1.2-4)$$

$l \cdot d = S$ ekanligini inobatga olsak, (1.2-4) ifoda quyidagi ko'rinishga keladi:

$$M = I \cdot B \cdot S \cdot \sin \alpha. \quad (1.2-5)$$

Demak, magnit maydonga kiritilgan tokli konturga ta'sir qiluvchi kuchning momenti (M), konturdan o'tayotgan tok kuchi (I) ga, kontur yuzasi (S) ga hamda magnit induksiya yo'nalishi bilan kontur tekisligiga o'tkazilgan normal ($\vec{n}$) orasidagi burchak sinusiga hamda magnit maydon induksiyasi ($\vec{B}$) ga to'g'ri proporsional.

Agar, $\alpha = \frac{\pi}{2}$ bo'lsa, $M = M_{\max} = BIS$ bo'ladi.

Bu tenglikka ko'ra magnit maydon induksiyasini:

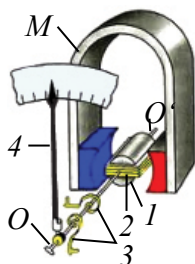
$$B = \frac{M_{\max}}{IS}$$

orqali ifodalash mumkin.

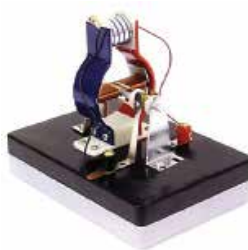
Ko'pgina elektr asboblarning ishlashi tokli o'tkazgich bilan doimiy magnitning o'zaro ta'sirlashishiga asoslangan. Mana shunday elektr o'lchov asboblardan birining tuzilishi 1.6-rasmda keltirilgan. Kuchli magnit qutblari orasiga (1) temir o'zak OO' o'qqa mahkamlangan bo'lib, uning ustiga (2) simli ramka kiydirilgan. G'altakka toklar metall prujinalar (3) orqali beriladi. Ramkani (3) prujinalar ushlab turadi. Bu prujinalar g'altakka tok berilmagan paytda strelka (4) shkalaning nolinch holatida ushlab turadi. Asbob elektr zanjiriga ulanganda g'altakdan tok o'tadi va magnit maydon ta'sirida buriladi. Bu paytda prujinalar siqila boradi. Ramkaning burilishi prujinaning elastiklik kuchi va Amper kuchlari tenglashgunga qadar davom etadi.

Asbob elektr zanjiriga ketma-ket ulanganda, zanjirdan va asbobning g'altigidan o'tuvchi tok kuchlari o'zaro teng bo'lganligidan strelkaning burilish burchagi tok kuchiga proporsional bo'ladi. Bu holda asbob ampermetr sifatida ishlatiladi.

1.6-b rasmda o'zgarmas tok dvigatelining umumiy ko'rinishi keltirilgan. Uning ishlash prinsipi doimiy magnit maydonida tokli ramkaning aylanishiga asoslangan.



a



b

1.6-rasm.



1. Magnit maydonga kiritilgan tokli ramkaga ta'sir qilayotgan kuch qanday aniqlanadi?
2. Magnit maydonga kiritilgan ramkaning aylantiruvchi momenti qanday kattaliklarga bog'liq?
3. Tokli ramkaga ta'sir qiluvchi juft kuchlar momentini avtomobil ruli misolida tushuntiring.
4. Magnit maydonning tokli ramkaga ta'siri asosida ishlaydigan qurilmalarga misollar keltiring

Masala yechish namunasi

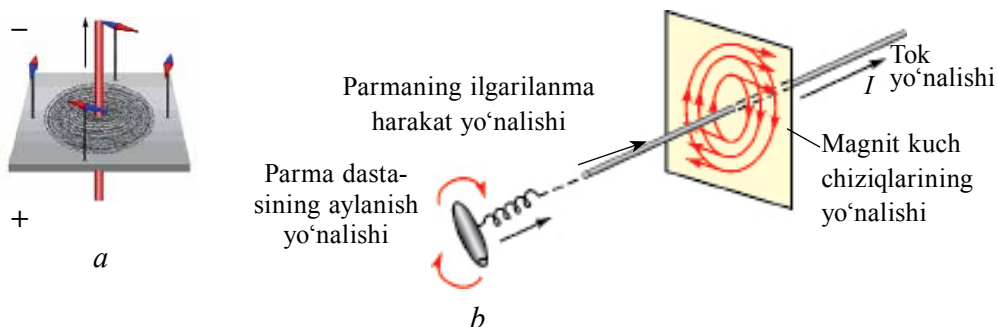
Yuzasi 20 sm^2 , o'ramlar soni 100 ta bo'lgan simli ramka magnit maydonga joylashtirilgan. Ramkadan 2 A tok o'tganda unda $0,5 \text{ mN}\cdot\text{m}$ maksimal aylantiruvchi moment hosil bo'ladi. Magnit maydonning induksiyasini aniqlang.

Berilgan:	Formulasi:	Yechilishi:
$S = 20 \text{ sm}^2 = 20 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ $N = 100$ $I = 2 \text{ A}$ $M_{\max} = 0,5 \text{ mN}\cdot\text{m} = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{m}$	$M_{\max} = N \cdot I \cdot B \cdot S$ $B = \frac{M_{\max}}{N \cdot I \cdot S}$ $[B] = \frac{\text{N}\cdot\text{m}}{\text{A}\cdot\text{m}^2} = \frac{\text{N}}{\text{A}\cdot\text{m}} = \text{T}$	$B = \frac{0,5 \cdot 10^{-3}}{100 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ T.}$ <i>Javobi:</i> $B = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ T.}$
Topish kerak: $B = ?$		

3-mavzu. TOKLI TO'G'RI O'TKAZGICHNING, HALQA VA G'ALTAKNING MAGNIT MAYDONI

Tokli o'tkazgich atrofida hosil bo'ladigan magnit maydon kuch chiziqlarini kuzatish uchun qalin karton qog'ozi olinib, uning o'rtasidan teshib, to'g'ri o'tkazgichni o'tkazamiz. Karton varag'i ustiga mayda temir kukunlarini sepamiz. O'tkazgich uchlari tokka ulanib, karton yengil silkitiladi. Temir kukunlari tokning magnit maydoni ta'sirida magnitlanib, o'zini kichik magnit strelkalari kabi tutadi va ular magnit induksiya chiziqlari bo'ylab joylashadi (1.7-a rasm).

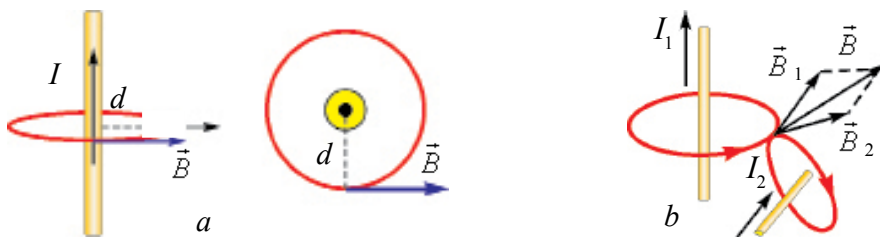
To'g'ri tok magnit maydonining kuch chiziqlari, markazi o'tkazgich o'qida joylashgan aylanalardan iborat bo'lib, bu aylanalar o'tkazgich o'qiga tik tekislikda yotadi (1.7-b rasm). Magnit maydon kuch chiziqlarining yo'nalishini o'ng parma qoidasidan foydalanib aniqlanadi: *agar parmaning ilgarilanma harakati tok yo'nalishi bilan bir xil bo'lsa, u holda parma dastasining aylanish yo'nalishi magnit induksiya chiziqlarining yo'nalishini ko'rsatadi.*



1.7-rasm.

Magnit maydon induksiya vektori ($\vec{B}$) kuch chiziqlariga urinma bo'ylab yo'nalgan bo'ladi. Xususiyl holda tokli o'tkazgichdan d masofada yotgan nuqtadagi magnit maydon induksiyasi yo'nalishi 1.8-a rasmda ko'rsatilgan.

Ko'pchilik hollarda magnit maydonni bitta o'tkazgich emas, tokli o'tkazgichlar sistemasi hosil qiladi (1.8-b rasm). Bunday vaziyatda fazoning biror nuqtasidagi natijaviy maydonning induksiyasi har bir tokli o'tkazgichning shu nuqtada hosil qilgan magnit maydon induksiyalarining vektor yig'indisiga teng bo'ladi, ya'ni:



1.8-rasm.

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3 + \dots \vec{B}_n. \quad (1.3-1)$$

Bu xulosa magnit maydoni uchun **superpozitsiya prinsipi** deyiladi

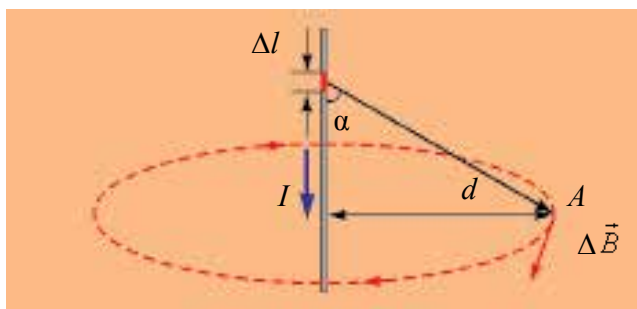
Fransuz olimlari J. Bio, F. Savar va P. Laplaslar ixtiyoriy shakldagi tokli o'tkazgichlarning atrofida hosil bo'lgan magnit maydon induksiya-sini hisoblashga imkon beradigan umumiy qonunini aniqladilar. Bu qonunga ko'ra tokli o'tkazgichning ixtiyoriy Δl elementini, tokli o'tkazgich atrofidagi A nuqtasida hosil qilgan magnit induksiyasini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$\Delta B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I \cdot \Delta l \cdot \sin \alpha}{d^2}, \quad (1.3-2)$$

α – Δl elementdan A nuqtaga o'tkazilgan vektor bilan $\Delta \vec{l}$ element orasidagi burchak (1.9-rasm), d – to'g'ri tokdan A nuqtagacha bo'lgan eng qisqa masofa.

1. To'g'ri tokning magnit maydon induksiyasi. Bio–Savar–Laplas qonuniga ko'ra, cheksiz uzun to'g'ri tokdan d uzoqlikdagi A nuqtada hosil bo'lgan magnit maydon induksiyasi quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$B = \mu_0 \frac{I}{2\pi \cdot d}. \quad (1.3-3).$$



1.9-rasm.

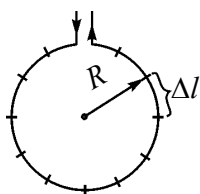
Demak, to'g'ri chiziqli cheksiz uzun tokli o'tkazgichning biror nuqtada hosil qilgan magnit maydon induksiyasi o'tkazgichdan o'tayotgan tok kuchiga

to'g'ri, o'tkazgich bilan induktsiyasi hisoblanayotgan nuqta orasidagi eng qisqa masofaga teskari proporsional ekan.

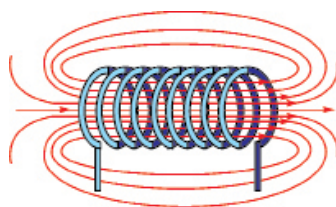
2. Aylanma tok markazidagi magnit maydon induktsiyasi. Radiusi R bo'lgan aylanadan I o'zgarmas tok o'tayotgan bo'lsin (1.10-rasm). Bio–Savar–Laplas qonuniga ko'ra, aylanma tokning markazida hosil bo'lgan magnit maydon induktsiyasi aylana uzunligi Δl bo'lakchalarining aylana markazida hosil qilgan induktsiyalarining vektor yig'indisiga teng (1.3–1-ifoda). Hisoblash natijalariga ko'ra, aylanma tokning markazidagi magnit induktsiyasi

$$B = \mu_0 \frac{I}{2R} \quad (1.3-4).$$

ga teng, bunda: μ_0 –koeffitsiyent vakuumning magnit doimiysi bo'lib, uning son qiymati $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{N}}{\text{A}^2}$ ga teng. Demak, aylanma tokning markazida hosil bo'lgan magnit maydon induktsiyasi o'tkazgichdan o'tayotgan tok kuchiga to'g'ri, aylana radiusiga teskari proporsional ekan.



1.10-rasm.



1.11-rasm.

Xususiyl holda n ta o'ramga ega bo'lgan tokli g'altakning markazidagi magnit maydon induktsiyasini (1.11-rasm) quyidagi ifoda yordamida aniqlash mumkin:

$$B = \mu_0 \frac{n \cdot I}{2R}. \quad (1.3-5).$$

Demak, tokli g'altakning ichida hosil bo'lgan magnit maydon induktsiyasi g'altakdan o'tayotgan tok kuchiga, o'ramlar soniga to'g'ri, g'altak aylanasining radiusiga teskari proporsional ekan.



1. Magnit maydonning superpozitsiya prinsipini izohlang.
2. To'g'ri tokning magnit maydon induktsiyasini hisoblash formulasini yozing va uni izohlang.
3. Aylana markazidagi magnit maydon induktsiyasini hisoblash formulasini yozing va uni izohlang.

Masala yechish namunasi

To'g'ri cheksiz o'tkazgichdan 250 mA tok o'tmoqda. Undan 4 sm uzoqlikda joylashgan nuqtadagi magnit maydon induksiyasini toping.

Berilgan:	Formulasi:	Yechilishi:
$I = 250 \text{ mA} = 250 \cdot 10^{-3} \text{ A}$	$B = \mu_0 \frac{I}{2\pi \cdot d}$	$B = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{250 \cdot 10^{-3}}{2\pi \cdot 4 \cdot 10^{-3}} =$
$d = 4 \text{ sm} = 0,04 \text{ m}$		$= 12,5 \cdot 10^{-6} \text{ T.}$
$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{N}}{\text{A}^2}$	$[B] = \frac{\text{N}}{\text{A}^2} \frac{\text{A}}{\text{m}} = \frac{\text{N}}{\text{A} \cdot \text{m}} = \text{T}$	
Topish kerak:		Javobi: $B = 12,5 \cdot 10^{-6} \text{ T.}$
$B = ?$		

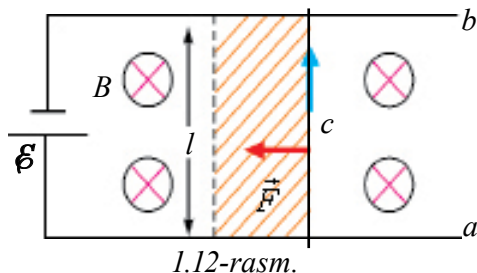
4-mavzu. TOKLI O'TKAZGICHNI MAGNIT MAYDONDA KO'CHIRISHDA BAJARILGAN ISH

Ikki parallel a va b silliq metall simlar bir-biridan l uzoqlikda joylashtirilgan bo'lib, ularning ustiga yengil c metall o'tkazgich qo'yilgan holni qaraylik (1.12-rasm). O'tkazgichlar tizimi magnit induksiyasi $\vec{B}$ bo'lgan bir jinsli maydonga joylashgan. 1.12-rasmdagi ($\otimes$) belgisi magnit maydon induksiya vektori bizdan rasm tekisligi tomon tik yo'nalganligini anglatadi. a va b o'tkazgichlar tok manbayiga ulanganda c o'tkazgich orqali tok o'ta boshlaydi. Bunda l uzunlikdagi tokli o'tkazgichga magnit maydoni tomonidan $F = I \cdot B \cdot l$ Amper kuchi ta'sir qiladi. Tok yo'nalishi bilan magnit maydon induksiyasi yo'nalishi orasidagi burchak 90° ekanligini bilgan holda kuchning yo'nalishi chap qo'l qoidasiga binoan aniqlanadi.

Bu kuch c o'tkazgichni d masofaga siljitib,

$$A = I \cdot B \cdot l \cdot d \quad (1.4-1)$$

ish bajaradi. Bu ifodadagi $l \cdot d$ ko'paytma o'tkazgichning harakati davomida chizgan yuzadan iborat, ya'ni $S = l \cdot d$. Harakat davomida o'tkazgichni kesib o'tgan magnit oqimi $\Delta\Phi = B \cdot \Delta S$ ga tengligidan:



$$A = I \cdot \Delta \Phi \quad (1.4-2)$$

ko'rinishdagi ifodaga ega bo'lamiz. Shuni ta'kidlash joizki, bu ish magnit maydon tomonidan emas, balki zanjirni tok bilan ta'minlab turuvchi manba hisobidan bajariladi.

Demak, tokli o'tkazgichni magnit maydonda ko'chirishda Amper kuchining bajargan ishi o'tkazgichdan o'tayotgan tok kuchi va magnit oqimi o'zgarishining ko'paytmasiga teng ekan.

Magnit maydonda tokli o'tkazgichni ko'chirishda bajariladigan ishdan amaliyotda keng foydalaniladi. U transport, maishiy texnika va elektronika sohalarida qo'llanilishi bilan muhim ahamiyatga ega. Bugungi kunda juda keng ishlatilayotgan elektron qulflar bunga misol bo'la oladi.



1. Magnit maydonda tokli o'tkazgichni ko'chirishda bajarilgan ish qanday hisoblanadi?
2. Tok yo'nalishi bilan magnit maydon induksiyasi bir yo'nalishda bo'lsa, bajarilgan ish nimaga teng bo'ladi?
3. Tokli o'tkazgichni magnit maydonda ko'chirishda ish nimaning hisobiga bajariladi?

Masala yechish namunasi

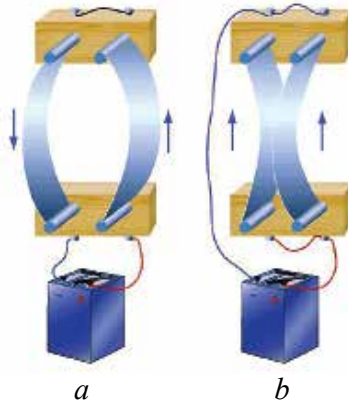
Uzunligi 30 sm bo'lgan o'tkazgichdan 2 A tok o'tmoqda. O'tkazgich induksiyasi 1,5 T bo'lgan bir jinsli magnit maydonning induksiya chiziqlariga 30° burchak ostida joylashgan. O'tkazgich Amper kuchi yo'nalishida 4 sm ga ko'chganda qanday ish bajariladi?

Berilgan:	Formulasi:	Yechilishi:
$l = 30 \text{ sm} = 0,3 \text{ m}$	$A = I \cdot B \cdot l \cdot d \cdot \sin \alpha$	$A = 2 \cdot 1,5 \cdot 0,3 \cdot 4 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{1}{2} =$ $= 18 \cdot 10^{-3} \text{ J.}$
$I = 2 \text{ A}$	$[A] = A \cdot \frac{\text{N}}{\text{A} \cdot \text{m}} \cdot \text{m} \cdot \text{m} =$	
$B = 1,5 \text{ T}$	$= \text{N} \cdot \text{m} = \text{J}$	
$\alpha = 30^\circ$		
$d = 4 \text{ sm} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ m}$		
Topish kerak:		
$A = ?$		Javobi: $A = 18 \cdot 10^{-3} \text{ J.}$

5-mavzu. TOKLI O'TKAZGICHLARNING O'ZARO TA'SIR KUCHI

Xuddi elektr zaryadlari kabi tokli o'tkazgichlar orasida ham o'zaro ta'sir kuchlari mavjud bo'ladi. Buni amalda kuzatish uchun ikki elastik o'tkazgich olib, ularni vertikal holatda tayanchga mahkamlaymiz.

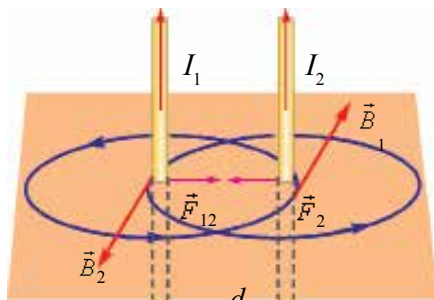
Agar o'tkazgichlarning yuqori qismini sim orqali ulasak, o'tkazgichlardan qarama-qarshi yo'nalishda tok oqadi (1.13-a rasm). Natijada o'tkazgichlar bir-biridan itarilib, orasidagi masofa uzoqlashadi. Agar o'tkazgichlardan bir xil yo'nalishda tok oqishini ta'minlasak, o'tkazgichlar bir-biriga tortiladi (1.13-b rasm).



1.13-rasm.

Amper qonunidan foydalanib, vakuumdagi cheksiz uzun parallel tokli o'tkazgichlar orasida hosil bo'ladigan o'zaro ta'sir kuchining yo'nalishi va son qiymatining kattaligini aniqlaylik.

Bir-biridan d masofada joylashgan, ikkita parallel o'tkazgichlardan bir xil yo'nalishda I_1 va I_2 tok o'tayotgan bo'lsin (1.14-rasm). O'tkazgichlardan o'tayotgan I_1 va I_2 toklarning magnit maydon induksiya vektorining chiziqlari konsentrik aylanadan iborat bo'ladi. Agar I_1 tok pastdan yuqoriga oqayotgan bo'lsa, ikkinchi o'tkazgichda yotgan nuqtalarda



1.14-rasm.

B_1 vektor (parma qoidasiga binoan) bizdan kitob tekisligi tomon yo'nalgan bo'ladi va ular o'zaro tik joylashgan. Birinchi tokning magnit maydoni tomonidan ikkinchi tokka ko'rsatiladigan F_2 ta'sir kuchi kattalik jihatdan, Amper qonuniga muvofiq quyidagiga teng bo'ladi:

$$F_2 = B_1 \cdot I_2 \cdot \Delta l; \quad (1.5-1)$$

bunda: Δl —ikkinchi o'tkazgichning magnit maydonda joylashgan qismining uzunligi. Bu formulaga to'g'ri tokning magnit induksiyasi $B_1 = \mu_0 \frac{I_1}{2\pi \cdot d}$ ifodasini qo'ysak,

$$F_2 = \mu_0 \frac{I_1 \cdot I_2}{2\pi \cdot d} \cdot \Delta l. \quad (1.5-2)$$

Demak, cheksiz uzun parallel tokli o'tkazgichlarning birlik uzunligiga ta'sir qilayotgan o'zaro ta'sir kuchi ulardan o'tayotgan tok kuchlarining ko'paytmasiga to'g'ri, orasidagi masofaga esa teskari proporsional ekan.

Mazkur hodisa asosida tok kuchining Xalqaro birliklar sistemasidagi birligi – amper (A) qabul qilingan.

Amper – vakuumda bir-biridan 1 m masofada joylashgan, ko'ndalang kesim yuzi hisobga olmas darajada kichik bo'lgan cheksiz uzun to'g'ri o'tkazgichlardan tok o'tganda, o'tkazgichlarning har bir metr uzunligida $2 \cdot 10^{-7}$ N o'zaro ta'sir kuchi hosil qiladigan o'zgarmas tok kuchidir.



1. *Parallel tokli o'tkazgichlar orasida hosil bo'ladigan o'zaro ta'sir kuchining yo'nalishi qanday aniqlanadi?*
2. *Qarama-qarshi yo'nalishda I_1 va I_2 tok o'tayotgan ikkita parallel o'tkazgichning o'zaro ta'sir kuchini izohlang.*
3. *Tok kuchining birligi – Amperni ta'riflang.*

Masala yechish namunasi

Orasidagi masofa 1,6 m bo'lgan qo'sh (ikki) simli o'zgarmas elektr toki uzatish liniyasi simlarining har bir metr uzunligiga to'g'ri keluvchi o'zaro ta'sir kuchini toping. O'tkazgichlardan o'tayotgan tok kuchining qiymatini 40 A ga teng deb oling.

Berilgan:	Formulasi:	Yechilishi:
$d = 1,6 \text{ m}$ $I_1 = I_2 = 40 \text{ A}$ $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{N}}{\text{A}^2}$ $\Delta l = 1 \text{ m}$	$F = \mu_0 \frac{I_1 \cdot I_2}{2\pi \cdot d} \cdot \Delta l$ $[F] = \frac{\text{N}}{\text{A}^2} \cdot \frac{\text{A} \cdot \text{A}}{\text{m}} \cdot \text{m} = \text{N}$	$F = \frac{40 \cdot 40}{2\pi \cdot 1,6} \cdot 1 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ (N)}$
Topish kerak: $F = ?$		<i>Javobi:</i> $F = 2 \cdot 10^{-4} \text{ N.}$

6-mavzu. BIR JINSLI MAGNIT MAYDONDA ZARYADLI ZARRANING HARAKATI. LORENS KUCHI

Magnit maydonga kiritilgan tokli o'tkazgichga magnit maydon tomonidan ta'sir qiluvchi Amper kuchi, o'tkazgichning shu qismidagi har bir zarraga magnit maydon tomonidan ta'sir qilayotgan kuchlarning yig'indisidan iborat deb qarash mumkin. Uzunligi l bo'lgan tokli o'tkazgichda harakatlanayotgan barcha zaryadli zarralar soni N ga teng bo'lsa, magnit maydonda harakat qilayotgan bitta zarraga ta'sir qiluvchi kuch

$$F = \frac{F_A}{N} = \frac{I \cdot B \cdot l \cdot \sin \alpha}{N} \quad (1.6-1)$$

ga teng bo'ladi. O'tkazgichdan o'tayotgan tok kuchi

$$I = e \cdot n \cdot u \cdot S \text{ va } N = n \cdot S \cdot l. \quad (1.6-2)$$

Ifodalarni (1.6-1) tenglikka qo'ysak, bitta zarraga ta'sir qilayotgan kuchning ifodasi kelib chiqadi:

$$F_L = quB \sin \alpha; \quad (1.6-3)$$

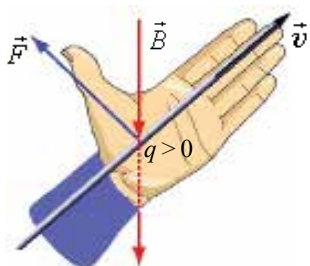
bunda: e —elektron zaryadi; u —zarraning tartibli harakat tezligi; n —zaryadlar konsentratsiyasi; S —o'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzi.

Magnit maydonda harakatlanayotgan zaryadli zarraga shu maydon tomonidan ta'sir etuvchi kuchga **Lorens kuchi** deyilib, bu kuch quyidagicha ta'riflanadi: bir jinsli magnit maydonda harakatlanayotgan zaryadli zarraga ta'sir etuvchi kuch $\vec{F}_L$ zarraning zaryadi q ga, uning harakat tezligi u ga, magnit maydon induksiya vektori $\vec{B}$ ga hamda tezlik ($\vec{v}$) vektori bilan magnit maydon induksiyasi ($\vec{B}$) vektorlari orasidagi burchak sinusi ko'paytmasiga teng bo'ladi.

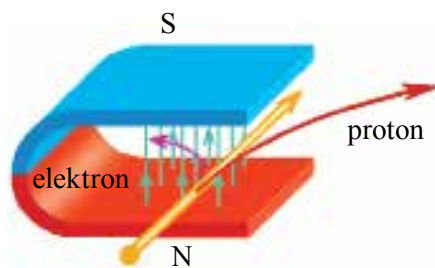
Lorens kuchi yo'nalishi chap qo'l qoidasi yordamida aniqlanadi (1.15-rasm). **Agar chap qo'lning kaftiga magnit induksiyasi vektorini tik tushadigan va ko'rsatkich barmoqlar yo'nalishi musbat zaryad harakatining yo'nalishi bilan bir xil bo'lsa, u holda 90° ga ochilgan bosh barmoq Lorens kuchining yo'nalishini ko'rsatadi.**

Magnit maydonga uchib kirayotgan protonga ta'sir qilayotgan Lorens kuchi, chap qo'l qoidasiga ko'ra, o'ng tomonga yo'nalgan bo'ladi (1.16-rasm).

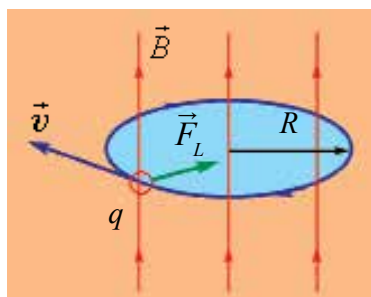
Maydondagi elektron (manfiy zaryad)ning harakatini aniqlashda, to'rtta barmog'imizni tok yo'nalishiga qarama-qarshi holatda joylaymiz. Bunda elektronga ta'sir qiluvchi Lorens kuchi chap tomonga yo'nalgan bo'ladi (1.16-rasm). Agar zaryadli zarra magnit induksiya chiziqlari bo'ylab harakatlansa, unga magnit maydon tomonidan kuch ta'sir qilmaydi.



1.15-rasm.



1.16-rasm.



1.17-rasm.

Endi zaryadli zarraning harakatiga **Lorens** kuchining ta'sirini qarab chiqamiz. Zarra bir jinsli magnit maydon kuch chiziqlari yo'nalishiga tik uchib kirayotgan bo'lsin (1.17-rasm). U holda zarra tezligi yo'nalishi bilan induksiya chiziqlari orasidagi burchak 90° ga teng bo'lib, zarraga ta'sir qilayotgan Lorens kuchi maksimal bo'ladi. Lorens kuchi magnit maydonda harakatlanayotgan zarraning harakat yo'nalishiga

perpendikular yo'nalganligi uchun u markazga intilma kuch vazifasini bajaradi. Natijada zaryadli zarraning harakat yo'nalishi o'zgarib, harakat trayektoriyasi egrilanadi. Lorens kuchi ish bajarmaganligi bois, zarraning harakat tezligi ham o'zgarmaydi. Demak, zarra aylana bo'ylab tekis harakatlanishni davom ettiradi.

Aylana bo'ylab harakatda yuzaga kelgan markazdan qochma kuchning son qiymati Lorens kuchiga teng bo'ladi, ya'ni:

$$\frac{mv^2}{R} = qvB. \quad (1.6-4)$$

Binobarin, magnit maydondagi zaryadli zarraning harakat trayektoriyasi aylanadan iborat bo'lib, uning radiusini quyidagi ifoda orqali aniqlaymiz:

$$R = \frac{mv}{qB}. \quad (1.6-5)$$

Demak, zarra trayektoriyasining egrilik radiusi uning massasi bilan tezligining ko'paytmasiga to'g'ri, zaryadi bilan magnit maydon induksiya­si­ning ko'paytmasiga esa teskari proporsional ekan.

Zarraning to'liq bir marta aylanishi uchun ketgan vaqtni, ya'ni aylanish davrini aniqlaylik. Buning uchun zarra bir marta to'liq aylangandagi yo'lni (aylana uzunligi $2\pi \cdot R$) zarraning () tezligiga bo'lamiz:

$$T = \frac{2\pi R}{v}. \quad (1.6-6),$$

(1.6-5) ifodadan foydalanib (1.6-6) ifodani quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$T = 2\pi \frac{m}{qB}. \quad (1.6-7)$$

Zarraning aylanish davri uning tezligiga bog'liq bo'lmay, zarraning massasi, zaryadiga va magnit maydon induksiya­si­ning kattaligiga bog'liq bo'lar ekan.

Magnit va elektr maydon ta'sirida vakuumda harakatlanayotgan zaryadli zarralarni massalari bo'yicha tarkibiy qismlarga ajratuvchi asbob *mass-spektrometr* deb ataladi. Mass-spektrometrlar kimyoviy elementlarning izotoplarini aniqlashda, moddalarni kimyoviy tahlil qilishda qo'llaniladi.



1. Lorens kuchining yo'nalishini chap qo'l qoidasi asosida tushuntiring.
2. Zaryadlangan zarrani aylana bo'ylab tekis harakatlantiruvchi kuchni izohlang.
3. Zaryadli zarra magnit maydonga qanday yo'nalishda kirganda unga Lorens kuchi ta'sir qilmaydi?
4. Lorens kuchi asosida yaratilgan qanday qurilmalarni bilasiz?

Masala yechish namunasi

Elektron magnit maydon induksiya­si 12 mT bo'lgan maydon induksiya chiziqlariga tik uchib kirib, 4 sm radiusli aylana bo'ylab harakatni davom ettirgan bo'lsa, u qanday tezlik bilan maydonga uchib kirgan?

Berilgan:	Formulasi:	Yechilishi:
$B = 12 \text{ mT} = 12 \cdot 10^{-3} \text{ T}$ $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ $R = 4 \text{ sm} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ $\alpha = 90^\circ$ $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$	$F_L = qvBs \sin \alpha,$ $F_{mik} = \frac{mv^2}{R},$ $F_L = F_{mik};$ $= \frac{e \cdot B \cdot R}{m}$	$= \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 12 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \cdot 10^{-2}}{9,1 \cdot 10^{-31}} =$ $= 8,4 \cdot 10^7 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right).$
Topish kerak: $= ?$	$[v] = \frac{\text{C} \cdot \text{T} \cdot \text{m}}{\text{kg}} = \frac{\text{m}}{\text{s}}$	<i>Javobi:</i> $= 8,4 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$

1-mashq.

1. Radiusi 4 sm bo'lgan halqa induksiyasi 0,5 T bo'lgan bir jinsli magnit maydon induksiya chiziqlariga tik joylashtirilgan. Halqadan o'tayotgan magnit oqimi qanday? (*Javobi: 25,12 mWb*)

2. Magnit induksiyasi 4 T bo'lgan bir jinsli magnit maydonda joylashgan yuzasi 250 sm^2 bo'lgan simli ramkadan o'tayotgan magnit oqimi 87 mWb ga teng. Magnit maydon induksiya chiziqlari sirtga qanday burchak ostida tushmoqda? (*Javobi: 30°*)

3. Induksiyasi 50 mT bo'lgan magnit maydonning induksiya chiziqlari sirt tekisligiga 30° burchak ostida tushmoqda. Magnit maydon induksiyasining sirtga normal yo'nalishidagi tashkil etuvchisini toping (*Javobi: 25 mT*)

4. To'g'ri o'tkazgichdan 5 A tok o'tmoqda. Undan 2 sm uzoqlikdagi nuqtadagi magnit maydon induksiyasini toping. (*Javobi: 50 μT*)

5. Radiusi 5 sm bo'lgan sim halqadan 3 A tok oqmoqda. Halqa markazidagi magnit maydon induksiyasini aniqlang. (*Javobi: 37,7 μT*)

6. Radiusi 10 sm, o'ramlar soni 500 ta bo'lgan g'altakdan qanday tok o'tganda uning markazida 25 mT magnit maydon induksiyasi hosil bo'ladi? (*Javobi: 8 A*)

7. Magnit maydon induksiyasi 3 mT va 4 mT bo'lgan o'zaro tik yo'nalgan ikkita bir jinsli maydonlar qo'shilganda, natijaviy maydonning induksiyasi qanday bo'ladi? (*Javobi: 5 mT*)

8. Radiusi 10 sm bo'lgan tokli halqa induksiyasi 20 mT bo'lgan bir jinsli magnit maydonga joylashgan. Agar halqadan 2 A tok o'tayotgan bo'lsa, magnit maydon tomonidan unga qanday maksimal kuch momenti ta'sir qiladi? (*Javobi: 1,26 mN·m*)

9. Eni 4 sm, bo'yi 8 sm bo'lgan ramka induksiyasi 2 T bo'lgan magnit maydonda joylashgan. Undan 0,5 A tok o'tganda ramkaga ta'sir qilayotgan maksimal kuch momentini toping. (*Javobi: 3,2 mN·m*)

10. Magnit maydonda turgan yuzi 80 sm^2 bo'lgan ramkaga ta'sir qiluvchi maksimal kuch momenti 7,2 mN·m ga teng. Agar ramkadan 0,2 A tok o'tayotgan bo'lsa, maydon induksiyasi nimaga teng? (*Javobi: 1,2 T*)

11. Induksiyasi 200 mT bo'lgan magnit maydonda uzunligi 50 sm bo'lgan o'tkazgich joylashtirilgan. Undan 4 A tok o'tganda o'tkazgich 3 sm ga surildi. Bunda tok kuchi qanday ish bajargan? (*Javobi: 12 mJ*)

12. Induksiyasi 0,1 T bo'lgan bir jinsli magnit maydonda induksiya chiziqlariga tik holatda uzunligi 10 sm bo'lgan o'tkazgichdan 2 A tok

o'tmoqda. O'tkazgichga magnit maydoni tomonidan ta'sir qilayotgan kuchni hisoblang. (*Javobi:* 20 mN)

13. Uzunligi 25 sm bo'lgan o'tkazgichdan 4 A tok o'tmoqda. O'tkazgich induksiyasi 1,2 T bo'lgan bir jinsli magnit maydonning induksiya chiziqlariga 45° burchak ostida joylashgan. O'tkazgich Amper kuchi yo'nalishida 3 sm ga ko'chganda qanday ish bajariladi? (*Javobi:* 25,4 mJ)

14. Uzunligi 40 sm bo'lgan o'tkazgichdan 2,5 A tok o'tmoqda. O'tkazgich bir jinsli magnit maydonning induksiya chiziqlariga perpendikular yo'nalishda 8 sm siljiganda, 32 mJ ish bajarilgan. Magnit maydon induksiyasi nimaga teng? (*Javobi:* 0,4 T)

15. Uzunligi 40 sm bo'lgan o'tkazgich induksiyasi 2,5 T bo'lgan bir jinsli magnit maydonida 12 sm/s tezlik bilan harakatlanmoqda. Agar o'tkazgich 3 s ichida induksiya chiziqlariga perpendikular yo'nalishda 8 sm siljiganda, 144 mJ ish bajarilgan bo'lsa, o'tkazgichdagi tok kuchi nimaga teng? Magnit maydon induksiyasi chiziqlari va tok yo'nalishi orasidagi burchakni 90° deb oling. (*Javobi:* 0,4 A)

16. Ikki simli o'zgarmas elektr toki uzatish liniyasi simlarining har bir metr uzunligiga to'g'ri keluvchi o'zaro ta'sir kuchini hisoblang. Simlar orasidagi masofa 2 m, tok kuchi 50 A ga teng deb oling. (*Javobi:* 0,25 mN)

17. Ikkita parallel tokli o'tkazgichlarning har biridan bir tomonga yo'nalgan 2 A tok o'tmoqda. Tokli o'tkazgichlar orasidagi masofa 4 sm. Tokli o'tkazgichlar o'rtasidagi nuqtada magnit maydon induksiyasi nimaga teng? (*Javobi:* nolga teng)

18. $4 \cdot 10^7$ m/s tezlik bilan harakatlanayotgan proton induksiyasi 5 T bo'lgan bir jinsli magnit maydonga uchib kirganda unga qanday kuch ta'sir qiladi? Zarraning tezlik yo'nalishi va maydon induksiya kuch chiziqlari orasidagi burchakni 45° ga teng deb oling. (*Javobi:* 22,4 pN)

19. Magnit induksiyasi 0,3 T bo'lgan bir jinsli magnit maydonga induksiya chiziqlariga perpendikular ravishda 160 Mm/s tezlik bilan uchib kirgan elektronning harakat trayektoriyasining egrilik radiusini toping. (*Javobi:* 3 mm)

20. Bir jinsli magnit maydonga tik uchib kirgan elektronning aylanish davri 8 ns bo'lsa, magnit maydon induksiyasini aniqlang. (*Javobi:* 4,5 mT)

21. Induksiyasi 1,5 T bo'lgan magnit maydon induksiyasi chiziqlariga tik ravishda alfa zarra uchib kirdi. Unga ta'sir qilgan kuch 120 pN ga teng bo'lsa, uning tezligi qanday bo'lgan? (*Javobi:* $2,5 \cdot 10^7$ m/s)

I BOBNI YAKUNLASH YUZASIDAN TEST SAVOLLARI

1. Elektr tokining magnit ta'siri tok qaysi muhitlardan o'tganda kuzatiladi?
A) elektrolitlardan; B) metallardan;
C) vakuumda; D) istalgan muhitdan.
2. Magnit oqimining birligini ko'rsating.
A) Tesla; B) Veber; C) Amper; D) Ersted.
3. O'tkazgichdan o'zgarmas tok o'tganda uning atrofida qanday maydon hosil bo'ladi?
A) elektr maydon; B) magnit maydon;
C) elektromagnit maydon; D) gravitasion maydon.
4. Rasmda 4 juft tok o'tish yo'nalishlari tasvirlangan. Qaysi holda ular o'zaro tortishadi?
A) $\uparrow\downarrow$; B) $\rightarrow\leftarrow$; C) $\downarrow\downarrow$; D) $\rightarrow\downarrow$.
5. Rasmda 4 juft tok o'tish yo'nalishlari tasvirlangan. Qaysi holda ular o'zaro itarishadi?
A) $\uparrow\downarrow$; B) $\rightarrow\rightarrow$; C) $\downarrow\downarrow$; D) $\rightarrow\downarrow$.
6. Magnit maydonga joylashtirilgan yuzasi $0,05 \text{ m}^2$ bo'lgan tokli ramkadan 2 A tok o'tmoqda. Agar ramkani aylantiruvchi maksimal kuch momenti $40 \text{ mN}\cdot\text{m}$ bo'lsa, ramka joylashgan maydonning induksiyasi nimaga teng?
A) $4\pi \cdot 10^{-6} \text{ T}$; B) $6\pi \cdot 10^{-6} \text{ T}$;
C) $2\pi \cdot 10^{-6} \text{ T}$; D) $8\pi \cdot 10^{-6} \text{ T}$.
7. Radiusi 4 sm bo'lgan sim halqadan $0,8 \text{ A}$ tok oqmoqda. Halqa markazidagi magnit induksiyasini aniqlang.
A) 2 T ; B) $0,4 \text{ T}$; C) $0,5 \text{ T}$; D) $0,2 \text{ T}$.
8. Induksiyasi $0,1 \text{ T}$ bo'lgan magnit maydon chiziqlariga tik joylashgan 25 sm uzunlikdagi o'tkazgichga maydonning ta'sir kuchi $0,5 \text{ N}$ ga teng. O'tkazgichdan o'tayotgan tok kuchi nimaga teng?
A) $2,5 \text{ A}$; B) $0,4 \text{ A}$; C) $1,25 \text{ A}$; D) $0,2 \text{ A}$.

9. Magnit maydon induksiya chiziqlariga tik yoʻnalishda elektron va proton uchib kirmoqda. Protonning massasi elektronning massasidan 1800 marta katta. Zarralarning qaysi biriga taʼsir koʻrsatgan Lorens kuchi katta boʻladi?
- A) Elektroniga; B) Protonga;
C) Ikkalasiga bir xil; D) Taʼsir kuchi nolga teng.
10. Chap qoʻl qoidasi yordamida qanday kattaliklarning yoʻnalishi aniqlanadi?
- A) Amper kuchi; B) Lorens kuchi;
C) Amper va Lorens kuchlari; D) Induksion tok yoʻnalishi.
11. Quyidagi keltirilgan kuchlarning qaysi biri ish bajarmaydi?
- A) Amper kuchi; B) Lorens kuchi;
C) Kulon kuchi; D) ishqalanish kuchi.
12. Lorens kuchi harakatdagi zaryadli zarraning tezligini qanday oʻzgartiradi?
- A) Tezligini orttiradi; B) Tezligini kamaytiradi
C) Tezligini oʻzgartirmaydi; D) Tezlik yoʻnalishini oʻzgartiradi.
13. Lorens kuchi ifodasini koʻrsating.
- A) $F = \frac{mv^2}{R}$; B) $F = I \cdot B \cdot l \cdot \sin\alpha$;
C) $F = \mu_0 \frac{I_1 \cdot I_2}{2\pi \cdot d} \cdot \Delta l$; D) $F = q \cdot B \cdot \sin\alpha$.
14. Proton induksiyasi 40 mT boʻlgan bir jinsli magnit maydonga kuch chiziqlariga tik holda $2 \cdot 10^7$ m/s tezlik bilan uchib kirganda u qanday radiusli aylana chizadi ($m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ kg)?
- A) 1,5 sm; B) 4 sm; C) 2,5 sm; D) 5,2 sm.
15. Bir jinsli magnit maydonga tik uchib kirgan elektronning aylanish davri $20 \cdot 10^{-12}$ s boʻlsa, magnit maydon induksiyasini aniqlang (T).
- A) 1,5; B) 1,8; C) 2,5; D) 3,2.

**1-bobda o'rganilgan eng muhim tushuncha,
qoida va qonunlar**

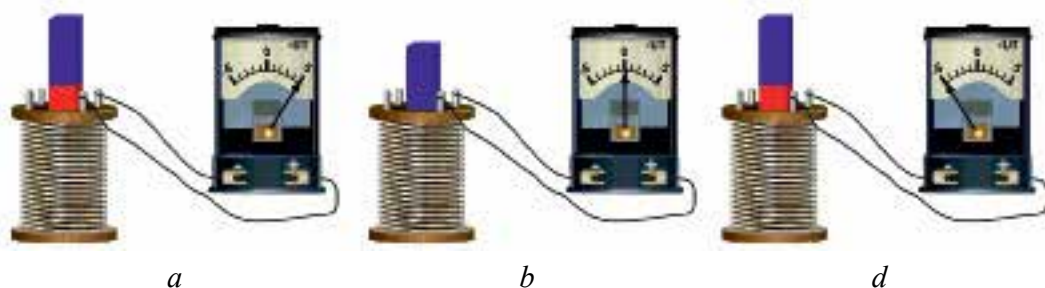
Magnit kuch chiziqlari	Magnit kuch chiziqlari magnitning shimoliy qutbidan chiqib, janubiy qutbga kiruvchi yopiq chiziqdan iborat.
Magnit induksiya oqimi	ΔS –yuzadan o'tayotgan magnit induksiya oqimi Φ deb, magnit induksiya B vektorining, shu yuzaga ko'paytmasiga aytiladi $\Phi = B \cdot \Delta S$.
Magnit oqimi birligi	Magnit maydon induksiyasi 1 T ga teng bo'lgan magnit maydonning induksiya chiziqlariga tik qo'yilgan 1 m ² yuzani kesib o'tayotgan magnit oqimi 1 Wb ga teng 1 Wb=1 T·m ² .
Magnit maydonning superpozitsiya prinsipi	$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3 + \dots + \vec{B}_n$. Fazoning biror nuqtasidagi natijaviy maydonning induksiyasi har bir tokli o'tkazgichning o'sha nuqtada hosil qilgan magnit maydon induksiyalarining vektor yig'indisiga teng.
To'g'ri tokning magnit maydon induksiyasi	$B = \mu_0 \frac{I}{2\pi \cdot d}$ – o'tkazgichdan o'tayotgan tok kuchiga to'g'ri, o'tkazgich bilan induksiyasi hisoblanayotgan nuqta orasidagi masofaga teskari proporsional.
Aylanma tok markazidagi magnit maydon induksiyasi	$B = \mu_0 \frac{I}{2R}$ – o'tkazgichdan o'tayotgan tok kuchiga to'g'ri, aylana radiusiga teskari proporsional.
Tokli ramkaning aylantiruvchi momenti	$M = I \cdot B \cdot S \sin\alpha$, konturdan o'tayotgan tok kuchi, konturning yuzasi va induksiya vektori yo'nalishi bilan kontur tekisligiga o'tkazilgan musbat normal ($\vec{n}$) ning yo'nalishi orasidagi burchak sinusiga to'g'ri proporsional.
Magnit maydonda bajarilgan ish	$A = I \cdot \Delta\Phi$ tokli o'tkazgichni magnit maydonda ko'chirishda bajarilgan ish o'tkazgichdan o'tayotgan tok kuchi bilan uning harakat davomida kesib o'tgan magnit oqimi o'zgarishining ko'paytmasiga teng.
Tokli o'tkazgichlarning o'zaro ta'sirlashuvi	Parallel o'tkazgichlardan qarama-qarshi yo'nalishda tok oqqanda, ular bir-biridan itariladi. Toklar yo'nalishi bir xil bo'lganda o'tkazgichlar bir-biriga tortiladi

Ikki tokli parallel o'tkazgichlarning orasidagi ta'sir kuchi	$F = \mu_0 \frac{I_1 \cdot I_2}{2\pi \cdot d} \cdot \Delta l$ –parallel tokli o'tkazgichlarning birlik uzunliklariga to'g'ri kelgan o'zaro ta'sir kuchi ulardan o'tayotgan tok kuchlarining ko'paytmasiga to'g'ri, orasidagi masofaga esa teskari proporsionaldir.
Tok kuchi birligi Amperning ta'rifi	Amper – vakuumda bir-biridan 1 m masofada joylashgan, cheksiz uzun to'g'ri o'tkazgichlardan tok o'tganda, o'tkazgichlarning har bir metr uzunligiga $2 \cdot 10^{-7}$ N o'zaro ta'sir kuchi hosil qiladigan o'zgarmas tok kuchidir.
Lorens kuchi	Magnit maydonda harakatlanayotgan zaryadli zarraga shu maydon tomonidan ta'sir etuvchi kuch: $F_L = qvBsina$.
Chap qo'l qoidasi	Agar chap qo'lning kaftiga magnit induksiyasi vektorini tik tushadigan va ko'rsatkich barmoqlar yo'nalishi musbat zaryadning yo'nalishi bilan bir xil bo'lsa, u holda 90° ga kerilgan bosh barmoq Lorens kuchining yo'nalishini ko'rsatadi.
Magnit maydonga tik uchib kirgan zarraning aylanish radiusi	$R = \frac{mv}{qB}$ –zarra trayektoriyasining egrilik radiusi uning massasi bilan tezligining ko'paytmasiga to'g'ri, zaryadi bilan magnit maydon induksiyasining ko'paytmasiga teskari proporsional.
Magnit maydonga tik uchib kirgan zarraning aylanish davri	$T = 2\pi \frac{m}{qB}$ – zarraning aylanish davri uning tezligiga bog'liq bo'lmay, zarraning massasiga, zaryadiga va magnit maydon induksiyasining kattaligiga bog'liq bo'ladi.

II bob. ELEKTROMAGNIT INDUKSIYA

7-mavzu. ELEKTROMAGNIT INDUKSIYA HODISASI. INDUKSIYA ELEKTR YURITUVCHI KUCH. FARADEY QONUNI

1820-yil daniyalik olim G. Ersted tokning magnit ta'sirini kashf qilgach, ingliz olimi **Maykl Faradey** magnit maydon orqali elektr tokini hosil qilishni o'ziga maqsad qildi. U bu masala ustida 10 yildan ortiq ishlab, 1831-yili uni ijobiy hal qildi.



2.1-rasm.

Ko'rgazmali asboblardan foydalangan holda Faradey tomonidan o'tkazilgan tajribani qaraylik. U g'altak va galvanometrni ketma-ket ulab, berk zanjir hosil qildi (2.1-rasm). G'altak ichiga doimiy magnit kiritilayotganda, galvanometr strelkasining og'ishi kuzatiladi. Bunda g'altakda tok hosil bo'ladi (2.1-a rasm). Agar magnitni harakatlantirmay g'altak ichida tinch tutib turilsa galvanometr strelkasi nolni ko'rsatadi, ya'ni g'altakda tokning yo'qolganligi kuzatiladi (2.1-b rasm). Magnit g'altak ichidan sug'urib olinayotganda esa, yana g'altakda tokning hosil bo'lganligi kuzatiladi. Bunda galvanometr strelkasi teskari tomonga og'adi (2.1-d rasm). Agar magnit tinch holda bo'lib, g'altak harakatga keltirilsa ham, shu hodisani kuzatamiz. Demak, g'altakni kesib o'tayotgan magnit oqimi har qanday yo'l bilan o'zgartirilganda g'altakda elektr yurituvchi kuch hosil bo'lar ekan.

Simli ramkaning uchlari bir-biriga to'g'ridan to'g'ri (yoki ularning uchlari biror asbob orqali) ulangan bo'lsa, uni berk kontur deb atash mumkin. U holda galvanometrqa ulangan g'altak o'zaro ketma-ket ulangan berk konturni tashkil qiladi.

Magnit maydonning oqimi o'zgarishi tufayli berk konturda elektr tokining hosil bo'lish hodisasini **elektromagnit induksiya hodisasi**, konturda yuzaga kelgan tok esa *induksion* tok deb ataladi.

Faradey o'zi amalga oshirgan tajriba natijalarini tahlil qilib, quyidagi xulosaga keldi: **induksion tok berk konturda faqat o'tkazgich konturi orqali o'tayotgan magnit induksiya oqimi o'zgarganda yuzaga keladi, ya'ni magnit oqimi o'zgarib turgan vaqt davomidagina mavjud bo'ladi.** Bu xulosa *elektromagnit induksiya qonuni* deb ham yuritiladi.

Ma'lumki, elektr zanjirida tok uzoq vaqt mavjud bo'lib turishi uchun zanjirning biror qismida elektr yurituvchi kuch (EYuK) manbai bo'lishi kerak. Konturda doimiy ravishda magnit oqimining o'zgarib turishi natijasida hosil bo'lgan EYuK unda induksion tokni vujudga keltiruvchi tashqi manba vazifasini bajaradi. Induksion tokni hosil qiluvchi EYuK **induksiya elektr yurituvchi kuch** deyiladi.

Yopiq konturda hosil bo'lgan elektromagnit induksiya EYuK, son qiymati jihatidan shu konturni kesib o'tgan magnit oqimi o'zgarishiga teng va ishorasi jihatidan qarama-qarshidir:

$$\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} . \quad (2.1-1)$$

Bunga *elektromagnit induksiya qonuni* yoki *Faradey–Maksvell qonuni* deyiladi.

(2.1–1) ifodadagi (–) ishora konturda vujudga keladigan induksion tokning yo'nalishi bilan bog'liq bo'lib, y Lens qoidasiga ko'ra tushuntiriladi.

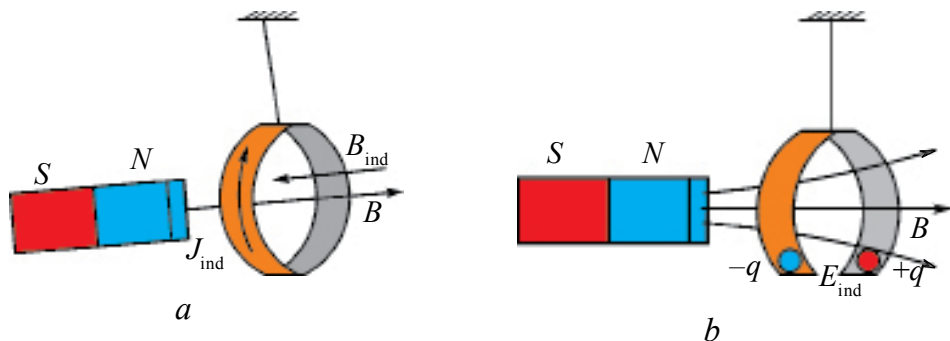
XBSda induksiya elektr yurituvchi kuchning birligi qilib volt (V) qabul qilingan. $[\mathcal{E}_i] = \left(\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right) = \frac{Wb}{s} = \frac{T \cdot m^2}{s} = \frac{N \cdot m^2}{A \cdot m \cdot s} = \frac{J}{A \cdot s} = \frac{A \cdot V \cdot s}{A \cdot s} = V$.

Agar kontur N ta o'ramdan iborat bo'lsa, konturda hosil bo'lgan induksiya EYuK quyidagi ifoda yordamida hisoblanadi:

$$\mathcal{E}_i = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} . \quad (2.1-2)$$

Rus olimi X.Lens induksion tokning yo'nalishini aniqlash maqsadida quyidagi tajribani o'tkazdi. U biri butun va ikkinchisi kesik bo'lgan yengil

alyuminiy halqalarni ipga bog'lab, tayanchga osdi (2.2-rasm). Agar magnit butun halqaga yaqinlashtirilsa, unda induksion tok hosil bo'ladi. Ayni paytda bu tok halqa ichida o'zining magnit maydonini hosil qiladi. Hosil bo'lgan magnit maydon esa magnitning halqaga yaqinlashishiga qarshilik ko'rsatadi va undan qochadi (2.2-a rasm). Agar magnitni halqadan uzoqlashtira boshlasak, halqa magnitga tortilib, unga ergashadi.



2.2-rasm.

Magnit kesik halqaga yaqinlashtirilganda yoki undan uzoqlashtirilganda magnitning halqaga ta'siri kuzatilmaydi. Bunga sabab kontur berk bo'lmaganligi uchun halqada induksion tok yuzaga kelmasligidir (2.2-b rasm). Tajriba natijalariga ko'ra Lens induksion tok yo'nalishini aniqlash qoidasini topdi. Bu qoida uning sharafiga *Lens qoidasi* deb atalib, quyidagicha ta'riflanadi: **berk konturda hosil bo'lgan induksion tok shunday yo'nalganki, u o'zining magnit maydoni bilan shu tokni hosil qilayotgan magnit oqimining o'zgarishiga qarshilik ko'rsatadi.**



1. Qanday hodisaga elektromagnit induksiya hodisasi deyiladi?
2. Nima uchun kesik halqaga magnit yaqinlashtirilganda ular o'zaro ta'sirlashmaydi?
3. Lens qoidasini ta'riflang.
4. Elektromagnit induksiya qonunini izohlang.

Masala yechish namunasi

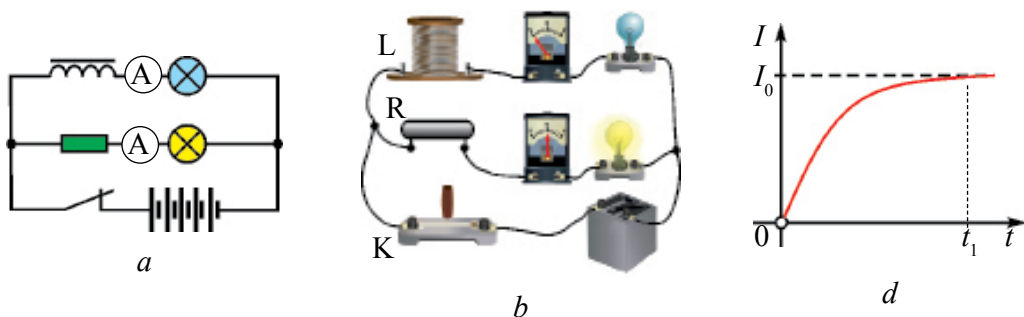
O'tkazgich halqa orqali o'tgan magnit oqimi 0,2 s davomida 5 mWb ga o'zgargan. Halqa 0,25 Ω elektr qarshiligiga ega bo'lsa, halqada qanday induksion tok yuzaga keladi?

Berilgan:	Formulasi:	Yechilishi:
$\Delta t = 0,2 \text{ s}$	$\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$	$I = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{0,25 \cdot 0,2} = 0,1 \text{ A.}$
$\Delta\Phi = 5 \text{ m Wb} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}$	$I = \frac{\mathcal{E}_i}{R} = -\frac{\Delta\Phi}{R \cdot \Delta t}$	<i>Javobi: $I = 0,1 \text{ A.}$</i>
$R = 0,25 \Omega$		
Topish kerak:	$[I] = \frac{\text{Wb}}{\Omega \cdot \text{s}} = \text{A}$	
$I = ?$		

8-mavzu. O‘ZINDUKSIYA HODISASI. O‘ZINDUKSIYA EYuK. INDUKTIVLIK

Har qanday konturdan o‘tayotgan tok shu konturni kesib o‘tuvchi magnit oqimini vujudga keltiradi. Agar konturdan o‘tayotgan tok o‘zgarsa, u hosil qilgan magnit oqimi ham o‘zgaradi. Natijada konturda induksion EYuK hosil bo‘ladi. Bu hodisa ***o‘zinduksiya hodisasi*** deb ataladi.

O‘zinduksiya hodisasini kuzatish mumkin bo‘lgan elektr zanjiri 2.3-*a* rasmda keltirilgan. Zanjir ikkita bir xil lampa, R qarshilik, ko‘p o‘ramli g‘altak, kalit va tok manbayidan iborat. Lampalarning biri ichida temir o‘zagi bo‘lgan g‘altak orqali, ikkinchisi R qarshilik orqali tok manbayiga ulangan. Kalit ulanganda g‘altak orqali zanjirga ulangan lampa biroz kechikib, R qarshilik orqali ulangan ikkinchi lampa esa, kalit ulangan zahotiyoq yonganligini ko‘ramiz (2.3-*b* rasm). Chunki, kalit ulangan zahotiyoq g‘altakdan o‘tayotgan tok kuchi t_1 vaqt ichida noldan I_0 gacha o‘zgaradi (2.3-*d* rasm).



2.3-rasm.

Bu davrda g'altakda tok manbayi hosil qilgan tokka teskari yo'nalgan o'zinduksiya toki yuzaga keladi. Bu birinchi lampaning kechroq yonishiga sabab bo'ladi.

Xuddi shuningdek, kalit uzilganda ham ikkinchi lampa shu zahoti o'chib, ammo birinchi lampa sekin xiralashib o'chadi.

Tokning hosil qilgan magnit maydoni magnit oqimi bilan tavsiflanadi. G'altak ichidagi hosil bo'lgan magnit oqimi qanday fizik kattaliklarga bog'liq bo'ladi?

Tajribalarning ko'rsatishicha, g'altak ichida hosil bo'lgan magnit oqimi: *birinchidan*, g'altakda hosil bo'lgan magnit oqimi undan o'tayotgan tok kuchiga to'g'ri proporsional, ya'ni:

$$\Phi \sim I,$$

ikkinchidan, g'altakda hosil bo'lgan magnit oqimi g'altakning geometrik o'lchamlariga (o'ramlar soni, ko'ndalang kesim yuzi, uzunligi) va o'zagi borligiga bog'liq ekan.

Bu tajribalar natijasini umumlashtirib, quyidagi xulosaga kelimiz: tokli o'tkazgichning hosil qilgan magnit oqimi undan o'tayotgan tok kuchiga va g'altakning parametrlariga ham bog'liq bo'ladi, ya'ni:

$$\Phi = L \cdot I, \quad (2.2-2)$$

bunda: L – g'altakning geometrik o'lchamlariga va g'altak joylashgan muhitning magnit xossalriga bog'liq bo'lgan proporsionallik koeffitsiyenti bo'lib, u g'altakning induktivligi deyiladi.

XBSda induktivlik birligini o'zinduksiya hodisasini birinchi bo'lib kuzatgan Amerika olimi J. Henri sharafiga *henri* (H) qabul qilingan.

(2.2–2) ifodaga ko'ra g'altakda hosil bo'lgan o'zinduksiya elektr yurituvchi kuchning ifodasini quyidagicha yozamiz:

$$\mathcal{E} = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}, \quad (2.2-4)$$

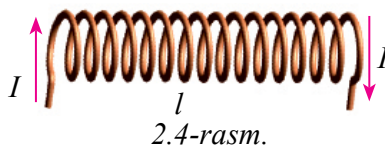
bu ifodadan quyidagi xulosa kelib chiqadi: **o'zinduksiya elektr yurituvchi kuchining kattaligi konturdagi tok kuchining o'zgarish tezligiga ($\frac{\Delta I}{\Delta t}$) to'g'ri proporsional bo'ladi.**

(2.2–4) tenglikdan induktivlik (yoki o'zinduksiya koeffitsiyenti)ning quyidagi fizik ma'nosi va birligi kelib chiqadi: **tok kuchining o'zgarish**

tezligi $1 \frac{\text{A}}{\text{s}}$ bo'lganda konturda bir volt o'zinduksiya EYuK yuzaga kelsa, konturning induktivligi 1 H ga teng bo'ladi, ya'ni:

$$1\text{H} = \frac{1\text{V}}{1\text{A/s}} = \frac{1\text{V} \cdot \text{s}}{1\text{A}}.$$

Uzunligi l , ko'ndalang kesim yuzasi S , o'ramlar soni N bo'lgan uzun g'altak yoki solenoid (2.4-rasm)ning induktivligi quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:



$$L = \frac{\mu_0 \cdot \mu \cdot N^2 \cdot S}{l}. \quad (2.2-3)$$

Bunda: μ_0 – ko'effitsiyent vakuumning magnit doimiysi bo'lib, uning son qiymati $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{N}}{\text{A}^2}$ ga teng. μ – solenoid ichidagi muhitning magnit singdiruvchanligi (moddaning magnit singdiruvchanligi to'g'risida keyingi mavzuda batafsil to'xtalamiz).

O'zinduksiya hodisasini mexanikadagi inersiya hodisasiga o'xshatish mumkin. Inersiya hodisasida jismning massasi qanday ahamiyatga ega bo'lsa, o'zinduksiya hodisasida induktivlik ham shunday ahamiyatga ega. Ya'ni, massa qancha katta bo'lsa, jism shuncha inertroq; induktivlik qancha katta bo'lsa, zanjirdagi tok o'zgarishi shuncha sekin (inert) bo'ladi. Yuqorida ko'rib o'tgan misoldagi g'altakka ketma-ket ulangan lampaning yonishi va o'chishining asta-sekin ro'y berish jarayonini, inertroq jismning joyidan sekin qo'zg'alishi va uning to'xtashi birdaniga amalga oshmasligi bilan taqqoslash mumkin.



1. Qanday hodisaga o'zinduksiya hodisasi deyiladi?
2. O'zinduksiya hodisasi kuzatiladigan zanjirni chizib, uni tushuntiring.
3. O'zinduksiya ko'effitsiyentining birligi nima?
4. O'zinduksiya EYuKning ifodasini yozing va uni tushuntiring.

Masala yechish namunasi

G'altakdagi tok 0,2 s davomida noldan 3 A gacha tekis o'zgarganda 1,5 V o'zinduksiya EYuK hosil bo'lsa, g'altakning induktivligi qanchaga teng?

Berilgan:	Formulasi:	Yechilishi:
$\Delta t = 0,2 \text{ s}$ $\Delta I = 3 \text{ A}$ $\mathcal{E}_{ind.} = 1,5 \text{ V}$	$\mathcal{E}_{ind.} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$	$L = \frac{1,5 \cdot 0,2}{3} = 0,1 \text{ H.}$
Topish kerak: $L = ?$	$\square L \square = \frac{\mathcal{E}_{ind.} \cdot \Delta t}{\Delta I}$	<i>Javobi:</i> $L = 0,1 \text{ H.}$

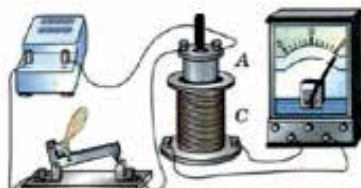
9-mavzu. MODDALARNING MAGNIT XOSSALARI

Ko'pgina (masalan, temir, nikel, kobalt kabi) moddalar magnit maydonga kiritilganda yoki ulardan tok o'tganda magnitlanib qolishi kuzatiladi. Ular magnit kabi atrofida magnit maydonni hosil qiladi. Magnit maydon ta'sirida magnitlanib qoladigan bunday moddalarga **magnetiklar** deyiladi.

Biz 2-mavzuda g'altak ichida hosil bo'lgan magnit maydon g'altakdan o'tayotgan tok kuchiga proporsional ekanligini ko'rib o'tganmiz. G'altak ichidagi magnit maydonni baholash maqsadida quyidagi namoyish tajribasini o'tkazish mumkin. Namoyish qurilmaning umumiy ko'rinishi 2.5-a rasmda keltirilgan. Namoyish qurilmasi tok manbayi, ikkita g'altak, turli moddadan yasalgan o'zaklar, ampermetr va kalitdan iborat.



a



b

2.5-rasm

G'altakka kuchlanishni o'zgartirmasdan, uning ichiga navbatma-navbat turli xil tabiatli metall o'zaklar kiritilib tajriba takrorlansa, uning ichidagi magnit maydon induksiyasining ham turlicha o'zgarishi tafayli galvanometr strekasi og'ishining turlicha o'zgarishini ko'ramiz (2.5-b rasm).

G'altak ichida hosil bo'layotgan magnit maydon induksiyasi unga kiritilgan moddaning tabiatiga bog'liq ekan, ya'ni:

$$B = \mu \cdot B_0. \quad (1.9-1)$$

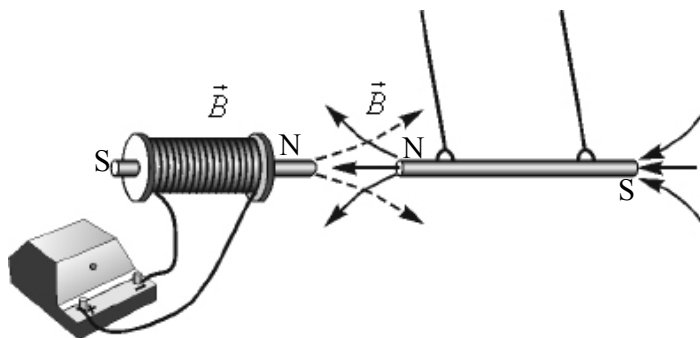
Demak, tokli g'ltakning biror muhitda hosil qilgan magnit maydonining induksiyasi (B), uning vakuumda hosil qilgan magnit maydon induksiyasi (B_0) ga to'g'ri proporsional bo'lib, muhitning turi (μ) ga ham bo'liq bo'ladi. (1.9-1) ifodadan μ ni topsak:

$$\mu = \frac{B}{B_0}. \quad (1.9-2)$$

Bu tenglikdagi μ —muhitning magnit singdiruvchanligi deb ataladi. U faqat muhitning tabiatiga bog'liq bo'lib, muhitdagi maydon induksiyasi, vakuumdagi magnit maydon induksiyasidan necha marta farq qilishini bildiradi.

Tabiatda uchraydigan barcha moddalar magnit singdiruvchangligiga qarab uch turga bo'linadi. Bular: **diamagnetiklar**, **paramagnetiklar** va **ferromagnetiklar**.

Magnit singdiruvchanligi birdan kichik ($\mu < 1$) bo'lgan moddalarga diamagnetiklar deyiladi. Oltin, kumush, mis, rux va ba'zi gazlar diamagnetiklardir. Magnit maydoniga kiritilgan diamagnetiklar uni susaytiradi. Bunday moddalarga magnit maydoni yaqinlashtirilganda maydondan uzoqlashadi (2.6-rasm).



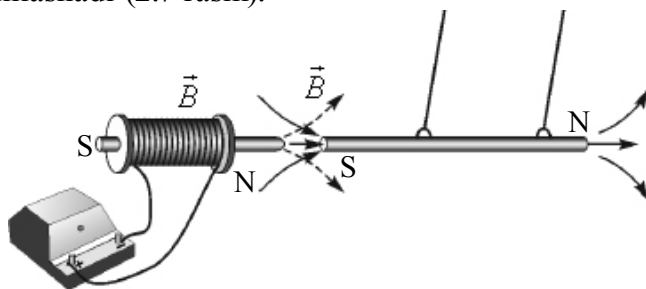
2.6-rasm.

Magnit singdiruvchanligi birdan biroz katta ($\mu > 1$) bo'lgan moddalarga **paramagnetiklar** deyiladi.

Paramagnetiklarga platina, alyuminiy, xrom, marganes, kislorod kabi moddalar kiradi. Magnit maydonga kiritilgan paramagnetiklar maydonni qisman kuchaytiradi.

Magnit singdiruvchanligi birdan juda katta ($\mu \gg 1$) bo'lgan moddalar **ferromagnetiklar** deyiladi. Temir, nikel, kobalt va ularning ba'zi qotishmalari ferromagnetiklardir. Magnit maydonga kiritilgan ferromagnetiklar uni kuchaytiradi.

Bunday moddalardan yasalgan jismlarni magnit maydoniga kiritilganda maydonga yaqinlashadi (2.7-rasm).



2.7-rasm.

Ferromagnetiklar tabiatda uncha ko'p bo'lmasa-da, ular hozirgi zamon texnikasida keng qo'llaniladi. Masalan, transformator, tok generatori, elektrodvigatel va boshqa qurilmalarning o'zaklari ferromagnit materiallardan yasaladi. Keyingi paytlarda doimiy magnitlar tibbiyotda ham keng qo'llanilib kelmoqda. Ulardan qon bosimini pasaytiruvchi moslama sifatida qo'lga taqiladigan bilaguzuk tayyorlanmoqda.



1. Magnetiklar deb nimaga aytiladi?
2. Magnit singdiruvchanlikning fizik ma'nosini tushuntiring.
3. Tabiatdagi moddalar magnit singdiruvchanligiga ko'ra qanday turlarga bo'linadi?
4. Ferromagnetiklarning texnikada qo'llanishiga doir misollar keltiring.

Masala yechish namunasi

Magnit maydon induksiyasi 0,50 T bo'lgan o'zaksiz g'altakka magnit singdiruvchanligi 60 ga teng bo'lgan ferromagnit kiritildi. G'altak ichida magnit maydon induksiyasi qanchaga o'zgaradi?

Berilgan:	Formulasi:	Yechilishi:
$B_0 = 0,50 \text{ T}$	$B = \mu \cdot B_0$	$\Delta B = 60 \cdot 0,5 - 0,5 = 30 - 0,5 = 29,5 \text{ T.}$
$\mu = 60$		
Topish kerak:	$\Delta B = \mu \cdot B_0 - B_0$	Javobi: $\Delta B = 29,5 \text{ T.}$
$\Delta B = ?$		

10-mavzu. MAGNIT MAYDON ENERGIYASI

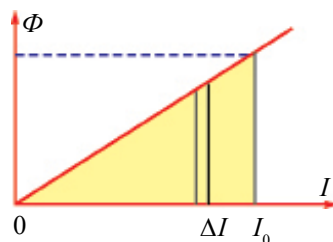
Zaryadlangan jism elektr maydon energiyasiga ega bo'lgani kabi, tokli o'tkazgichning atrofida hosil bo'lgan magnit maydon ham energiyaga ega bo'ladi. Magnit maydonning energiyasini hisoblashni quyidagi misolda qarab chiqamiz. Induktivligi L bo'lgan g'altak tok manbayiga reostat orqali ketma-ket ulangan bo'lsin (2.8-rasm).

G'altakdan o'tayotgan tok energiyasining bir qismi unda magnit maydonni hosil qilishga sarflanadi. Energiyaning saqlanish qonuniga ko'ra, tok hosil qilgan energiya magnit induksiya oqimini hosil qilish uchun sarflangan ishiga teng bo'lishini bildiradi, ya'ni:

$$W_{\text{mag}} = A.$$



2.8-rasm.



2.9-rasm.

Reostat jilgichini surib, g'altakdan o'tayotgan tokni tekis oshiramiz. G'altakda hosil bo'lgan magnit oqimi ($\Phi = L \cdot I$) undan o'tayotgan tokka to'g'ri proporsional, ya'ni tok ortgan sari magnit oqimi ham chiziqli ortib boradi (2.9-rasm). Chizmada keltirilgan uchburchak yuzining geometrik ma'nosi bajarilgan ishni izohlaydi. Bu yuzaning son qiymati:

$$A = \frac{I \cdot \Phi}{2}. \quad (2.10-1).$$

U holda tokli o'tkazgich atrofida hosil bo'lgan magnit maydon energiyasini hisoblash formulasi quyidagi ko'rinishga keladi:

$$W_{\text{mag}} = A = \frac{I \cdot \Phi}{2} = \frac{L \cdot I^2}{2}. \quad (2.10-2)$$

Demak, tokli konturning magnit maydon energiyasi uning induktivligi bilan konturdan o'tayotgan tok kuchi kvadrati ko'paytmasining yarmiga teng ekan.

(2.10-2)dan ko'rinib turibdiki, tokning magnit maydon energiyasining ifodasini harakatlanayotgan jismning kinetik energiyasi $\left(E_k = \frac{m \cdot v^2}{2} \right)$

ifodasi bilan taqqoslab, induktivlikning mexanikadagi massaga o'xshash fizik kattalik ekanligini ko'ramiz. Yuqorida aytilganidek, mexanikada jism massasi uning tezligini o'zgartirishda qanday rol o'ynasa, induktivlik ham konturda tok kuchining o'zgarishida shunday rol o'ynaydi.

Elektromagnitning asosini solenoid g'altagi tashkil qiladi. Solenoidning ichiga kiritilgan ferromagnit o'zagi uning induktivligini keskin oshiradi. Natijada elektromagnit g'altak atrofida magnit maydon ham kuchayadi va u og'ir yuklarni bemalol ko'taradi.

Tokli g'altakning atrofidagi magnit maydon hosil bo'lishiga asoslanib, yuklarni ko'tara oladigan elektromagnit kranlar xalq xo'jaligining turli sohalarida keng qo'llanilmoqda (2.10-rasm).



2.10-rasm.



1. G'altakdan o'tayotgan tok energiyasi sarfini tushuntiring.
2. G'altakda hosil bo'lgan magnit oqimi qanday kattaliklarga bog'liq?
3. Magnit maydon energiyasini izohlang.
4. Magnit maydon energiyasi hisobiga ishlaydigan qanday qurilmalarni bilasiz?

Masala yechish namunasi

Magnit maydonning energiyasi 4 mJ bo'lishi uchun, induktivligi 0,2 H bo'lgan g'altak chulg'amidagi tok kuchi qancha bo'lishi lozim?

Berilgan:	Formulasi:	Yechilishi:
$W = 4 \text{ mJ} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ J}$	$W_{\text{mag}} = \frac{L \cdot I^2}{2}$	$I = \sqrt{\frac{2 \cdot 4 \cdot 10^{-3}}{0,2}} = 0,2 \text{ A.}$
$L = 0,2 \text{ H}$	$I = \sqrt{\frac{2 \cdot W}{L}}$	
Topish kerak:	$[I] = \sqrt{\frac{\text{J}}{\text{H}}} = \text{A}$	
$I = ?$		Javobi: $I = 0,2 \text{ A.}$



Amaliy topshiriq. Bu tajribalarni o'zingiz o'tkazib ko'ring va ro'y berayotgan fizik jarayonni tushuntiring.



2-mashq.

1. Konturni kesib o'tuvchi magnet oqimi 0,4 s ichida 5 Wb dan 13 Wb gacha tekis o'zgardi. Konturda hosil bo'lgan induksiya EYuKni toping. (Javobi: 20 V)

2. 250 ta o'ramga ega bo'lgan g'altak ichida magnet oqimi 0,4 s da 2 Wb ga o'zgardi. G'altakda hosil bo'lgan induksiya EYuKni toping. (Javobi: 1250 V)

3. Magnet oqimining o'zgarish tezligi 0,15 Wb/s bo'lganda, g'altakda 120 V (EYuK) hosil bo'lsa, g'altakdagi o'ramlar soni nechta bo'lgan? (Javobi: 800 ta)

4. Tok kuchi 0,6 A bo'lganda induktivligi 80 mH bo'lgan g'altakda qanday magnet oqimi yuzaga keladi? (Javobi: 48 mW)

5. Induktivligi 0,8 H va ko'ndalang kesim yuzi 200 sm² bo'lgan g'altak orqali 2 A tok o'tmoqda. Agar g'altak 50 ta o'ramdan tashkil topgan bo'lsa, uning ichidagi magnet maydon induksiyasi qanday? (Javobi: 1,6 T)

6. Induktivligi 2 H bo'lgan g'altakda o'zinduksiya EYuKning qiymati 36 V bo'lishi uchun g'altakdan o'tayotgan tokning o'zgarish tezligi qanday bo'lishi kerak? (Javobi: 18 A/s)

7. O'zaksiz g'altakdagi magnet maydon induksiyasi 25 mT ga teng. Agar g'altak ichiga magnet singdiruvchanligi 60 bo'lgan ferromagnet o'zagi kiritilsa, g'altakdagi magnet maydon induksiyasi qanday bo'ladi? (Javobi: 1,5 T)

8. Tokli g'altakdagi magnet maydon induksiyasi 20 mT ga teng. G'altak ichiga ferromagnet o'zagi kiritilganda unda hosil bo'lgan magnet maydon induksiyasi 180 mT ga ortgan bo'lsa, g'altakka tushirilgan o'zakning magnet singdiruvchanligi nimaga teng? (Javobi: 10)

9. Radiusi 2 sm bo'lgan g'altakdan 3 A tok oqmoqda. G'altak ichiga magnet singdiruvchanligi 20 bo'lgan ferromagnet o'zagi kiritilsa, g'altak

ichidagi magnit maydon induksiyasi qanday bo'ladi? G'altakdagi o'ramlar soni 150 ga teng. (*Javobi: 0,28 T*)

10. Solenoiddan 2,5 A tok o'tganda, unda 0,8 mWb magnit oqimi hosil bo'lsa, magnit maydon energiyasini aniqlang (*Javobi: 2,5 mJ*)

11. Induktivligi 5 mH bo'lgan g'altakdan 0,4 A tok o'tmoqda. G'altakning magnit maydonning energiyasini toping. (*Javobi: 4 mJ*)

12. G'altakdan 3 A tok o'tganda uning magnit maydon energiyasi 60 mJ ga teng bo'lsa, g'altak induktivligi nimaga teng bo'ladi? (*Javobi: 90 mH*)

II BOBNI YAKUNLASH YUZASIDAN TEST SAVOLLARI

- Elektromagnit induksiya hodisasini kim kashf qilgan?**
A) Amper; B) Ersted; C) Faradey; D) Lens.
- Induksiya EYuKning birligini ko'rsating.**
A) T/s; B) Wb/s; C) H; D) A/s.
- Induksion tokning yo'nalishi kim tomonidan aniqlangan?**
A) Amper; B) Ersted; C) Maksvel; D) Lens.
- G'altakdagi o'ramlar soni 4 marta ortsa, undagi induksion EYuK qanday o'zgaradi?**
A) 2 marta ortadi; B) 4 marta ortadi;
C) 4 marta kamayadi; D) 2 marta kamayadi.
- Konturda o'tayotgan magnit oqimi 0,3 s davomida 15 dan 12 Wb gacha tekis kamaygan bo'lsa, konturda hosil bo'lgan induksiya EYuK ni toping (V).**
A) 10; B) 9; C) 4,5; D) 5.
- 150 o'ramga ega bo'lgan g'altakdagi magnit oqimi 0,5 s da 15 mWb ga o'zgargan bo'lsa, unda induksiyalangan EYuKni aniqlang (V).**
A) 10; B) 5; C) 9; D) 4,5.
- Magnit oqimining o'zgarish tezligi 120 mWb/s bo'lganda, g'altakda 30 V EYuK hosil bo'lsa, g'altakdagi o'ramlar soni nimaga teng?**
A) 200; B) 250; C) 400; D) 500.
- G'altakdagi tok 0,4 s ichida 5 A ga o'zgarganda, 15 V o'zinduksiya EYuK yuzaga keldi. G'altak induktivligi nimaga teng (H)?**
A) 1,2; B) 2,5; C) 4; D) 1,5.
- Tok kuchi 0,8 A bo'lganda g'altakda yuzaga kelgan magnit oqimi 240 mWb ga teng. G'altak induktivligi nimaga teng (H)?**
A) 1,2; B) 0,4; C) 0,3; D) 0,5.

10. Paramagnit moddalarning magnit singdiruvchanligi qanday bo'ladi?
 A) $\mu > 1$; B) $\mu \gg 1$; C) $\mu < 1$; D) $\mu = 1$.
11. G'altakka kiritilgan ferromagnit o'zagi qanday vazifani bajaradi?
 A) magnit maydonni kuchaytiradi; B) elektr maydonni kuchaytiradi;
 C) elektr maydonni susaytiradi; D) magnit maydonni susaytiradi.
12. Magnit maydon induksiyasi 80 mT bo'lgan o'zaksiz g'altakka magnit singdiruvchanligi 25 ga teng bo'lgan ferromagnit o'zagi kiritildi. G'altakda magnit maydon induksiyasi qancha bo'ladi (T)?
 A) 1,2; B) 4; C) 2; D) 3,6.
13. Qarshiligi 0,04 Ω bo'lgan kontur orqali o'tuvchi magnit oqimi 0,6 s da 0,012 Wb ga o'zgarganda, konturda hosil bo'lgan tok kuchini toping (A).
 A) 0,5; B) 1,5; C) 3; D) 0,4.
14. Induktivligi 30 mH bo'lgan g'altakdan 0,8 A tok o'tmoqda. G'altak magnit maydonining energiyasini hisoblang (mJ).
 A) 1,2; B) 4; C) 2; D) 9,6.
15. G'altakdan 2 A tok o'tganda uning magnit maydon energiyasi 40 mJ ga teng bo'lsa, g'altak induktivligi nimaga teng (mH)?
 A) 20; B) 40; C) 25; D) 10.

**II bobda o'rganilgan eng muhim tushuncha,
qoida va qonunlar**

Elektromagnit induksiya hodisasi	Magnit oqimining o'zgarishi tufayli shu maydonda joylashgan berk konturda tok hosil bo'lishi jarayoni.
Induksion tok	Berk konturni kesib o'tayotgan magnit oqimi o'zgarganda unda hosil bo'lgan elektr toki.
Elektromagnit induksiya qonuni	Yopiq konturda hosil bo'lgan elektromagnit induksiya EYuK, son qiymati jihatidan shu konturni kesib o'tgan magnit oqimi o'zgarishiga teng va ishorasi jihatidan qarama-qarshidir: $\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$.
Lens qoidasi	Berk konturda hosil bo'lgan induksion tok shunday yo'nalganki, u o'zining magnit maydoni bilan shu tokni hosil qilayotgan magnit oqimining o'zgarishiga qarshilik ko'rsatadi.

Tokli o'tkazgich hosil qilgan magnit oqimi	Tokli o'tkazgichning hosil qilgan magnit oqimi (Φ) undan o'tayotgan tok kuchiga va o'tkazgichning induktivligi (L) ga bog'liq: $\Phi = L \cdot I$.
Induktivlik birligi	Tok kuchining o'zgarish tezligi $1 \frac{\text{A}}{\text{s}}$ bo'lganda, konturda bir volt o'zinduksiya EYuK yuzaga kelsa, konturning induktivligi 1 H ga teng bo'ladi.
O'zinduksiya EYuK	$\mathcal{E} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$ o'zinduksiya elektr yurituvchi kuchining kattaligi konturdagi ($\frac{\Delta I}{\Delta t}$) tok kuchining o'zgarish tezligiga to'g'ri proporsional bo'ladi.
Magnetiklar	Tashqi magnit maydon ta'sirida magnitlanib qoluvchi moddalar.
Magnit singdiruvchanlik	Muhitning tabiatiga bog'liq bo'lib, muhit va vakuumdagi magnit maydon induksiylarining nisbatini bildiradi.
Diamagnetiklar	Magnit singdiruvchanligi birdan kichik ($\mu < 1$) bo'lgan moddalar.
Paramagnetiklar	Magnit singdiruvchanligi birdan biroz katta ($\mu > 1$) bo'lgan moddalar.
Ferromagnetiklar	Magnit singdiruvchanligi birdan juda katta ($\mu \gg 1$) bo'lgan moddalar. Ular maydonni kuchaytirish xossasiga ega.
Magnit maydon energiyasi	$W_{\text{mag}} = \frac{L \cdot I^2}{2}$ tokning magnit maydon energiyasi, konturning induktivligi bilan undan o'tayotgan tok kuchi kvadrati ko'paytmasining yarmiga teng.

III bob.

ELEKTROMAGNIT TEBRANISHLAR

KIRISH

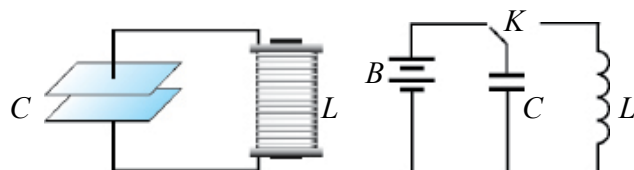
Biz jonajon respublikamizning turli shahar va qishloqlarida yashaymiz. Ular poytaxtdan yuzlab va minglab kilometr uzoqlikda joylashgan. Ular bir-biridan shunchalik uzoqda joylashganligiga qaramasdan bir-birimizning yutuqlarimizdan doimo xabardormiz. Shu bilan birga butun dunyoda bo'layotgan voqealardan ham xabardor bo'lib turamiz. Bu xabarlarni biz har kuni ko'radigan televizor, eshitadigan radio, gaplashadigan telefon orqali ko'proq bilamiz. Xo'sh, bu xabarlarni dunyoning turli joylaridan televizorimizga, radiopriyomnikka, uyali telefonimizga nima olib keladi?

So'z, tovush, tasvir yoki boshqa axborotlarni uzoq masofalarga elektron yoki elektromagnit signallari ko'rinishida uzatishga **telekommunikatsiya** deyiladi. Axborotlarni elektr signallari ko'rinishida o'tkazgichlar vositasida uzatishni 1837-yilda ingliz ixtirochilari U. Kuk va Ch. Uitstonlar ixtiro qilgan edi. Asli kasbi rassom bo'lgan amerikalik S. Morze xabarni maxsus nuqta va tirelardan iborat alfavit orqali uzatishni o'ylab topadi. Bu usul so'ngra butun dunyo bo'ylab qo'llanila boshlandi. 1876-yilda A.G. Bell telefonni ixtiro qiladi. Hozirda uylarimizga va turli muassasalarga ulangan telefonlar stansiya bilan metall o'tkazgichlar orqali ulangan bo'lsa, shaharlararo va mamlakatlararo telefon stansiyalari optik tolali kabellar bilan ulangan. Bunday kabellar orqali xabarlar lazer nuri yordamida uzatiladi. Bir juft kabel orqali bir vaqtning o'zida 6000 ta telefon abonentlari gaplashishlari mumkin. Bundan tashqari, bizning radiopriyomniklarimiz va televizorlarimiz simsiz holda axborotlarni oladi. Qo'l telefonlarimiz orqali simsiz axborot almashamiz. Bu axborotlar elektromagnit to'lqinlar vositasida tashilar ekan.

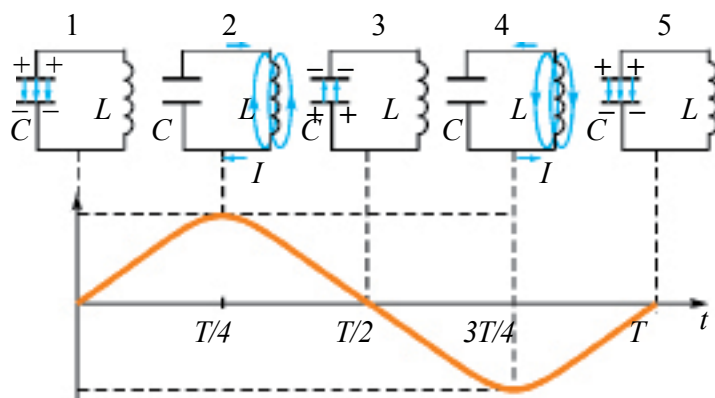
Xabarlar orqali kelgan tasvir va ovozlari televizor, radiopriyomnik va qo'l telefonlarimizda qanday hosil bo'ladi? Bu savollarga mazkur bobda Siz aziz o'quvchilar javob topasiz.

11-mavzu. ERKIN ELEKTROMAGNIT TEBRANISHLAR (TEBRANISH KONTURI). TEBRANISH KONTURIDA ENERGIYANING O'ZGARISHI

Oddiy elektromagnit tebranishlarni kondensator va induktiv g'altakdan iborat bo'lgan elektr zanjirida hosil qilish mumkin. Kondensator, induktiv g'altak, o'zgarmas tok manbayi va uzib-ulagichdan iborat elektr zanjirini tuzaylik (3.1-rasm). Bunda soddalashtirish uchun zanjirning elektr qarshiligini hisobga olmaymiz. Uzib-ulagich chap tomonga ulanganda C kondensator qoplamalari batareyadan zaryadlanib oladi. Bunda kondensator qoplamalari orasida energiyasi maksimal bo'lgan $W_e = \frac{q_m^2}{2C}$ elektr maydon hosil bo'ladi. So'ngra uzib-ulagichni o'ng tomonga ulaymiz, bu holda zaryadlangan kondensator L g'altak bilan ulanadi. Keyingi boradigan jarayonni batafsilroq qaraylik (3.2-rasm).



3.1-rasm.



3.2-rasm.

Kondensatorning yuqorigi qoplamasi musbat, pastki qoplamasi manfiy ishorada zaryadlangan bo'lganligidan tok manbayi bo'lib qoladi (1-holat). Natijada kondensatorning musbat qoplamasidan, induktiv g'altak orqali man-

fiy qoplamasiga tomon zaryadlar ko'chishi, ya'ni tok vujudga keladi. Bu tok atrofida magnit maydon hosil bo'ladi. Bu tok, g'altakning induktivligi tufayli asta-sekin ortib, o'zining maksimal qiymatiga erishadi (rasmdagi grafikni qarang). G'altakdan o'tayotgan tok atrofida hosil bo'lgan magnit maydon ham o'suvchi bo'ladi (2-holat). Bu holda kondensator qoplamalari orasidagi elektr maydon energiyasi nolgacha kamayadi. G'altak atrofidagi magnit may-

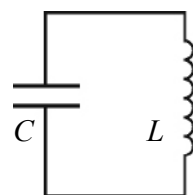
don energiyasi ortib borib, o'zining maksimal $W_m = \frac{LI_m^2}{2}$ qiymatiga erishadi. Oldingi mavzulardan ma'lumki, elektromagnit induksiya hodisasiga ko'ra, o'zgaruvchan magnit maydonda joylashgan g'altakda induksion kuchlanish vujudga keladi. Tok kuchi kamaya borib, induksion kuchlanish kondensatorni avvalgisiga nisbatan teskari ishorada zaryadlaydi (3-holat). Zaryadlangan kondensator yana induktiv g'altak orqali tok hosil qiladi (4-holat). Bu tok ham o'suvchi bo'lib, uning hosil qilgan magnit maydoni g'altakda induksion kuchlanish hosil qiladi. Tok kamaya borib, induksion kuchlanish, kondensatorni qayta zaryadlaydi (5-holat). 5-holat va 1-holatlarda kondensator zaryadi ishoralari bir xil. Demak, keyingi jarayonlar oldingidek ketma-ketlikda davom etadi.

Ko'rib o'tilgan jarayonlardan quyidagi xulosalarni chiqaramiz:

1. Kondensator va induktiv g'altakdan iborat zanjirda, bir marta o'zgarmas tok manbayidan kondensatorga berilgan zaryad, berk zanjirda o'zgaruvchan tokni hosil qiladi.

2. Dastlab manbadan olingan energiya kondensator qoplamalari oralig'ida elektr maydon energiyasi sifatida to'plansa, keyinchalik g'altak atrofidagi magnit maydon energiyasiga aylanadi. So'ngra magnit maydon energiyasi, elektr maydon energiyasiga va h.k. davriy ravishda aylanib turadi.

10-sinfda har qanday takrorlanuvchi jarayonga tebranish deyilishi aytilgan edi. Demak, kondensator va g'altakdan iborat zanjirdagi jarayon ham tebranma xarakterga ega. Uni **elektromagnit tebranishlar** deyiladi. Elektromagnit tebranishlar hosil bo'layotgan g'altak (L) va kondensator (C)dan iborat berk zanjir **tebranish konturi** deb ataladi (3.3-rasm).



3.3-rasm.

Tebranish konturida hosil bo'layotgan elektromagnit tebranishlar davri (chastotasi)ni aniqlash formulasini ingliz fizigi U. Tomson tomonidan aniqlangan.

$$T = 2\pi\sqrt{LC} \quad \text{yoki} \quad \nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}. \quad (3-1)$$

Bunda: T –tebranishlar davri sekundlarda, ν –tebranishlar chastotasi $\frac{1}{s} = 1 \text{ Hz}$ da o'lchanadi.

Elektr maydon energiyasi, magnit maydon energiyasiga va aksincha aylanar ekan. Ideal tebranish konturida energiya sarfi bo'lmaganligi sababli tebranishlar so'nmaydi. To'la energiya saqlanib qoladi va uning qiymati istalgan paytda quyidagiga teng bo'ladi:

$$W = \frac{q^2}{2C} + \frac{Li^2}{2} = \frac{q_m^2}{2C} = \frac{LI_m^2}{2} = \text{const.} \quad (3-2)$$

Bunda: L –g'altakning induktivligi, C –kondensator sig'imi, i va I_m –tok kuchining mos ravishda oniy va maksimal qiymatlari, q va q_m –kondensatordagi zaryadning mos ravishda oniy va maksimal qiymatlari.

Tebranish konturida kondensatordagi elektr maydon energiyasining g'altakdagi magnit maydon energiyasiga va aksincha, g'altakdagi magnit maydon energiyasi kondensatordagi elektr maydon energiyasiga aylanib turishi hodisasini 10-sinfda qaralgan prujinali mayatnikda cho'zilgan prujina potensial energiyasining, yukning kinetik energiyasiga va aksincha aylanib turishiga qiyoslash mumkin. Shunga ko'ra, mexanik va elektr tebranishlarning parametrlari orasidagi o'xshashlikni quyidagi jadvalda keltiramiz.

Mexanik kattaliklar	Elektr kattaliklar
x –koordinata	q –zaryad
u –tezlik	i –tok kuchi
m –massa	L – induktivlik
k –prujinaning bikrligi	$1/C$ –sig'imga teskari bo'lgan kattalik
$kx^2/2$ –potensial energiya	$q^2/(2C)$ –elektr maydon energiyasi
$mu^2/2$ –kinetik energiya	$Li^2/2$ –magnit maydon energiyasi

Ta'kidlash joizki, elektromagnit va mexanik tebranishlar turli tabiatga ega bo'lsa-da, o'xshash tenglamalar bilan ifodalanadi.

Masala yechish namunasi

1. Tebranish konturidagi kondensatorning sig'imi 10^{-5} F , g'altakning induktivligi $0,4 \text{ H}$. Kondensatordagi maksimal kuchlanish 2 V ga teng. Tebranish konturi xususiy tebranishlari davri va konturdagi maksimal energiyani toping.

Berilgan:	Formulasi:	Yechilishi:
$C=10^{-5} \text{ F}$	$T=2\pi \sqrt{LC}$	$T=2 \cdot 3,14 \sqrt{0,4 \cdot 10^{-5}} =$
$L=0,4 \text{ H}$	$W=\frac{q^2}{2C}=\frac{CU^2}{2}$	$=6,28 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ s}=0,01256 \text{ s.}$
$U=2 \text{ V}$		$W=\frac{10^{-5} \cdot 2^2}{2} \text{ (J)}=20 \mu\text{J.}$
Topish kerak:		<i>Javobi:</i> 0,01256 s, 20 μJ .
$T=?$		
$W=?$		



1. 3-3-rasmdagi holatda konturdagi energiya qayerda jamlangan?
2. Tebranish konturida tebranishlar qanday vujudga keladi?
3. Konturda hosil bo'layotgan elektromagnit tebranishlar chastotasi g'altakning induktivligiga qanday bog'liq?

12-mavzu. TEBRANISHLARNI GRAFIK RAVISHDA TASVIRLASH. SO'NUVCHI ELEKTROMAGNIT TEBRANISHLAR

Biz ko'rib chiqqan tebranish konturida yuzaga keladigan elektromagnit tebranishlar hosil qilish uchun dastlabki $t_0=0$ vaqt momentida kondensatorga q_m zaryad berildi va undan keyin sistemaga tashqaridan hech qanday ta'sir ko'rsatilmadi. *Tashqi ta'sir bo'lmagan holda paydo bo'ladigan tebranishlar* | **erkin tebranishlar** deb ataladi.

10-sinfda o'rganilgan mexanik tebranishlar va elektromagnit tebranishlar tenglamalarining o'xshashligidan kondensatordagi zaryadning o'zgarishini quyidagicha yozamiz:

$$q = q_m \cos 2\pi ut. \quad (3-3)$$

$U = q / C$ ekanligi hisobga olinsa, kondensatordagi kuchlanish o'zgarishi uchun

$$U = U_m \cos 2\pi ut \quad (3-4)$$

ifodani olish mumkin. G'altakdagi tok kuchi

$$I = I_m \cos(2\pi ut + \pi/2) \text{ yoki } I = I_m \sin 2\pi ut \quad (3-5)$$

qonuniyatga ko'ra aniqlanadi.

Fizik kattaliklarning vaqt o'tishi bilan sinus yoki cosinus qonuni bo'yicha davriy o'zgarishi **garmonik tebranishlar** deyiladi.

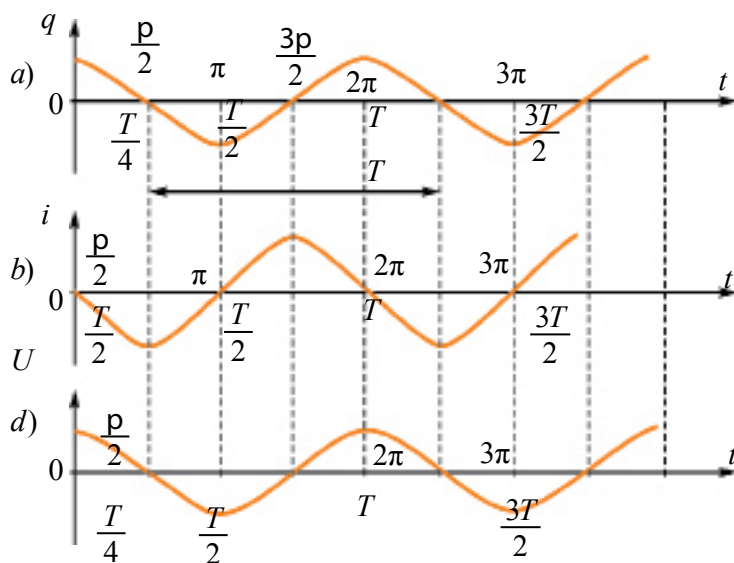
Tebranayotgan kattalikning eng katta qiymati moduli **tebranish amplitudasi** yoki **amplitudaviy qiymat** deb ataladi.

Mexanik tebranishlarda amplituda jismning muvozanat holatidan eng katta og'ishiga, elektromagnit tebranishlarda esa, kondensator qoplamalaridagi elektr zaryadining eng katta qiymatiga (q_m) teng.

Garmonik tebranishdagi kattaliklarning vaqtga bog'liqligini tasvirlash uchun grafik usul qulaydir.

Elektromagnit tebranishlarning zaryad, kuchlanish va tok kuchining vaqtga bog'liqlik grafiklarini chizaylik. Buning uchun bu kattaliklarning (3-3), (3-4) va (3-5) tenglamalaridan foydalanamiz. Bu tenglamalarni taqqoslab ko'rsak, tebranishlar bir-biridan fazalar siljishiga ko'ra farqlanishini ko'rish mumkin.

Yuqoridagi tenglamalarning grafiklarini chizaylik. Absissa o'qining ostiga davr ulushlarida ifodalangan vaqt, ustiga esa shunga mos keluvchi tebranishlar fazasi qo'yilgan. Ordinata o'qlariga tegishli q , i va U kattaliklar qo'yilgan (3.4-rasm).



3.4-rasm.

Bu grafiklarda masshtab ma'lum bo'lsa, absissa o'qidan davr (vaqt)ni, ordinata o'qidan esa tebranayotgan kattalik amplitudasini yoki oniy qiyma-

tini aniqlash mumkin. Shuningdek, fazalarning siljishlarini ham grafiklardan taqqoslab topish mumkin. Masalan, kondensator qoplamalaridagi zaryad va kuchlanish maksimal bo'lgan vaqtda, tok kuchi nolga teng.

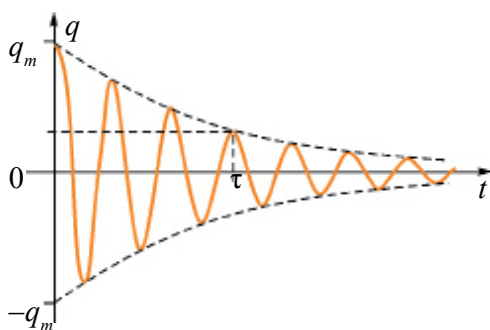
Konturdagi tok kuchi tebranishlari faza bo'yicha zaryad tebranishlaridan $\frac{P}{2}$ oldinga o'tib ketadi. Zaryad bilan kuchlanish bir xil fazada o'zgaradi.

Yuqorida aytilganidek, ideal tebranish konturida hosil bo'lgan tebranishlar so'nmaydi. Real konturda R nolga teng bo'lmaganligidan elektr energiyasi is-siqlikka aylanib boradi va tebranishlar amplitudasi vaqt o'tishi bilan kamayib boradi (3.5-rasm).

Bunday tebranishlarga *so'nuvchi tebranishlar* deyiladi.

Ta'kidlash joizki, konturning qarshiligi qanchalik katta bo'lsa, unda $Q = FRt$ energiya shunchalik ko'p sarflanadi. Konturning qarshiligi ortgan sari tebranishlar davri ham ortib boradi. Demak, so'nuvchi tebranishlar garmonik bo'lmas ekan.

So'nuvchi tebranishlar davriy bo'lmagan tebranishlarga kiradi. Ularning tenglamalari differensial tenglamalar orqali ifodalanganligi sababli murakkab masala hisoblanadi. Shu sababli ularning yechimi keltirilmasdan, grafigini keltirish bilan cheklanamiz.



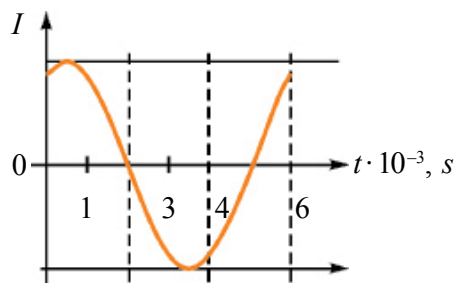
3.5-rasm.

Masala yechish namunasi

1. Rasmda tebranish konturidagi tok o'zgarishlari keltirilgan. Vaqtning $2 \cdot 10^{-3}$ s va $3,5 \cdot 10^{-3}$ s oralig'idagi energiya o'zgarishini tavsiflang.

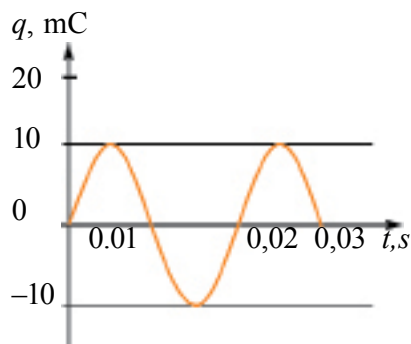
Yechilishi: Keltirilgan grafikka ko'ra vaqtning $2 \cdot 10^{-3}$ s va $3,5 \cdot 10^{-3}$ s oralig'ida g'altakdan o'tuvchi tok kuchi ortib, o'zining maksimal qiymatiga erishadi.

Demak, kondensatordagi elektr maydon energiyasi nolgacha kamayadi va g'altakdagi magnit maydon energiyasi ortib, maksimal qiymatiga erishadi.



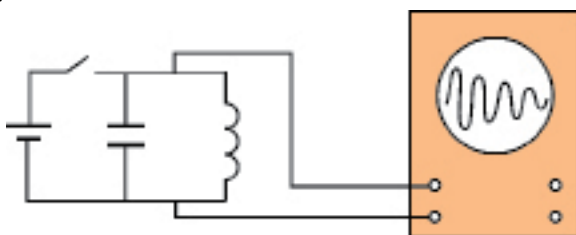


1. Tebranish konturidagi magnit va elektr maydon energiyalarining vaqtga bog'liqlik grafiklarini chizing.
2. Konturdagi tebranishlarning so'nishi qaltakdagi o'ramlar soniga qanday bog'liq?
4. Rasmda kontur kodensatoridagi zaryadning vaqtga bog'liqlik grafigi keltirilgan. Kontur induktivlik g'altigidagi tok kuchining $t = 1/300$ s dagi qiymatini aniqlang.



13-mavzu. TRANZISTORLI ELEKTROMAGNIT TEBRANISHLAR GENERATORI

Tebranish konturida yuqori chastotali elektromagnit tebranishlar hosil bo'lishini bilib oldik. Konturda hosil bo'layotgan tebranishlarni ossillograf ekranida kuzatilsa, unda tebranishlar amplitudasi vaqt o'tishi bilan kamayib boradi (3.6-rasm).



3.6-rasm.

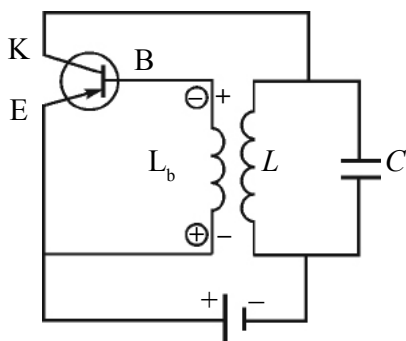
Bunga sabab, yuqorida ko'rib o'tilganidek, konturda g'altakni tashkil etgan va ulovchi o'tkazgichlarning elektr qarshiligidir. Ma'lumki, o'tkazgich elektr qarshiligi tufayli tok o'tganda qiziydi. Elektr energiyasi issiqlik energiyasiga aylanadi. Shunga ko'ra konturda hosil bo'lgan erkin elektromagnit tebranishlar *so'nuvchi tebranishlardir*.

Tebranishlar so'nmasligi uchun sarflanib ketgan energiyani batareya yordamida tebranish konturiga davriy ravishda berib turish kerak. Bu degani uzib-ulagich doimiy ravishda konturga ulangan holda qolmay, balki davriy ravishda uzib-ulab turilishi kerak. *10-sinf dan tebranishlar fazasini eslang.* Shunga ko'ra uzib-ulagich kondensator qoplamalarining qayta zaryadlanishi davrida batareya qutblaridagi kuchlanish ishorasi bilan mos kelganda ulanishi kerak.

Buning uchun uzib-ulagich qanday ishlashi kerak? Faraz qilaylik, konturdagi tebranishlar chastotasi 1 MHz bo'lsin. U holda uzib-ulagichni bir sekundda million marta uzib-ulash kerak! Bu vazifani hech qanday mexanik yoki elektromexanik qurilmalar bajara olmaydi.

Bu vazifani faqat elektron qurilma, tranzistor bajara oladi. 10-sinfda keltirilgan $p-n-p$ turdagi tranzistorning ishlashini eslaylik. Tranzistordan tok o'tishi uchun baza – emitter oralig'iga alohida, kollektor–emitter oralig'iga alohida batareya ulanar edi. Bazaga batareyaning manfiy qutbi, emitterga esa musbat qutbi ulanganda tranzistor orqali tok o'tadi (uzib-ulagich ulangan). Agar batareya qutblari almashtirib ulansa, tok o'tmaydi (uzib-ulagich uzilgan). Demak, tranzistor uzib-ulagich vazifasini bajara oladi. Shunga ko'ra, konturda so'nmas elektromagnit tebranishlar hosil qilish uchun uni manbaga tranzistor orqali ulash kerak.

3.7-rasmda yuqori chastotali so'nmas elektromagnit tebranishlari hosil bo'ladigan generator chizmasi keltirilgan. Bunda L va C dan iborat kontur tok manbayiga tranzistor orqali ulangan. Ulanish momentida L g'altakdan o'tuvchi tok o'suvchi xarakterga ega bo'ladi. Uning atrofida hosil bo'lgan magnit maydon ham o'suvchi xarakterga ega bo'ladi. Bu magnit maydon L_b bog'lanish g'altagini kesib o'tib, unda o'zaro induksiya elektr yurituvchi kuchini hosil qiladi. 3.7-rasmda uning L_b g'altak uchlaridagi ishoralari aylanachalar ichida ko'rsatilgan. Bunda tranzistor bazasi (B)ga manfiy ishorali, emitteri (E)ga musbat ishorali kuchlanish qo'yiladi va tranzistordan to'la tok o'tadi. Bu paytda konturdagi C kondensator zaryadlanadi. L g'altakning induktivligi tufayli undan o'tuvchi tok o'sishdan to'xtaydi. L_b da elektr yurituvchi kuch hosil bo'lmaydi va tranzistordan tok o'tmaydi. Kalit uzildi. Endi C kondensator L g'altakka razryadlana boshlaydi va tebranish konturida elektromagnit tebranishlar vujudga keladi. Konturda elektromagnit tebranishlar ro'y berganda L g'altakdan o'tuvchi tokning ham kattaligi, ham yo'nalishi o'zgarib turadi. Demak, L_b da hosil bo'lgan elektr yurituvchi kuchning ishorasi o'zgarib turadi. Tranzistor goh ochiq holatda, goh yopiq holatda bo'ladi.



3.7-rasm.

Shunday qilib, konturdagi C kondensator davriy ravishda batareyadan zaryadlanib turadi. Lekin, kuchlanish manbayi tebranish konturiga davriy

ravishda, musbat qutbga ulangan kondensator qoplamasi musbat zaryadlangan vaqtdagina ulanadigan bo'lsa, kondensator uzluksiz zaryadlanib turadi. U holda tebranishlar so'nmaydi. Aks holda tebranishlar yuzaga kelmaydi. Demak, tranzistorning ochilib-yopilishini konturdagi tebranishlarning o'zi boshqarishi kerak. Tranzistorning baza – emitter zanjiri *kirish zanjiri*, kollektor – emitter zanjiri *chiqish zanjiri* deb ataladi. Odatda, tranzistor kirish qismiga qo'yilgan kuchlanishi (toki), chiqish tokini boshqaradi. Tranzistorli generatorda esa, aksincha, chiqishdagi (konturdagi) kuchlanish kirishdagi (L_b) kuchlanishni boshqaradi. Bunday jarayonga *teskari bog'lanish* deyiladi. Shu teskari bog'lanish tufayli kontur energiyasi davriy ravishda ta'minlanib turadi.

Ta'kidlash joizki, *teskari bog'lanish* tebranishlarning so'nmasligini ta'minlashi uchun kirish va chiqish zanjiridagi kuchlanishlar faza jihatidan 180° ga farq qilishi kerak.

Generator ishlab chiqarayotgan elektromagnit tebranishlar chastotasi Tomson formulasi (3–1) bilan ifodalanadi.

Shunday qilib, generatorda so'nmas *avtotebranishlar* vujudga keladi. Avtotebranishlar so'nmas tebranishlarning ikkinchi turi hisoblanadi. Ularning majburiy tebranishlardan asosiy farqi shundaki, ularga tashqi davriy ta'sir kerak emas. Energiya manbayi bunday tizimning o'zida mavjud bo'lib, sarflangan energiya o'rnini to'ldiradigan energiyaning berilishini tizimning o'zi tartibga solib turadi. Har qanday avtotebranish tizimi quyidagi qismlardan iborat: *energiya manbayi, tebranish tizimi va elektron kalit*.

Avtotebranishlarning chastotalari juda keng diapazonda o'zgaradi. Ular radioaloqa, televideniye, EHM va boshqa qurilmalarda ishlatiladi.

Elektromagnit tebranishlar tirik organizmlarga ham foydali, ham zararli ta'sir qilishi mumkin. Inson organizmidagi har bir a'zo o'ziga xos rezonans chastotaga ega. Tashqi tebranma ta'sirning chastotasi shu rezonans chastotaga tenglashganda ta'sir kuchli bo'ladi. Elektromagnit nurlanishlarning inson ruhiyatiga ta'sir qilishi isbotlangan.

Zamonaviy tibbiyotda o'ta yuqori chastotali elektromagnit tebranishlardan foydalanuvchi davolash usullari kundan kunga keng tarqalmoqda. Shuningdek, optik diapazondagi (UB-nurlar) elektromagnit nurlanishlardan ham davolash, ham tashxis qo'yishda foydalanilmoqda.



1. Real tebranish konturidagi erkin tebranishlar nima uchun soʻnadi?
2. Avtotebranishning majburiy tebranishdan farqi nimada?
3. Avtotebranish tizimi qanday asosiy elementlardan iborat?
4. Generatorning ishlashida tranzistor qanday vazifani bajaradi?
5. Teskari bogʻlanish nima?

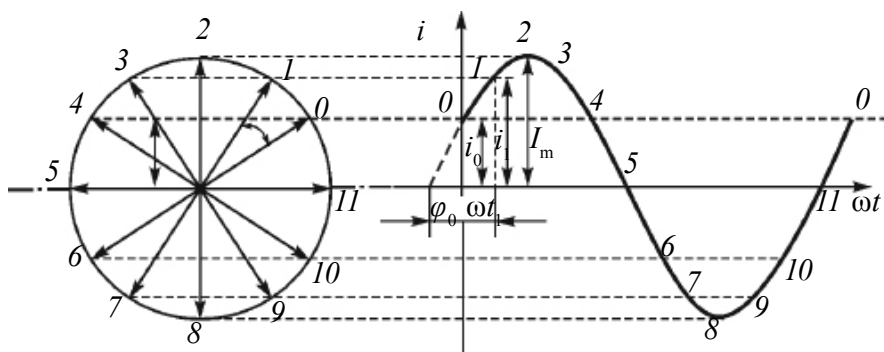
14-mavzu. OʻZGARUVCHAN TOK ZANJIRIDAGI AKTIV QARSHILIK

Biz yuqorida ayrim fizik kattaliklarning vaqtga bogʻliq holda oʻzgarishini grafik ravishda tasvirlashni koʻrgan edik. Ularni tasvirlash uchun vektor diagrammalar usuli ham keng qoʻllaniladi. Aytaylik, zanjirdagi tokning oʻzgarishi

$$i = I_m \cos(\omega_0 t + \varphi_0) \quad (3-5)$$

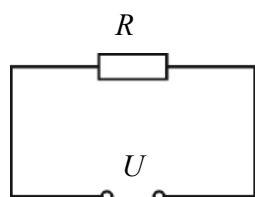
tenglama bilan berilgan boʻlsin.

Uzunligi I_m ga teng boʻlgan vektorni olib, uni soat strelkasiga teskari yoʻnalishda aylanma harakatga keltiraylik. Bunda uning bir marta aylanishi uchun ketgan vaqti, i kattalikning oʻzgarish davriga teng boʻlsin. U holda $\vec{I}_m$ vektorning vertikal oʻqdagi proyeksiyasi, i kattalikning oniy qiymatiga teng boʻladi.



3.8-rasm.

Kundalik turmushda va texnikada oʻzgaruvchan tok zanjirlariga turli isteʼmolchilar ulanadi. Dazmol, elektr lampochkasi, ventilyator va h.k. Ularda elektr energiyasi issiqlik, yorugʻlik, mexanik va boshqa energiyalarga aylanadi. Bu isteʼmolchilar kuchlanish manbayiga ulanganda elektr toki oʻtishiga tabiatan turlicha qarshilik koʻrsatar ekan. Ularning tabiatini oʻrganish uchun oʻzgaruvchan tok zanjiriga turli xarakterdagi isteʼmolchilarni ulab koʻramiz.



3.9-rasm.

Dastlab, o'zgaruvchan tok zanjirida bizga oldindan ma'lum bo'lgan R qarshilik ulangan holni qaraylik (3.9-rasm). Bu qarshilik *aktiv qarshilik* bo'lsin. Aktiv qarshilik deb atalishiga sabab undan tok o'tganda elektr energiyasi boshqa turdagi (issiqlik, yorug'lik va boshqa) energiyaga to'liq aylanadi.

O'tkazgich simlar orqali R qarshilik U kuchlanishga ega bo'lgan o'zgaruvchan tok manbayiga ulangan bo'lsin. U kuchlanish

$$U = U_m \cos \omega t \quad (3-6)$$

qonuniyat bo'yicha o'zgarsin. Zanjirning bir qismi uchun Ohm qonunidan foydalanib, R qarshilikdan o'tayotgan tok kuchining oniy qiymatini topamiz

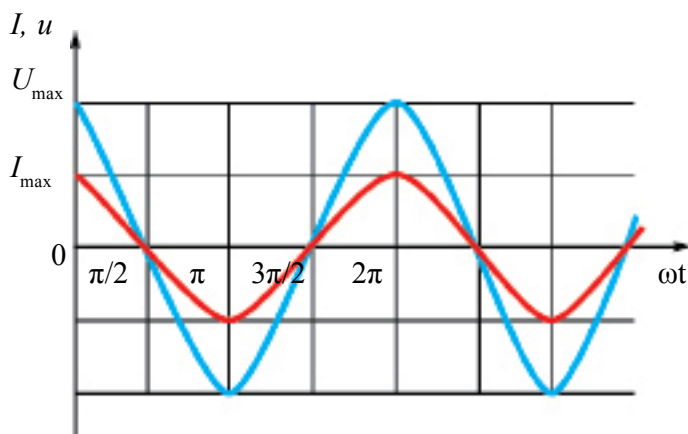
$$i = \frac{U}{R} = \frac{U_m \cos \omega t}{R} = I_m \cos \omega t.$$

Bunda: $I_m = \frac{U_m}{R}$ – tok kuchining amplituda qiymati. Shunday qilib, faqat aktiv qarshilikdan iborat zanjirdagi tok kuchining o'zgarishi

$$i = I_m \cos \omega t \quad (3-7)$$

ko'rinishda bo'lar ekan.

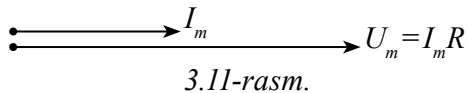
Kuchlanishning (3–6) o'zgarish tenglamasini tok kuchi uchun olingan (3–7) tenglama bilan solishtirilsa, aktiv qarshilikdagi kuchlanish va tok kuchining tebranishlari bir xil fazada bo'ladi degan xulosaga kelinadi. Kuchlanish va tok kuchi tebranishlarining grafiklari 3.10-rasmda keltirilgan.



3.10-rasm.

Kuchlanish va tok kuchi tebranishlarining fazalari orasidagi munosabatni vektor diagramma orqali ko'rsatish mumkin (3.11-rasm).

Diagrammada o'zgaruvchan tok kuchi amplitudasi bilan o'zgaruvchan kuchlanish amplitudasi parallel vektorlar ko'rinishida tasvirlanadi, ular orasidagi burchak, ya'ni tebranish fazalarining farqi nolga teng.



Kundalik turmushda iste'mol qilinadigan elektr kuchlanishining chastotasi 50 Hz ga teng. Bu degan so'z cho'g'lama tolali elektr lampochkasi bir sekunda 100 marta o'chib-yonadi. Lekin bizning ko'zimiz bir sekunda o'rtacha 16–20 marta o'zgargan jarayonni ilg'amaganligi sababli biz lampochkaning o'chib-yonganligini sezmaymiz. Shuning uchun o'zgaruvchan tokning quvvatini bilish katta ahamiyatga ega.

Aktiv qarshilikli zanjirdagi quvvat. O'zgaruvchan tokning oniy quvvati $P = i U$ bilan aniqlanadi. Tok kuchi va kuchlanishning oniy qiymatlari uchun (3–7) va (3–6) ifodalarni qo'ysak,

$$P = I_m \cos \omega t \cdot U_m \cos \omega t \text{ yoki } P = P_m \cos^2 \omega t \quad (3-8)$$

ga ega bo'lamiz.

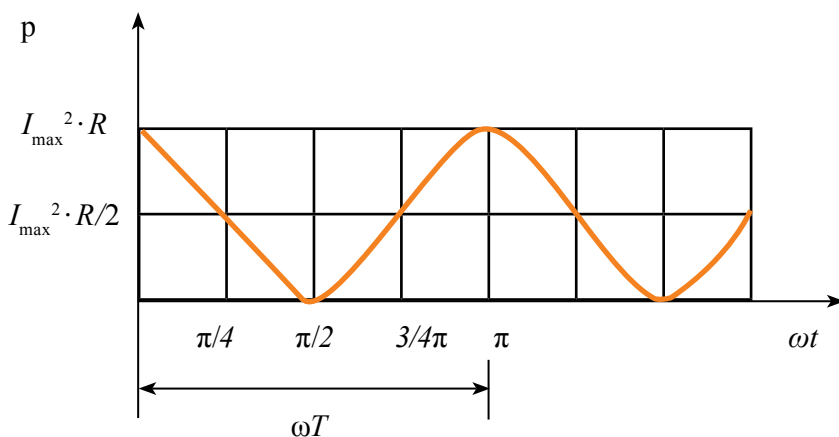
Bunda: $P_m = I_m \cdot U_m$ bo'lib, o'zgaruvchan tokning maksimal qiymati deyiladi. $\cos^2 \omega t$ ifoda har doim musbat bo'lganligidan o'zgaruvchan tok quvvatining oniy qiymati ham musbat ishorali bo'ladi (3.12-rasm).

3.12-rasmdan ko'rinadiki, o'zgaruvchan tokning oniy quvvatining kattaligi davriy ravishda o'zgarib turadi. U holda elektr plitasidan o'zgaruvchan tok o'tganda ajralib chiqqan issiqlik miqdorini qanday formula yordamida aniqlaymiz? Buning uchun o'zgaruvchan tokning effektiv qiymati tushunchasini kiritamiz.

O'zgaruvchan tokning I_{ef} effektiv qiymati deb, bir xil vaqt ichida aktiv qarshilikdan o'zgaruvchan tok o'tganda ajralib chiqadigan issiqlikka teng issiqlik miqdorini ajratib chiqaradigan o'zgarmas tok kuchiga teng kattalikka aytiladi.

Tajribalar shuni ko'rsatadiki, tok kuchining effektiv qiymati uning maksimal qiymati bilan quyidagicha bog'langan:

$$I_{ef} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}. \quad (3-9)$$



3.12-rasm.

O'zgaruvchan kuchlanishning effektiv qiymatini (3–9) ga o'xshash holda yozish mumkin:

$$U_{ef} = \frac{U_m}{\sqrt{2}}. \quad (3-10)$$

Masala yechish namunasi

1. Amplituda qiymati 30 V bo'lgan o'zgaruvchan tok zanjiriga rezistor ulanganda undan 2 A tok o'tdi. Rezistorda ajralgan o'rtacha quvvatni toping.

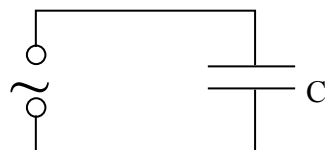
Berilgan:	Formulasi:	Yechilishi:
$U_m = 30 \text{ V}$ $I_m = 2 \text{ A}$	$P = \frac{I_m U_m}{2}$	$P = \frac{2 \text{ A} \cdot 30 \text{ V}}{2} = 30 \text{ W}.$
Topish kerak: $P = ?$		Javobi: 30 W.



1. Aktiv qarshilik deb nimaga aytiladi?
2. Aktiv qarshilikda kuchlanish va tok kuchi orasidagi faza siljishi nimaga teng?
3. Aktiv qarshilikda ajralib chiqqan effektiv quvvatni aniqlash formulasini yozing.
4. Zanjirdagi tok kuchi $i = 8,5 \sin(628t + 0,325)$ qonuni bo'yicha o'zgaradi. Tok kuchining effektiv qiymatini, tebranishlar fazasi va chastotasini toping.

15-mavzu. O'ZGARUVCHAN TOK ZANJIRIDAGI KONDENSATOR

Tajribalar, o'zgarmas tok zanjiriga kondensator ulansa, undan tok o'tmasligini ko'rsatadi. Chunki, kondensator qoplamalarining orasi dielektrik bilan ajratilgan. Lekin kondensatorni o'zgaruvchan tok zanjiriga ulansa, undan tok o'tar ekan. Kondensator orqali o'tuvchi tok kuchi qanday fizik parametrlarga bog'liqligini o'rganish uchun o'zgaruvchan tok zanjiriga faqat kondensator ulangan holni qaraylik (3.13-rasm).



3.13-rasm

Kondensator sig'imi C ga teng va unga qo'yilgan kuchlanish

$$U = U_m \cos \omega t \quad (3-11)$$

qonuniyat bo'yicha o'zgarsin. Ulanish simlarining qarshiligi $R=0$ bo'lsin. U holda kondensatordagi kuchlanish $U = U_m \cos \omega t = \frac{q}{C}$ bo'ladi. Bunda q – kondensator qoplamalaridagi zaryad bo'lib $q = CU_m \cos \omega t$ ga teng. Zanjirdagi tok kuchini topish uchun zaryad formulasidan birinchi tartibli hosila olamiz:

$i = q' = -U_m C \omega \sin \omega t = U_m C \omega \cos(\omega t + \frac{\pi}{2})$. Uni tok kuchining oniy qiymati bilan solishtirilsa, $I_m = U_m C \omega$ ekanligi kelib chiqadi. Bunda I_m – tok kuchining maksimal qiymati. U holda kondensatordan o'tuvchi tok kuchining tenglamasi quyidagicha bo'ladi:

$$i = I_m \cos(\omega t + \frac{\pi}{2}). \quad (3-12)$$

Bu tenglamani kondensatorga berilgan kuchlanish ifodasi (3-11) bilan solishtirilsa, zanjirdagi tok kuchi tebranishlari, kuchlanish tebranishlaridan faza bo'yicha $\frac{\pi}{2}$ ga oldinga borishini ko'ramiz (3.14-rasm). 3.15-rasmda o'zgaruvchan tok zanjiriga faqat kondensator ulangan hol uchun o'zgaruvchan tok kuchi va kuchlanishning vektor diagrammasi keltirilgan.

Zanjirdagi kondensatorning sig'im qarshiligi:

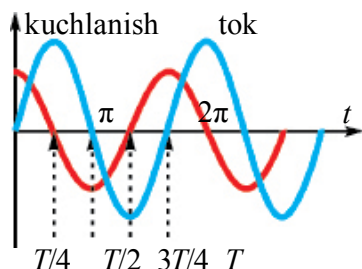
$$X_c = \frac{1}{\omega C}. \quad (3-13)$$

U holda tok kuchining amplituda qiymati quyidagicha bo'ladi:

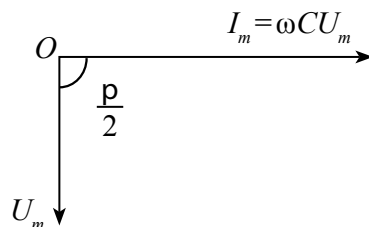
$$I_m = \frac{U_m}{X_c}.$$

Bu ifoda zanjirning bir qismi uchun Om qonuni bo'lib, aktiv qarshilik o'rnida X_c kattalik turibdi. Shuning uchun uni **sig'im qarshilik (reaktiv qarshilik)** deyiladi. Sig'im qarshilik ham Ω (Om) larda o'lchanadi.

Bundan kondensatordan o'tuvchi tok kuchi kondensator sig'imi va o'zgaruvchan tok chastotasiga bog'liq bo'lishi kelib chiqadi. Sig'im va chastota qancha katta bo'lsa, zanjir qarshiligi shuncha kichik bo'ladi va mos ravishda tok kuchi katta bo'ladi.



3.14-rasm.



3.15-rasm.

Masala yechish namunasi

Chastotasi 50 Hz bo'lgan o'zgaruvchan tok zanjiriga sig'imi $50 \mu\text{F}$ bo'lgan kondensator ulangan. Zanjirning sig'im qarshiligi nimaga teng?

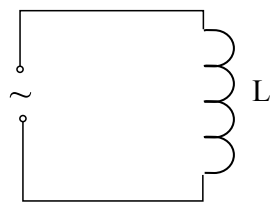
Berilgan:	Formulasi:	Yechilishi:
$C = 50 \mu\text{F} = 50 \cdot 10^{-6} \text{ F}$ $\nu = 50 \text{ Hz}$	$X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi\nu C}$	$X_c = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 50 \cdot 10^{-6}} \Omega =$
Topish kerak: $X_c = ?$		$= \frac{10^6}{6,28 \cdot 2500} \Omega = 63,69 \Omega.$
		Javobi: $63,69 \Omega$.



1. Nima sababdan kondensator orqali o'zgarmas tok o'tmaydi, lekin o'zgaruvchan tok o'tadi?
2. Sig'im qarshilik qanday kattaliklarga bog'liq?
3. O'zgaruvchan tok zanjiriga faqat kondensator ulangan holda o'zgaruvchan tok kuchi va kuchlanishning orasidagi fazalar farqi nimaga teng?
4. $X_L = \frac{1}{2\pi\nu C}$ ifodadan qarshilik birligi Ω ni keltirib chiqaring.

16-mavzu. O'ZGARUVCHAN TOK ZANJIRIDAGI INDUKTIV G'ALTAK

Shunday tajriba o'tkazaylik. O'zgarmas tok manbayiga ketma-ket holda elektr lampochkasi va induktiv g'altakni ulaylik. Bunda lampochkaning yonish ravshanligiga e'tibor beraylik. So'ngra elektr lampochkasi va induktiv g'altakni ketma-ket holda effektiv kuchlanishi o'zgarmas kuchlanishiga teng



3.16-rasm.

($U_{\text{ef}} = U_{\text{o'zgarmas}}$) bo'lgan manbaga ulab, lampochkaning yonish ravshanligiga e'tibor beraylik. Shunda o'zgaruvchan tok zanjiriga ulangan lampochkaning ravshanligi kamroq bo'lar ekan. Buning sababini aniqlash uchun faqat induktiv g'altak ulangan holni qaraylik (3.16-rasm).

Induktivligi L ga teng bo'lgan g'altakdan o'tayotgan tok kuchi

$$i = I_m \cos \omega t \quad (3-14)$$

qonuniyat bo'yicha o'zgarsin. Ulanish simlarining va g'altakning qarshiligi $R_s = R_L = 0$ bo'lsin.

G'altakdan o'tuvchi tok, g'altakning induktivligi tufayli unda o'zinduksiya elektr yurituvchi kuchni (EYuK) hosil qiladi. Uning oniy qiymati

$$\mathcal{E} = -L i' \quad (3-15)$$

bilan aniqlanadi. Bunda: i' – tok kuchidan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosila. $i' = I_m \omega \sin \omega t$ ekanligi hisobga olinsa, EYuK ning oniy qiymati

$$\mathcal{E} = -I_m \omega L \sin \omega t$$

ga teng bo'ladi. Zanjirdagi EYuK, g'altak uchlaridagi kuchlanish va aktiv qarshilikdagi potensial tushuvi

$$iR = \mathcal{E} + U \quad (3-16)$$

munosabat orqali bog'langan. $R=0$ ekanligi hisobga olinsa, (3-16) tenglama

$$0 = \mathcal{E} + U \text{ yoki } U = -\mathcal{E}$$

ko'rinishga ega bo'ladi. U holda kuchlanish

$$U = I_m \omega L \sin \omega t = I_m \omega L \cos(\omega t + \frac{\pi}{2}) \quad (3-17)$$

tenglama bilan aniqlanadi. Uni kuchlanishning oniy qiymati bilan solishtirilsa, $U_m = I_m \omega L$ ekanligi kelib chiqadi. Bunda: U_m – kuchlanishning amplituda

qiymati. U holda g altak uchlariga qo'yilgan kuchlanish tenglamasi quyidagicha bo'ladi:

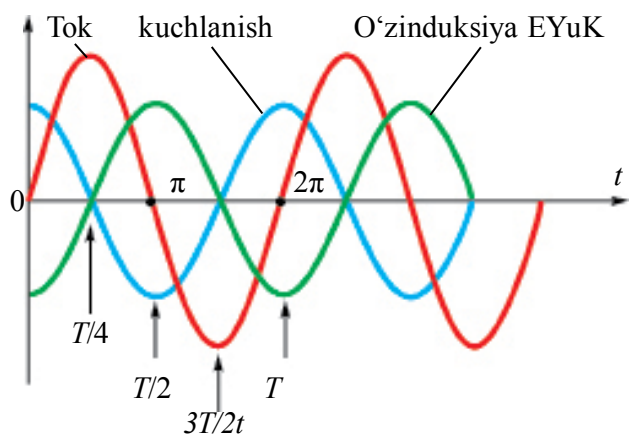
$$U=U_m \cos(\omega t+\frac{p}{2}). \quad (3-18)$$

Bu tenglamani g'altakdan o'tayotgan tok kuchi ifodasi (3–14) bilan solishtirilsa, g'altak uchlariga qo'yilgan kuchlanish tebranishlari, tok kuchi tebranishlaridan faza bo'yicha $\frac{\rho}{2}$ ga oldinga borishini ko'ramiz (3.17-rasm).

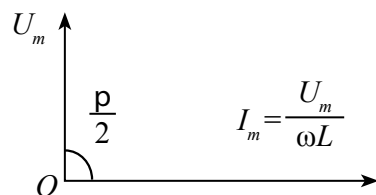
3.18-rasmda o'zgaruvchan tok zanjiriga faqat induktiv g'altak ulangan hol uchun o'zgaruvchan tok kuchi va kuchlanishning vektor diagrammasi keltirilgan.

G'altakdagi kuchlanishning amplituda qiymatini, zanjirning bir qismi uchun yoziladigan Om qonuni bilan solishtirilsa, ωL ko'paytmaning qarshilikni ifodalashi ma'lum bo'ladi. Belgilash kiritamiz: $X_L = \frac{U_m}{I_m}$

G'altakning qarshiligi: $X_L = \frac{U_m}{I_m} \omega L.$ (3-19)



3.17-rasm.



3.18-rasm.

U holda tok kuchining amplituda qiymati quyidagicha bo'ladi:

$$I_m = \frac{U_m}{X_L}.$$

Bu ifoda zanjirning bir qismi uchun Om qonuni bo'lib, aktiv qarshilik o'rnida X_L kattalik turibdi. Shuning uchun uni **induktiv qarshilik (reaktiv qarshilik)** deyiladi. Induktiv qarshilik ham Ω (Om) larda o'lchanadi.

Bundan g'altakdan o'tuvchi tok kuchi g'altakning induktivligiga va o'zgaruvchan tok chastotasiga bog'liq bo'lishi kelib chiqadi. Induktivlik va

chastota qancha katta bo'lsa, zanjir qarshiligi shuncha katta bo'ladi va mos ravishda o'tayotgan tok kuchi kichik bo'ladi.

Masala yechish namunasi

Chastotasi 10 kHz bo'lgan o'zgaruvchan tok zanjiriga induktivligi 5 H bo'lgan g'altak ulangan. Zanjirning induktiv qarshiligi nimaga teng?

Berilgan:	Formulasi:	Yechilishi:
$\nu = 10 \text{ kHz} = 10000 \text{ Hz}$ $L = 5 \text{ H}$	$X_L = \omega L = 2\pi\nu L$	$X_L = 2 \cdot 3,14 \cdot 10000 \cdot 5 (\Omega) =$ $= 6,28 \cdot 50000 (\Omega) = 314000 \Omega = 314 \text{ k}\Omega.$
Topish kerak: $X_L = ?$		Javobi: 314 kΩ.



1. O'zgaruvchan tok zanjirida induktivlik tok kuchiga qanday ta'sir ko'rsatadi?
2. O'zgaruvchan tok zanjiriga faqat g'altak ulangan holda o'zgaruvchan tok kuchi va kuchlanishning orasidagi fazalar farqi nimaga teng?
3. Induktiv qarshilik qanday kattaliklarga bog'liq?
4. Induktiv qarshilikdan nima maqsadda foydalansa bo'ladi?
5. $X_L = \omega L$ ifodadan qarshilik birligi Ω ni keltirib chiqaring.

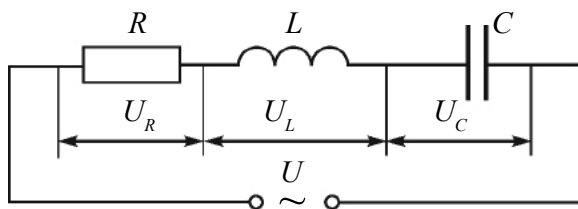
17-mavzu. AKTIV QARSHILIK, INDUKTIV G'ALTAK VA KONDENSATOR KETMA-KET ULANGAN O'ZGARUVCHAN TOK ZANJIRI UCHUN OM QONUNI

Qarshiligi R bo'lgan rezistor, induktivligi L bo'lgan induktiv g'altak va sig'imi C bo'lgan kodensatorni ketma-ket ulab, zanjir tuzaylik (3.19-rasm) va uning uchlariga $U = U_m \cos \omega t$ o'zgaruvchan kuchlanish beraylik. Iste'molchilar ketma-ket ulanganligi sababli ulardan o'tuvchi tok kuchlari bir xil bo'ladi. Bu tok kuchi

$$i = I_m \cos \omega t \quad (3-20)$$

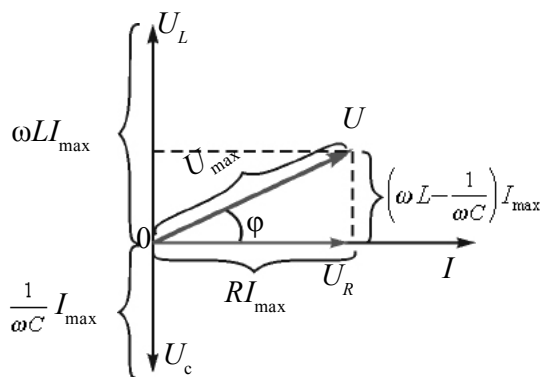
qonuniyat bo'yicha o'zgarsin. Umumiy kuchlanish esa iste'molchilardagi kuchlanishlar tushuvlari vektorlari yig'indisiga teng:

$$\vec{U} = \vec{U}_R + \vec{U}_C + \vec{U}_L. \quad (3-21)$$



3.19-rasm.

Bunda: $\vec{U}$ – zanjirdagi umumiy kuchlanish, $\vec{U}_R$ – rezistordagi kuchlanish, $\vec{U}_C$ – kondensatordagi kuchlanish va $\vec{U}_L$ – g‘altakdagi kuchlanish. Ularning amplitudaviy qiymatlarini U_R , U_C va U_L bilan belgilab, vektor diagramma tuzaylik.



3.20-rasm.

Tok kuchi amplitudasini gorizontaal o‘q bo‘ylab yo‘nalgan vektor ko‘rinishida olaylik (3.19-rasm). Aktiv qarshilikdagi kuchlanish tebranishlari fazasi tok kuchi tebranishlari fazasi bilan mos keladi. Kondensatordagi kuchlanish tebranishlari tok kuchi tebranishlaridan faza jihatidan $\frac{\pi}{2}$ ga orqada bo‘ladi. G‘altakda esa kuchlanish tebranishi tok kuchi tebranishidan $\frac{\pi}{2}$ ga oldinda bo‘ladi. Vektor diagrammada kondensatordagi kuchlanish $U_C = \frac{1}{\omega C} I_{\max}$ va g‘altakdagi kuchlanish $U_L = \omega L \cdot I_{\max}$ qarama-qarshi yo‘nalishda bo‘ladi. Natijaviy kuchlanish $U_{LC} = U_L - U_C$ bo‘ladi.

Umumiy kuchlanish (U)ni topish uchun $\vec{U}_{LC}$ vektorni $\vec{U}_R$ vektorga qo‘shamiz. 3.20-rasmdan $U^2 = U_R^2 + U_{LC}^2$. Bundan umumiy kuchlanishning maksimal qiymati ifodasi quyidagicha bo‘ladi:

$$U_m = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}. \quad (3-22)$$

Om qonuniga ko'ra

$$U_R = I_{\max} \cdot R, \quad U_L = I_{\max} \cdot X_L \quad \text{va} \quad U_C = I_{\max} \cdot X_C.$$

Ularni (3-22) ifodaga qo'yilsa

$$U_m = \sqrt{I_{\max}^2 R^2 + (I_{\max} X_L - I_{\max} X_C)^2} = I_{\max} \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}.$$

Bundan:

$$I_{\max} = \frac{U_m}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}. \quad (3-23)$$

Bu ifoda *o'zgaruvchan tokning to'liq zanjiri uchun Om qonuni* hisoblanadi.

$$X_L = \omega L \quad \text{va} \quad X_C = \frac{1}{\omega C} \quad \text{larni (3-23) ga qo'ysak,}$$

$$I_{\max} = \frac{U_m}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$$

ga ega bo'lamiz. Bunda:

$$X_L - X_C = \omega L - \frac{1}{\omega C} \quad \text{qarshilik reaktiv qarshilik deb ataladi.}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \quad (3-24)$$

ifoda *o'zgaruvchan tok zanjirining to'la qarshiligi* deyiladi.

Zanjirdagi tok tebranishlari va kuchlanish tebranishlari orasidagi faza farqini vektor diagrammadan foydalanib aniqlash mumkin:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{U_L - U_C}{U_m} \quad \text{yoki} \quad \operatorname{tg} \varphi = \frac{X_L - X_C}{R}. \quad (3-25)$$

O'zgaruvchan tok zanjirining xarakterli xususiyati shundaki, generator-dan olinadigan energiya faqat aktiv qarshilikdagina issiqlik energiyasi sifatida ajralib chiqadi. Reaktiv qarshilikda energiya ajralmaydi.

Reaktiv qarshilikda davriy ravishda elektr maydon energiyasi magnit maydon energiyasiga, va aksincha, aylanib turadi. Davrning birinchi choragida, kondensator zaryadlanayotganida, energiya zanjirga beriladi va elektr maydon energiyasi tarzida to'planadi. Davrning keyingi choragida bu energiya magnit maydon energiyasi ko'rinishida qaytadan manbaga beriladi.

Masala yechish namunasi

Kuchlanishning maksimal qiymati 120 V, chastotasi 100 Hz bo'lgan o'zgaruvchan tok manbayiga kattaligi 200 Ω bo'lgan aktiv qarshilik, sig'imi $5 \cdot 10^{-6}$ F bo'lgan kondensator va induktivligi 400 mH bo'lgan g'altak ulangan. Zanjirdagi tok kuchining maksimal qiymatini toping.

Berilgan:	Formulasi:	Yechilishi:
$R=200 \Omega$ $U=120 \text{ V}$ $\nu=100 \text{ Hz}$ $C=5 \cdot 10^{-6} \text{ F}$ $L=400 \text{ mH}$	$I_{\max} = \frac{U_m}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$	$I_{\max} = \frac{120}{\sqrt{40000 + (251,2 - 318,5)^2}} (\text{A}) = \frac{120}{211} \text{ A} = 0,57 \text{ A}.$
Topish kerak: $I_{\max} = ?$		Javobi: 0,57 A.



1. O'zgaruvchan tok zanjirida nima sababdan tok kuchi tebranishlari bilan kuchlanish tebranishlari orasida faza siljishi vujudga keladi?
2. Nima sababdan reaktiv qarshiliklarda energiya ajralmaydi?
3. Zanjirda aktiv qarshilik va g'altak bo'lgan hol uchun o'zgaruvchan tok kuchining amplitudaviy qiymatini hisoblash formulasini keltirib chiqaring.
4. Zanjirda aktiv qarshilik va kondensator bo'lgan hol uchun o'zgaruvchan tok kuchi va kuchlanishi orasidagi fazalar farqini topish formulasini yozing.

18-mavzu. O'ZGARUVCHAN TOK ZANJIRIDA REZONANS HODISASI

O'zgaruvchan tok zanjirida qarshiligi R bo'lgan qarshilik, induktivligi L bo'lgan g'altak va sig'imi C bo'lgan kondensator ketma-ket ulangan holda tok zanjirining to'la qarshiligi

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

ifoda bilan aniqlanishi Sizlarga ma'lum. Bundan, agar $X_C = X_L$ bo'lib qolsa, $X_C - X_L = 0$ ayirma nolga teng bo'lib, $Z_{\min} = R$ bo'lib qolishi kelib chiqadi. Bun-

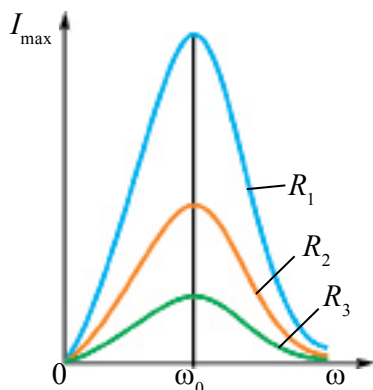
da zanjir qarshiligi o'zining minimal qiymatiga erishadi. Zanjirdagi tok kuchi amplitudasi

$$I_m = \frac{U_m}{Z} = \frac{U_m}{R}. \quad (3-26)$$

Demak, bu sharoitda zanjirdagi tok kuchining amplitudasi ortib ketar ekan. Bu hodisaga elektr zanjiridagi **rezonans** deyiladi. Rezonans kuzatilishi uchun

$$\omega L = \frac{1}{\omega C} \text{ yoki } \omega_{\text{rez}} = \frac{1}{\sqrt{LC}} \text{ shart qanoatlantirilishi kerak.}$$

Biz aktiv qarshiligi nolga teng bo'lgan tebranish konturida hosil bo'ladigan erkin tebranishlar chastotasi $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ ifoda bilan aniqlanishini bilamiz. U holda *zanjir-da rezonans vujudga kelishi uchun zanjirga qo'yilgan tashqi davriy kuchlanish chastotasi zanjirning xususiy chastotasiga teng bo'lishi zarurligi* kelib chiqadi. $\omega_{\text{rez}} = \omega_0$. 3.21-rasmda zanjirdagi tok kuchining amplitudaviy qiymatining unga qo'yilgan tashqi kuchlanish chastotasiga bog'liqlik grafigi keltirilgan. I_m ning chastotaga bog'liq grafigi rezonans egri chizig'i deyiladi.



3.21-rasm.

3.21-rasmda $R_1 < R_2 < R_3$. Tashqi kuchlanish chastotasi ortib borishi bilan zanjirdagi tokning amplitudaviy qiymati ortib boradi va $\omega_{\text{rez}} = \omega_0$ bo'lganda maksimal qiymatga erishadi. So'ngra chastota ortishi bilan tok qiymati kamayib boradi.

Kuzatilgan rezonans hodisasini **kuchlanishlar rezonansi** deyiladi.

Chunki, rezonans vaqtida tok ortishi bilan g'altak va kondensatordagi kuchlanishlar birdaniga ortadi. Ularning qiymati tashqi kuchlanish qiymatidan ham ortiq bo'lishi mumkin.

Rezonans vaqtida induktiv g'altak va kondensatordagi kuchlanish tebranishlari amplitudasi quyidagicha bo'ladi:

$$U_{L \text{ rez}} = U_{C \text{ rez}} = I_m X_L = I_m X_C = \frac{U_m}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}. \quad (3-27)$$

Tebranish konturlarida $\frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} > 1$ shart bajariladi. Shuning uchun g'altak va kondensatordagi kuchlanishlar zanjirga qo'yilgan kuchlanishdan ortiq bo'ladi va R kamayishi bilan ortib boradi. Umuman olganda, aktiv qarshilikning katta qiymatlarida rezonans amalda kuzatilmaydi.

Rezonans davrida o'zgaruvchan tokning amplitudaviy qiymati bilan umumiy kuchlanish amplitudasi bir xil fazada tebranadi.

Rezonans hodisasidan texnikada keng foydalaniladi. Radiopriyomniklarda tashqaridan keladigan ko'plab radiostansiyalar ichidan kerakli stansiya signalarini ajratib olish rezonans hodisasiga asoslangan. Bunda priyomnikning kirish qismidagi tebranish konturidagi sig'im yoki induktivlik qiymati o'zgartirilib, uning xususiy chastotasi, qabul qilinishi kerak bo'lgan stansiya signali chastotasiga teng qilib sozlanadi. Konturda aynan mana shu tanlangan chastotali signal uchun rezonans hodisasi ro'y berib, uning hosil qilgan kuchlanishi eng katta bo'ladi. Elektrotexnik qurilmalarda ham rezonans hodisasi hisobga olinadi. Chunki, rezonans davrida g'altak yoki kondensatorda kuchlanishning ortib ketishi unda *elektr teshilishlari (proboy)* sodir bo'lishiga olib kelishi mumkin.

Masala yechish namunasi

1. Chastotasi 50 Hz bo'lgan o'zgaruvchan tok zanjirida induktivligi 100 mH bo'lgan induktiv g'altak va C sig'imli kondensator ulangan. Kondensator sig'imi nechaga teng bo'lganda rezonans hodisasi ro'y beradi?

Berilgan:	Formulasi:	Yechilishi:
$\nu = 50 \text{ Hz}$	$\omega L = \frac{1}{\omega C}$	$C = \frac{1}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 50^2 \cdot 100 \cdot 10^{-3}} F = \frac{10}{98596} F \approx$
$L = 100 \text{ mH}$	$4\pi^2 \nu^2 = \frac{1}{\omega C}$	$\approx 0,0001 F \approx 101,4 \mu F.$
Topish kerak:	$C = \frac{1}{4 L \nu^2 \pi^2}$	<i>Javobi:</i> $\approx 100 \mu F.$
$C = ?$		



1. Kuchlanishlar rezonansiga mos keladigan vektor diagramma chizing.
2. Qanday shart bajarilganda o'zgaruvchan tok zanjirida elektr teshilishlar vujudga kelishi mumkin?
3. Kuchlanishlar rezonansidan yana qayerlarda foydalanish mumkin?
4. Toklar rezonansi ham bo'ladimi?
5. Ideal tebranish konturida rezonans paytida tok kuchining amplitudaviy qiymati nimaga teng bo'ladi?

19-mavzu. LABORATORIYA ISHI: O'ZGARUVCHAN TOK ZANJIRIDA REZONANS HODISASINI O'RGANISH

Ishning maqsadi. O'zgaruvchan tok zanjirida kuchlanishlar rezonansi hodisasini o'rganish.

Kerakli asboblari. 1. O'zgaruvchan tok (tovush) generatori (TG).

2. Ferromagnit o'zakka ega bo'lgan induktiv g'altak ($L = 1$ H).

3. Sig'imi $10 \mu\text{F}$ gacha o'zgaradigan kondensatorlar batareyasi.

4. Ikkita multimetr.

5. Qarshiliklar to'plami.

6. Uzib-ulagich va ulovchi simlar.

Ishning bajarilishi. 3.22-rasmdagi chizma bo'yicha asboblarni ulab zanjir yig'iladi.

1. TG dan chiqishda 100 Hz va 10 V bo'ladigan holga to'g'rilanadi.

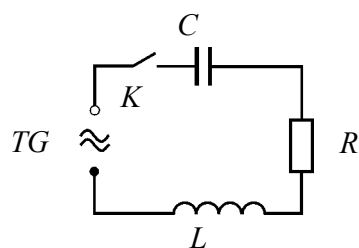
2. Multimetrlarni o'zgaruvchan kuchlanishni o'lchaydigan va o'lchash diapazoni 20 V bo'lgan holatga o'tkaziladi va ularni parallel holda kondensatorga va g'altakka ulanadi.

3. Kalitni ulab, kondensatorga (U_c) va g'altakka (U_L) ulangan multimetr ko'rsatishlari yozib olinadi. Bunda $U_c > U_L$ bo'lishiga e'tibor beriladi.

4. Generator chiqishidagi o'zgaruvchan tok chastotasini 10 Hz dan oshirib borib, U_c va U_L lar yozib boriladi.

5. Tajribani $U_c = U_L$ bo'lgunga qadar davom ettiriladi. Natijalari jadvalga yoziladi.

6. $U_c = U_L$ shart bajariladigan hol uchun $2\pi\nu L = \frac{1}{2\pi\nu C}$ dan zanjirning rezonans chastotasi hisoblanadi: $\nu_r = \frac{1}{\sqrt{4\pi^2 LC}}$. Hisoblab topilgan chastotaning qiymati tajribada aniqlangan chastota qiymati bilan solishtiriladi.



3.22-rasm.

Tajriba №	TG chastotasi, Hz	U_c , V	U_L , V
1.			
2.			

7*. Tajribani yana chastotani orttirib takrorlanadi.

8. Kondensatordagi U_c va induktiv g'altakdagi U_L kuchlanishlarning generator chastotasiga bog'liqlik grafigi chiziladi.



1. Induktivlik ortganda zanjirdagi tok kuchi oldin ortib, keyin kamaydi. Bunday o'zgarishning sababi nimada?
2. Sig'im ortganda zanjirdagi tok kuchi oldin ortib, keyin kamaydi. Bunday o'zgarishning sababi nimada?
3. Agar induktiv g'altak ichiga o'zak kiritila boshlaganda kondensatordagi, induktiv g'altakdagi va aktiv qarshilikdagi kuchlanish tushuvlari o'zgaradi. Sababi nimada?

20-mavzu. O'ZGARUVCHAN TOKNING ISHI VA QUVVATI. QUVVAT KOEFFITSIYENTI

8-sinfdan Sizga ma'lumki, o'zgarmas tokning bajargan ishi kuchlanish, tok kuchi va tok o'tib turgan vaqt ko'paytmasi sifatida aniqlanadi:

$$A = U \cdot I \cdot t. \quad (3-28)$$

O'zgaruvchan tokning bajargan ishini aniqlash uchun juda kichik vaqt oralig'ida uning qiymatini o'zgarmas deb qaraymiz. U holda o'zgaruvchan tok bajargan ishining oniy qiymati ham shu kabi formula yordamida aniqlanadi:

$$A = u \cdot i \cdot t. \quad (3-29)$$

Agar zanjir uchlariga qo'yilgan kuchlanish

$$u = U_m \cos \omega t$$

qonuniyat bo'yicha o'zgarayotgan bo'lsa, undagi tok kuchi ham garmonik qonuniyat bo'yicha faza jihatidan farq qilgan holda o'zgaradi:

$i = I_m \cos(\omega t + \varphi)$. U holda o'zgaruvchan tok bajargan ishning oniy qiymati uchun quyidagini yozamiz:

$$A = u \cdot i \cdot t = U_m I_m t \cos \omega t \cos(\omega t + \varphi). \quad (3-30)$$

| Vaqt birligi ichida bajarilgan ishga quvvat deyiladi. Shunga ko'ra o'zgaruvchan tok quvvatining oniy qiymatini

$$p = u \cdot i = U_m I_m \cos \omega t \cdot \cos(\omega t + \varphi) \quad (3-31)$$

ifoda ko'rinishda yozish mumkin.

Bunda quvvat vaqt o'tishi bilan ham modul, ham ishora jihatidan o'zgaradi. Davrning birinchi yarmida quvvat zanjirga berilsa ($p > 0$), ikkinchi yarmida quvvatning bir qismi qaytib tarmoqqa beriladi ($p < 0$).

Odatda, barcha hollarda uzoq muddat davomida iste'mol qilinadigan o'rtacha quvvatni bilish muhim ahamiyatga ega. Buning uchun bitta davrga to'g'ri keladigan quvvatni aniqlash yetarlidir.

Bitta davrga to'g'ri kelgan quvvatni topish uchun dastlab (3–31) formulani vaqtga bog'liq bo'lmaydigan ko'rinishga keltiramiz. Buning uchun matematika kursidan ikkita kosinus ko'paytmasi formulasidan foydalanamiz:

$$\cos\alpha \cos\beta = \frac{1}{2} (\cos(\alpha - \beta) + \cos(\alpha + \beta)).$$

Biz ko'rayotgan holda $\alpha = \omega t$ va $\beta = \omega t + \varphi$. Shunga ko'ra,

$$p = \frac{U_m \cdot I_m}{2} (\cos\varphi + \cos(2\omega t + \varphi)) = \frac{U_m \cdot I_m}{2} \cos\varphi + \frac{U_m \cdot I_m}{2} \cos(2\omega t + \varphi).$$

Bunda ifodaning ikkinchi qo'shiluvchisining bir davr davomida o'rtacha qiymati nolga teng. Demak, bir davrga to'g'ri kelgan o'rtacha quvvatning vaqtga bog'liq bo'lmagan hadi

$$\bar{p} = \frac{U_m \cdot I_m}{2} \cos\varphi. \quad \text{bo'ladi.}$$

Tok va kuchlanishning effektiv qiymatlari ifodasi hisobga olinsa, ya'ni:

$U_{ef} = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$ va $I_{ef} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$ bo'lgani uchun quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\bar{p} = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \frac{I_m}{\sqrt{2}} \cos\varphi = U I \cos\varphi.$$

Bu kattalik zanjirning bir qismidagi ***o'zgaruvchan tokning quvvati*** deyiladi:

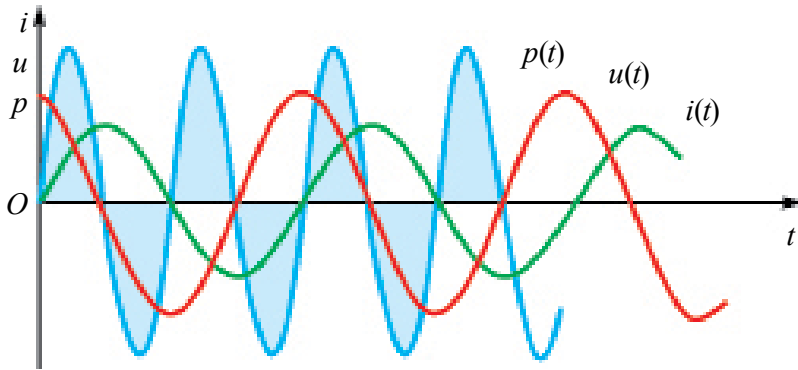
$$P = UI \cos\varphi. \quad (3-31)$$

Shunga muvofiq o'zgaruvchan tokning bajargan ishi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$A = U I t \cos\varphi. \quad (3-32)$$

Shunday qilib, zanjirning bir qismidagi o'zgaruvchan tokning quvvati va bajargan ishi tok kuchi va kuchlanishning effektiv qiymatlari bilan aniqlanadi. U, shuningdek, kuchlanish va tok kuchi orasidagi faza siljishiga ham bog'liq bo'ladi. 3–31 formuladagi $\cos\varphi$ ko'paytma ***quvvat koeffitsiyenti*** deb ataladi.

Agar zanjirda reaktiv qarshilik yo'q bo'lsa, unda $\varphi=0$, $\cos\varphi=1$, $P=UI$



3.23-rasm.

bo'ladi, ya'ni biz o'zgarmas tok quvvatini olamiz. Zanjirda aktiv qarshilik yo'q bo'lsa, $\varphi=+\frac{\pi}{2}$, $\cos\varphi=0$ va $P=0$ ga teng bo'ladi. Faqat reaktiv qarshilik bor zanjirdagina ajraladigan quvvat nolga teng bo'lar ekan. Zanjirda tok mavjud bo'lsa-da, qanday qilib o'rtacha quvvat nolga teng bo'lib qolishi mumkin? Uni 3.23-rasmda keltirilgan grafik yordamida tushuntirish mumkin. Grafikda kuchlanish, tok kuchi va quvvatning $\varphi=\frac{\pi}{2}$ qiymatidagi oniy qiymatlari keltirilgan.

Quvvatning oniy qiymatining vaqtga bog'liqlik grafigini har bir momentga to'g'ri kelgan tok kuchi va kuchlanishni bir-biriga ko'paytirilib topiladi. Grafikdan ko'rinadiki, davrning to'rtidan bir qismida quvvat musbat qiymatga ega va energiya zanjirning mazkur qismiga beriladi; lekin davrning keyingi choragida quvvat manfiy qiymatga ega va energiya zanjirning mazkur qismidan energiya olingan tarmoqqa qaytarib beriladi. Davrning to'rtidan bir qismida zanjirga berilgan energiya tokning magnit maydonida to'planadi, so'ngra tarmoqqa qaytariladi.

O'zgaruvchan elektr zanjirlarini loyihalashda $\cos\varphi$ ning katta bo'lishiga e'tibor qaratiladi. Aks holda energiyaning anchagina qismi generatordan zanjirga va aks yo'nalishda aylanib yuradi. Simlar aktiv qarshilikka ega bo'lganligi sababli, energiya ularni qizdirishga sarflanadi.

Sanoat va maishiy xizmat ko'rsatish sohalarida elektr dvigatellari juda keng qo'llaniladi. Ular katta induktiv qarshilikka va kichik aktiv qarshilikka

ega bo'ladi. Shuning evaziga $\cos\varphi$ ning qiymati kamayib ketadi. Uni oshirish uchun korxonalarining tarmoqlariga maxsus kompensatsiya qiluvchi kondensatorlar ulanadi. Bunda elektrodvigatellarning salt yoki yetarli yuklamasiz ishlatilmasligiga e'tibor berish kerak. Odatda, $\cos\varphi < 0,85$ bo'lgan qurilmalarni ishlatishga ruxsat berilmaydi.

Masala yechish namunasi

1. Induktivligi 0,5 H, aktiv qarshiligi 100 Ω bo'lgan induktiv g'altak va 10 μF sig'imli kondensator $u=300 \sin 200\pi t$ o'zgaruvchan kuchlanish manbayiga ulangan. Tokning quvvati va quvvat koeffitsiyentini toping.

Berilgan:	Formulasi:
$L=0,5 \text{ H}$	
$R=100 \Omega$	$P=U I \cos\varphi = \frac{U_m^2}{2Z} \cos\varphi,$
$C=10 \mu\text{F}=10^{-5} \text{ F}$	
$U=300 \sin 200\pi t$	$\cos\varphi = \frac{R}{Z} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$
Topish kerak:	
$\cos\varphi=?$	
$P=?$	

Yechilishi:

$$\cos\varphi = \frac{100 \Omega}{\sqrt{100^2 + \left(628 \cdot 0,5 - \frac{1}{628 \cdot 10^{-5}}\right)^2}} = 0,54$$

$$P = \frac{9 \cdot 10^4 \cdot 0,5^2 \cdot V^2}{2 \cdot \sqrt{10^4 \cdot \Omega^2 - \left(314 - \frac{10^5}{628}\right)^2 \Omega^2}} = 132 \text{ W}.$$

Javobi: $\cos\varphi=0,54$; $P=132 \text{ W}$.



1. O'zgaruvchan tok quvvati va bajargan ishi qanday aniqlanadi?
2. Quvvat koeffitsiyenti deganda nimani tushunasiz?
3. Quvvat koeffitsiyentini oshirish uchun qanday choralar ko'riladi?
4. Quvvat koeffitsiyentini oshirish uchun Siz nimalarni taklif qilgan bo'lar edingiz?

3-mashq

1. Tebranish konturi sig'imi 8 pF bo'lgan kondensator va induktivligi 0,5 mH bo'lgan g'altakdan iborat. G'altakdagi tok kuchining maksimal qiymati 40 mA bo'lsa, kondensatordagi maksimal kuchlanish nimaga teng? (*Javobi*: 317 V).

2. Induktivligi 31 mH bo'lgan g'altak, qoplamalarining yuzasi 20 sm², orasidagi masofa 1 sm bo'lgan kondensator bilan ulangan. Tok kuchining maksimal qiymati 0,2 mA, kuchlanishning maksimal qiymati esa 10 V. Kondensator qoplamalari orasidagi muhitning dielektrik singdiruvchanligi nimaga teng? (*Javobi*: 7).

3. Ideal tebranish konturining induktivligi 0,2 H bo'lgan g'altak sig'imi 20 μF bo'lgan kondensatordan iborat. Kondensatordagi kuchlanish 1 V bo'lgan paytda konturdagi tok kuchi 0,01 A. Tok kuchining maksimal qiymatini aniqlang. (*Javobi*: 0,012A).

4. Tebranish konturi sig'imi 2,5 μF bo'lgan kondensator va induktivligi 1 H ga teng g'altakdan iborat. Kondensator qoplamalaridagi zaryadning amplitudasi 0,5 μC bo'lsa, zaryad tebranishlari tenglamasini yozing. (*Javobi*: $0,5 \cdot 10^{-6} \cos 630 \cdot 10^6 t$).

5. G'altakning induktivligi 0,04 H bo'lgan tebranish konturining erkin tebranishlar chastotasi 800 Hz. Konturdagi kondensator sig'imi nimaga teng? (*Javobi*: 1μF).

6. Sig'imi 0,5 μF teng zaryadlangan kondensator induktivligi 5 mH bo'lgan g'altak bilan ulangan. Qancha vaqtdan so'ng kondensatorning elektr maydon energiyasi g'altakning magnit maydon energiyasiga teng bo'ladi? (*Javobi*: $39 \cdot 10^{-5}$ s).

7. $q=0,03 \cos(100 \pi t + \frac{\pi}{3})$ tenglamaning grafigini chizing.

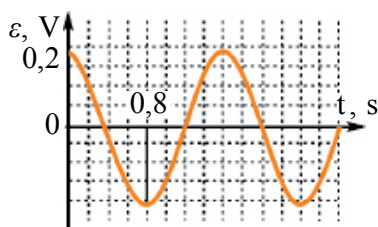
8. Aktiv qarshiligi 50 Ω bo'lgan o'zgaruvchan tok zanjiridagi kuchlanishning amplituda qiymati 100 V, tebranish chastotasi 100 Hz. Zanjirdagi tok tebranishlari tenglamasini yozing. (*Javobi*: $2 \cos 200\pi t$).

9. Zanjirdagi tok kuchi $8,5 \sin(628t + 0,325)$ qonuni bo'yicha o'zgaradi. Tok kuchining effektiv qiymatini, tebranishlar fazasi va chastotasini toping. (*Javobi*: 6,03 A; 0,325 rad; 100 Hz).

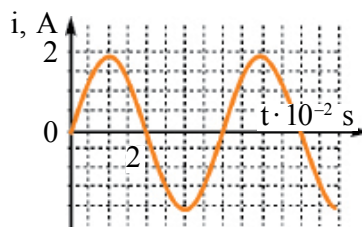
10. O'zgaruvchan tok zanjiriga ulangan kondensatordagi tok kuchi $0,03 \cos(314 t + 1,57)$ qonuni bo'yicha o'zgaradi. Kondensatordagi maksimal kuchlanish 60 V bo'lsa, uning sig'imini aniqlang. (*Javobi*: 5,3 μF).

11. O'zgaruvchan tok zanjiriga ulangan g'altak uchlariga qo'yilgan kuchlanish amplitudasi 157 V, tok kuchining amplitudasi 5 A, tokning chastotasi 50 Hz bo'lsa, uning induktivligi nimaga teng. (Javobi: 0,1 H).

12. Kuchlanishning effektiv qiymati 127 V bo'lgan zanjirga induktivligi 0,16 H, aktiv qarshiligi 2Ω va sig'imi $64 \mu\text{F}$ bo'lgan kondensator ketma-ket ulangan. Tokning chastotasi 200 Hz. Tok kuchining effektiv qiymatini toping.

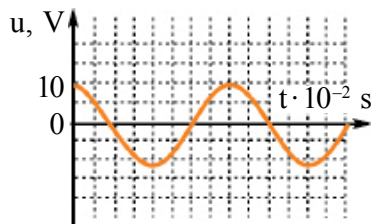


3.24-rasm.



3.25-rasm.

13. 3.24-rasmda zanjirdagi EYuKning vaqtga bog'liqlik grafigi keltirilgan. O'zgaruvchan tokning maksimal qiymatini, uning davrini, chastotasini toping. $\mathcal{E}(t)$ bog'lanish formulasini yozing.



3.26-rasm.

14. 3.25-rasmda zanjirdagi tok kuchining vaqtga bog'liqlik grafigi keltirilgan. O'zgaruvchan tokning maksimal qiymatini, uning davrini, chastotasini toping. $i(t)$ bog'lanish formulasini yozing.

15. 3.26-rasmda zanjirdagi kuchlanishning vaqtga bog'liqlik grafigi keltirilgan. O'zgaruvchan tokning maksimal qiymatini, uning davrini, chastotasini toping. $U(t)$ bog'lanish formulasini yozing.

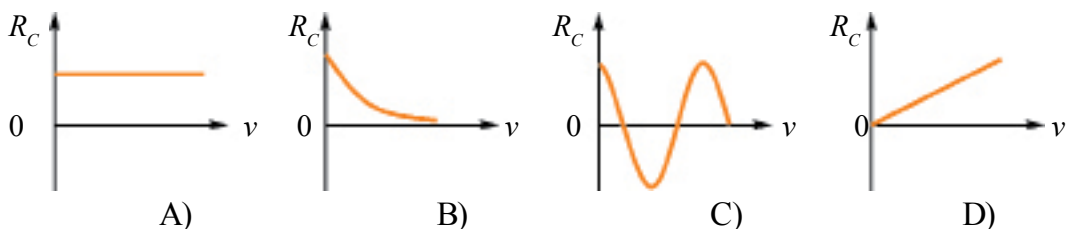
16. Chastotasi 400 Hz bo'lgan o'zgaruvchan tok zanjiriga induktivligi 0,1 H bo'lgan g'altak ulangan. Zanjirga qanday sig'imga ega bo'lgan kondensator ulansa, rezonans hodisasi kuzatiladi? (Javobi: $1,6 \mu\text{F}$).

17. Tebranish konturiga ulangan kondensatorning sig'imi 50 pF, erkin tebranishlar chastotasi 10 MHz. G'altakning induktivligini toping. (Javobi: $5,1 \mu\text{H}$).

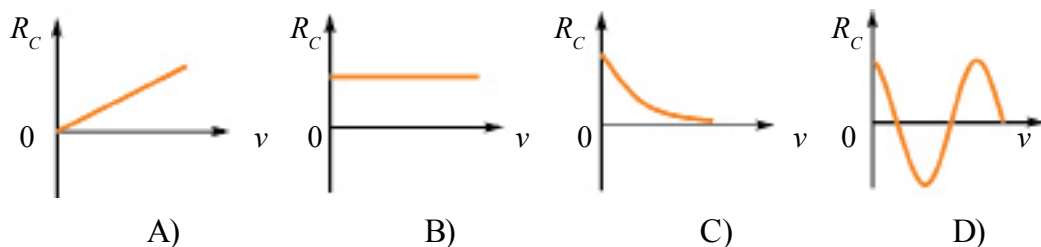
18. Konturdagi kuchlanish amplitudasi 100 V, tebranishlar chastotasi 5 MHz ga teng. Qancha vaqtdan so'ng kuchlanish 71 V ga teng bo'ladi? (Javobi: 25 ns).

III BOBNI YAKUNLASH YUZASIDAN TEST SAVOLLARI

1. Tebranish konturidagi kondensatordagi elektr zaryadi $q = 10^{-3} \cdot \cos 100\pi t$ (C) qonuniyat bo'yicha o'zgarmoqda. Konturda hosil bo'layotgan elektromagnit tebranishlari chastotasini toping.
A) 100 Hz; B) 100π Hz; C) 50 Hz; D) 50π Hz.
2. Tebranish konturidagi kondensatorda elektr zaryadi $q = 10^{-3} \cdot \cos 1000t$ (C) qonuniyat bo'yicha o'zgarmoqda. Konturda hosil bo'layotgan tok kuchining amplitudasini toping.
A) 10^{-3} A; B) 1 A; C) 10 A; D) π A.
3. Ideal tebranish konturida kondensator sig'imini 9 marta kamaytirilsa, konturning tebranish chastotasi qanday o'zgaradi?
A) 3 marta kamayadi; B) 3 marta ortadi;
C) 9 marta kamayadi; D) 9 marta ortadi.
4. Ideal tebranish konturida elektromagnit tebranishlar hosil bo'lmoqda. Bunda kondensatordagi elektr maydon energiyasining maksimal qiymati 2 mJ ga, g'altakdagi magnit maydon energiyasining maksimal qiymati ham 2 mJ ga teng bo'ldi. Tebranish konturidagi to'la energiya nimaga teng?
A) 0 dan 2 mJ gacha o'zgaradi; B) 0 dan 4 mJ gacha o'zgaradi;
C) o'zgarmaydi va 2 mJ ga teng; D) o'zgarmaydi va 2 mJ ga teng.
5. Quyida keltirilgan grafiklardan qaysi birida o'zgaruvchan elektr zanjirlaridagi sig'im qarshilikning chastotaga bog'liqligi keltirilgan?



6. Quyida keltirilgan grafiklardan qaysi birida o'zgaruvchan elektr zanjirlaridagi induktiv qarshilikning chastotaga bog'liqligi keltirilgan?



7. Rezistor, induktiv g'altak va sig'im ketma-ket ulangan zanjirning to'la qarshiligi rezonans davrida qanday bo'ladi?
 A) aktiv qarshilikdan katta bo'ladi;
 B) aktiv qarshilikka teng bo'ladi;
 C) aktiv qarshilikdan kichik bo'ladi;
 D) aktiv qarshilikdan ko'p marta kichik bo'ladi.
8. Quyida keltirilgan xossalardan qaysilari so'nuvchi tebranishlarga tegishli?
 1. Garmonik tebranishlar. 2. Ideal tebranish konturidagi tebranishlar. 3. Real tebranish konturidagi tebranishlar.
 A) 1; B) 2; C) 3; D) 1 va 3.
9. Tebranish konturida hosil bo'ladigan elektromagnit tebranishlarning siklik chastotasini aniqlash formulasini ko'rsating.
 A) $\frac{1}{T}$; B) $\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$; C) $2\pi\sqrt{LC}$; D) $\frac{1}{\sqrt{LC}}$.
10. Quyidagilardan qaysi biri tebranish konturi to'la energiyasini ifodalaydi?
 1. $\frac{q^2}{2C}$. 2. $\frac{Li^2}{2}$. 3. $\frac{q_m^2}{2C}$. 4. $\frac{LI_m^2}{2}$.
 A) 1; B) 2; C) 3; D) 3 va 4.
11. Mexanik tebranishlar bilan elektromagnit tebranishlar analogiyasiga ko'ra, prujinali mayatnikdagi yuk massasi, elektromagnit tebranishlardagi qaysi fizik kattalikka mos keladi?
 A) zaryad; B) tok kuchi;
 C) induktivlik; D) sig'imga teskari bo'lgan kattalik.
12. Mexanik tebranishlar bilan elektromagnit tebranishlar analogiyasiga ko'ra, tebranish konturidagi tok kuchi, mexanik tebranishlardagi qaysi fizik kattalikka mos keladi?
 A) koordinata; B) tezlik;
 C) massa; D) prujinaning bikrligi.
13. Tranzistorli generatorda tebranishlarning so'nmasligini ta'minlash uchun kirish va chiqish zanjiridagi kuchlanishlar faza jihatidan qanchaga farq qilishi kerak?
 A) 60° ; B) 90° ; C) 180° ; D) 270° .

14. Tranzistorli generatorda teskari bog‘lanish qaysi element orqali amalga oshiriladi?

- A) L g‘altak orqali; B) C kondensator orqali
D) L_b g‘altak orqali; D) tranzistor orqali.

15. Gapni to‘ldiring. Zanjirga faqat induktiv g‘altak ulangan bo‘lsa, g‘altakdan o‘tayotgan tok kuchi tebranishlari, g‘altak uchlariga qo‘yilgan kuchlanish tebranishlaridan faza jihatidan ... bo‘ladi.

- A) ... $\frac{p}{2}$ ga oldinda ... ; B) ... $\frac{p}{2}$ ga orqada ... ;
C) ... π ga oldinda ... ; D) ... π ga orqada

III bobda o‘rganilgan eng muhim tushuncha, qoida va qonunlar

Elektromagnit tebranishlar	Tebranish konturida bir marta zaryad berilganidan so‘ng hosil bo‘ladigan elektr va magnit maydon tebranishlari.
Tebranish konturi	Induktiv g‘altak va kondensatordan iborat zanjir. Tebranish davri $T = 2\pi \sqrt{LC}$.
So‘nuvchi tebranishlar	Tebranish konturida kondensatorga bir marta energiya berilganda hosil bo‘ladigan tebranishlar. Bunda tebranishlar amplitudasi vaqt o‘tishi bilan kamayib boradi.
Tebranish konturidagi to‘la energiya	$W = \frac{q^2}{2C} + \frac{Li^2}{2}$.
Garmonik tebranishlar	Fizik kattaliklarning vaqt o‘tishi bilan sinus yoki kosinus qonuniyati bo‘yicha davriy o‘zgarishi.
Tebranish amplitudasi	Tebranayotgan kattalikning eng katta qiymati moduli.
Avtotebranishlar	Tebranuvchi sistemaning ichidagi manba evaziga so‘nmas tebranishlar hosil bo‘lishi.
Yuqori chastotali generator	Energiya manbayi, tebranish tizimi va elektron kalitdan iborat sistemada so‘nmas tebranishlar hosil qiladigan qurilma.
Teskari bog‘lanish	Chiqish zanjiridan elektr signallari bir qismining kirish zanjiriga berilishi.

Aktiv qarshilik– R	O'zgaruvchan tok energiyasini qaytmaydigan holda boshqa turdagi energiyaga aylantiradigan qarshilik.
Reaktiv qarshilik– X_C , X_L	O'zgaruvchan tok energiyasini elektr yoki magnet maydon energiyasiga va aksincha aylantiradigan qarshilik. $X_C = \frac{1}{\omega C}$; $X_L = \omega L$.
Aktiv qarshilikli zanjirdagi quvvat	$P = P_m \cos^2 \omega t$.
O'zgaruvchan tokning va kuchlanishning effektiv qiymatlari	$I_{ef} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$; $U_{ef} = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$.
O'zgaruvchan tokning to'liq zanjiri uchun Om qonuni	$I_m = \frac{U_m}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$.
O'zgaruvchan tok zanjirining to'la qarshiligi	$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$.
Zanjirdagi tok tebranishlari va kuchlanish tebranishlari orasidagi faza farqi	$\operatorname{tg} \varphi = \frac{U_L - U_C}{U_m}$ yoki $\operatorname{tg} \varphi = \frac{X_L - X_C}{R}$.
Rezonans hodisasi	Tashqi majburlovchi kuch chastotasi, sistemaning xususiy chastotasiga teng bo'lib qolganda tebranishlar amplitudasining ortib ketishi.
Ketma-ket rezonans yoki kuchlanishlar rezonansi	O'zgaruvchan tok zanjirida tashqi elektr manbai chastotasi, zanjirning xususiy chastotasiga teng bo'lib qolganda kondensator va g'altakda kuchlanishning keskin ortib ketishi.
O'zgaruvchan tokning quvvati	$P = U I \cos \varphi$.
O'zgaruvchan tokning bajargan ishi	$A = U I t \cos \varphi$.

IV bob. ELEKTROMAGNIT TO‘LQINLAR VA TO‘LQIN OPTIKASI

Elektr zanjirlarida elektromagnit tebranishlarini o‘rganish shuni ko‘rsatdiki, kuchlanish va tok kuchining o‘zgarishi, zanjirning bir qismidan ikkinchisiga juda katta tezlikda, ya’ni 300 000 km/s bilan tarqaladi. Bu tezlik o‘tkazgichdagi erkin elektr zaryadlarning tartibli harakat tezligidan juda ko‘p marta ziyoda. Elektromagnit tebranishlarning bir nuqtadan ikkinchi nuqtaga uzatilish mexanizmini faqatgina maydon tushunchasidan foydalanib tushuntirish mumkin bo‘ldi.

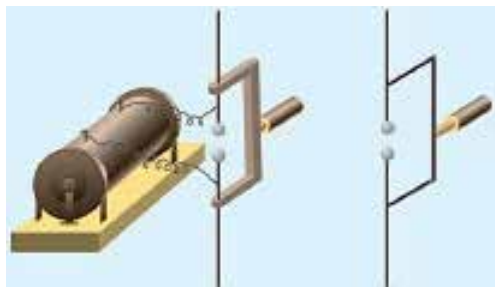
J.K. Maksvell 1864-yilda vakuumda va dielektrlarda tarqala oladigan elektromagnit to‘lqinlarning mavjud bo‘lishi haqidagi gipotezani aytib o‘tadi. Biz elektromagnit maydon va elektromagnit to‘lqin nazariyasi bilan qisqacha tanishib chiqamiz.

21-mavzu. ELEKTROMAGNIT TEBRANISHLARNING TARQALISHI. ELEKTROMAGNIT TO‘LQIN TEZLIGI

1831-yilda M.Faradey tomonidan kashf etilgan elektromagnit induksiya hodisasini chuqur o‘rgangan Maksvell quyidagi xulosaga keladi: *magnit maydonining har qanday o‘zgarishi uning atrofidagi fazoda uyurmaviy elektr maydonni hosil qiladi.*

Faradey tajribalaridagi berk o‘tkazgichda induksion EYuK hosil bo‘lishining sababchisi shu o‘zgaruvchi elektr maydon hisoblanadi. Bu uyurmaviy elektr maydoni nafaqat o‘tkazgichda, balki ochiq fazoda ham hosil bo‘lishi mumkin. Shunday qilib, magnit maydon elektr maydonni hosil qiladi. Tabiatda bunga teskari hodisa bo‘lmasmikan, ya’ni o‘zgaruvchan elektr maydon magnit maydonni hosil qilmasmikan? Bu taxmin simmetriya nuqtayi nazaridan olganda Maksvell gipotezasining asosini tashkil qiladi. Bu gipotezaga ko‘ra *elektr maydonning har qanday o‘zgarishi uning atrofidagi fazoda uyurmaviy magnit maydonni hosil qiladi.*

Maksvellning bu gipotezasi ancha vaqt o'z tasdig'ini topmasdan turdi. Elektromagnit to'qlinlarni faqat Maksvell o'limidan 10 yil o'tgach, eksperimental ravishda H.R.Hertz tomonidan hosil qilindi. 1886–1889-yillarda H.Hertz elektromagnit to'qlinni hosil qilish uchun yupqa havo qatlami bilan ajratilgan diametri 10–30 sm bo'lgan ikkita sharcha yoki silindr olib, to'g'ri sterjen uchlariga mahkamlagan (4.1-rasm). Boshqa tajribalarida tomoni 40 sm bo'lgan metall varaqdan foydalangan. Sharchalar oralig'i bir necha mm atrofida qoldirilgan. Silindr yoki sharlar yuqori kuchlanishli manbaga ulangan bo'lib, uni musbat va manfiy ishorada zaryadlagan. Kuchlanish ma'lum bir qiymatga yetganda, sharchalar oralig'ida uchqun vujudga kelgan. Uchqun mavjud bo'lish davrida vibratorda yuqori chastotali so'nuvchi tebranishlar hosil bo'ladi. Agar elektromagnit tebranishlar tarqalib, to'qlin hosil qilsa, ikkinchi vibratorda EYuK hosil bo'lishi va oqibatda sharchalar orasida uchqun paydo bo'lishi kerak. Hertz shu hodisani kuzatib, elektromagnit to'qlinlar mavjudligini tasdiqladi.



4.1-rasm.

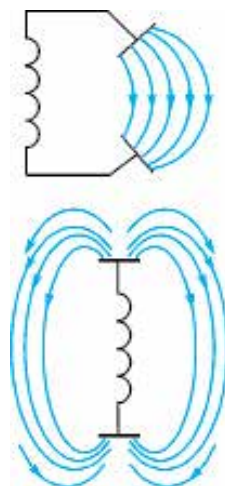
Oldingi bobda ko'rilgan tebranish konturi yopiq bo'lganligi sababli undan tebranishlar kam tarqaladi.

Asta-sekin kondensator qoplamalarini bir-biridan uzoqlashtira boraylik (4.2-rasm).

Bu holda maydon kuch chiziqlari qoplamalar orasidan chiqib, fazoga tarqala boshlaydi. Agar qoplamalardan birini butunlay tepaga, ikkinchisini pastga qaratib qo'yil-sa, elektromagnit tebranishlar fazoga to'la tarqalib ketadi.

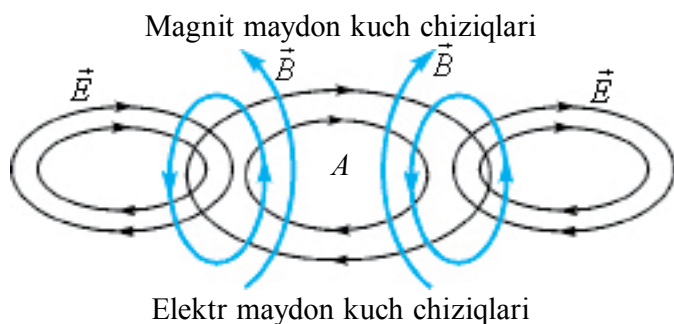
Bunday ko'rinishdagi kontur **ochiq tebranish konturi** deyiladi.

Tarqalayotgan elektromagnit to'qlinlarini ko'z oldi-mizga keltirish uchun 4.3-rasmga qaraylik. Qandaydir momentda fazoning A sohasida o'zgaruvchi elektr maydoni bo'lsin. U holda o'zgaruvchi elektr maydoni o'z atrofida magnit maydon hosil qiladi. O'zgaruvchi magnit maydon qo'shni sohada o'zgaruvchi elektr maydonni hosil qiladi. Fazoning ketma-ket joylashgan sohalarida o'zaro perpendikular joylashgan, davriy



4.2-rasm.

ravishda o'zgaruvchi elektr va magnit maydonlari hosil bo'ladi. Elektromagnit to'lqinlarning tarqalishi **nurlanish** deb ham ataladi.



4.3-rasm.

Hertz tajribalarida to'lqin uzunligi bir necha o'n santimetrni tashkil etgan edi. Vibratorda hosil bo'layotgan xususiy elektromagnit tebranishlar chastotasini hisoblab, elektromagnit to'lqinlarning tarqalish tezligini $=\lambda \nu$ formula yordamida aniqlaydi. U yorug'lik tezligiga teng bo'lib chiqadi.

Keyingi zamonaviy o'lchashlar ham bu qiymatning to'g'riligini tasdiqladi.

Masala ishlash namunasi

Ochiq tebranish konturidagi kuchlanish $i=0,3\sin 5 \cdot 10^5 \pi t$ qonuni bo'yicha o'zgaradi. Havoda tarqalayotgan elektromagnit to'lqinning uzunligi λ ni aniqlang.

Berilgan:	Formulasi:	Yechilishi:
$\omega = 5 \cdot 10^5 \pi \cdot \text{s}^{-1}$ $= 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$	$\omega = 2\pi\nu \Rightarrow \nu = \frac{\omega}{2\pi}$	$\nu = \frac{5 \cdot 10^5 \cdot \pi \cdot \text{s}^{-1}}{2\pi} = 2,5 \cdot 10^5 \text{ Hz.}$
Topish kerak: $\lambda = ?$	$\lambda = \frac{v}{\nu}$	$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{2,5 \cdot 10^5} (\text{m}) = 1200 \text{ m.}$
		Javobi: 1200 m.



1. Ochiq tebranish konturi deganda nimani tushunamiz?
2. Maksvell elektromagnit maydoni mavjudligi nazariyasini yaratishda nimalarga tayangan?
3. Hertz vibratorida ikkinchi sterjenga o'rnatilgan sharchalar orasida manbaga ulanmagan bo'lsa-da, nima sababdan uchqun chiqadi?
4. Hertz elektromagnit tebranishlardan foydalanish bo'yicha qanday fikrlar aytgan?

22-mavzu. ELEKTROMAGNIT TO‘LQINLARNING UMUMIY XOSSALARI (IKKI MUHIT CHEGARASIDA QAYTISHI VA SINISHI). TO‘LQINNI XARAKTERLOVCHI ASOSIY TUSHUNCHA VA KATTALIKLAR

Elektromagnit to‘lqinlarning xossalarini elektromagnit to‘lqin chiqaradigan maxsus generator yordamida o‘rganish mumkin. Generatorda hosil bo‘lgan yuqori chastotali elektromagnit to‘lqin *generator rupori* deb ataluvchi tarqatuvchi antennadan tarqatiladi (4.4-rasm).



4.4-rasm.

Qabul qiluvchi antenning shakli ham xuddi tarqatuvchi antennaga o‘xshash bo‘ladi. Antennada qabul qilingan elektromagnit to‘lqin hosil qilgan EYuK kristall diod vositasida pulsatsiyalanuvchi tokka aylanadi. Tok kuchaytirilganidan so‘ng galvanometrغا beriladi va qayd etiladi.

Elektromagnit to‘lqinlarning qaytishi. Tarqatuvchi va qabul qiluvchi ruporlar orasiga metall plastina qo‘yilsa, tovush eshitilmaydi. Elektromagnit to‘lqinlar metall plastinadan o‘ta olmasdan qaytadi. Endi tarqatuvchi ruporni yuqoriga (pastga) buraylik. Metall plastinani yuqoriga (pastga) 4.5-rasmда ko‘rsatilganidek o‘rnataylik. U holda qabul qiluvchi antenna, tushush burchagiga teng bo‘lgan burchakda joylashtirilganda yaxshi qabul qilinishini sezish mumkin.



4.5-rasm.

Elektromagnit to‘lqinlarning metall plastinadan qaytishini quyidagicha tushuntirish mumkin. Metallga kelib tushgan elektromagnit to‘lqin metall sirtida erkin elektronlarning majburiy tebranishlarini hosil qiladi. Bu majburiy tebranishlarning chastotasi elektromagnit to‘lqinning chastotasiga teng bo‘ladi. To‘lqin metall dan o‘ta olmaydi, lekin metall sirtining o‘zi ikkilamchi to‘lqinlar manbayi bo‘lib qoladi, ya‘ni to‘lqin sirtidan qaytadi. Tajribalar elektromagnit to‘lqinlarning ikki muhit chegarasidan qaytishida qaytish qonuni bajarilishini ko‘rsatadi.

Metall plastina o‘rniga dielektrik olinsa, undan elektromagnit to‘lqinlar juda kam qaytar ekan. Chunki, ularda erkin elektronlar juda kam bo‘ladi.

Elektromagnit to‘lqinlarning qaytishidan radioaloqa va radiolokatsiyada keng qo‘llaniladi (4.6-rasm).



4.6-rasm.



4.7-rasm.

Elektromagnit to‘lqinlarning sinishi. Uni o‘rganish uchun metall plastina o‘rniga parafin bilan to‘ldirilgan uchburchakli prizmadan foydalaniladi (4.7-rasm). Qabul qiluvchi antenna to‘lqinni qayd qiladi. Demak, elektromagnit to‘lqin ikki muhit havo-parafin va parafin-havo chegarasidan o‘tganda sinadi. Tajribalar elektromagnit to‘lqin bir muhitdan ikkinchisiga o‘tganda *sinish qonunining* bajarilishini ko‘rsatadi:

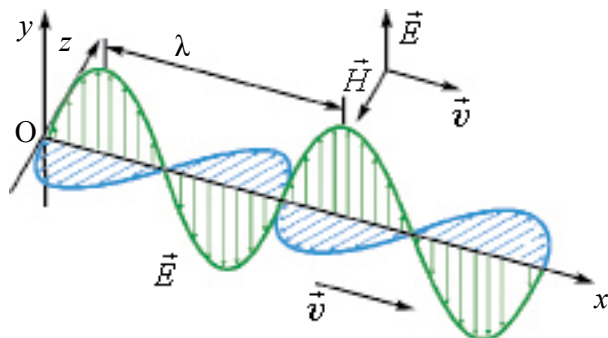
$$n_{21} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_1}} \frac{\sqrt{\varepsilon_2}}{c} = \sqrt{\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}}; \quad (4-1)$$

bunda: ε_1 va ε_2 – mos ravishda birinchi va ikkinchi muhitlarning dielektrik singdiruvchanliklari.

Tebranishlar fazasi bir xil bo‘lgan, bir-biriga eng yaqin turgan ikki nuqta orasidagi masofa elektromagnit to‘lqin uzunligi deyiladi: $\lambda = \frac{c}{\nu}$.

Elektromagnit to'ldinining asosiy xarakteristikasi uning chastotasi ν (davri T) hisoblanadi. Chunki, elektromagnit to'ldin bir muhitdan ikkinchisiga o'tganda uning to'ldin uzunligi o'zgaradi, chastotasi o'zgarmasdan qoladi.

Elektr maydon kuchlanganligi va magnit maydoni induksiya vektorlarining tebranish yo'nalishlari to'ldinining tarqalish yo'nalishiga perpendikular bo'ladi (4.8-rasm). Demak, elektromagnit to'ldinlar ko'ndalang to'ldinlar ekan.



4.8-rasm.

Elektromagnit to'ldinining tarqalish tezligi $\vec{v}$ elektr maydon kuchlanganlik vektori $\vec{E}$ va magnit maydon induksiya vektori $\vec{B}$ ga perpendikular yo'nalgan.

Elektromagnit to'ldinining asosiy energetik xarakteristikalaridan biri *elektromagnit to'ldin nurlanishining oqim zichligi* hisoblanadi.

Elektromagnit to'ldin nurlanishining oqim zichligi deb, to'ldinining tarqalish yo'nalishiga perpendikular yo'nalishda joylashgan S yuzali sirtidan Δt vaqtda o'tuvchi $W_{o'rt}$ o'rtacha elektromagnit energiyaning sirt yuzi bilan energiyaning o'tish vaqti ko'paytmasiga bo'lgan nisbatiga aytiladi:

$$I = \frac{W_{o'rt}}{S \cdot \Delta t} . \quad (4-2)$$

To'ldin nurlanishining oqim zichligi sirtning birlik yuzasidan bir davrda o'tuvchi elektromagnit to'ldin nurlanishining o'rtacha quvvatidan iborat. Uni *to'ldin intensivligi* deb ataladi.

$P_{o'rt} = \frac{W_{o'rt}}{t}$ ni (4-2) ga qo'yilsa, $I = \frac{P_{o'rt}}{S}$ bo'ladi. Nurlanishning oqim zichligi yoki to'ldin intensivligining birligi $\frac{W}{m^2}$.

Nurlanish oqimi yo'nalishiga perpendikular joylashgan yo'nalishda yuzasi S , yasovchisi $c\Delta t$ ga teng bo'lgan silindr chizaylik. Silindr hajmi

$\Delta V = S \cdot c \Delta t$ ga teng. Silindr ichidagi elektromagnit maydon energiyasi, energiya zichligining hajmga ko'paytmasiga teng:

$$W = w \cdot S \cdot c \Delta t; \quad (4-3)$$

bunda: w – elektromagnit to'liqin energiyasining zichligi. (4-3) formulani (4-2) qo'yib, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$I = wc. \quad (4-4)$$

Elektromagnit to'liqin oqimining zichligi, elektromagnit energiyasining zichligi bilan to'liqinning tarqalish tezligi ko'paytmasiga teng.

Nuqtaviy manbadan chiquvchi elektromagnit to'liqlar barcha tomonga tarqaladi. Shunga ko'ra, manbaning atrofida uni o'rab turgan sohani sfera deb qarab, 4-2 formulani quyidagicha yozamiz:

$$I = \frac{W}{S \cdot \Delta t} = \frac{W}{4\pi \cdot \Delta t} \cdot \frac{1}{R^2}; \quad (4-5)$$

bunda: $S = 4\pi R^2$ sfera sirtining yuzi. Demak, nuqtaviy manbadan chiqadigan to'liqinning intensivligi masofaning kvadratiga proporsional ravishda kamayib borar ekan.

Elektromagnit maydonning elektr maydon kuchlanganligi $\vec{E}$ va magnit maydon induksiyasi $\vec{B}$ tebranayotgan zarralarning tezlanishi $\vec{a}$ ga proporsional. Tezlanish esa garmonik tebranishlarda chastotaning kvadratiga proporsional. Shunga ko'ra $E \sim \omega^2$ va $B \sim \omega^2$ ekanligi e'tiborga olinsa, maydonlar energiyasining zichliklari chastotaning to'rtinchi darajasiga proporsional bo'lishi kelib chiqadi:

$$I \sim \omega^4.$$

Masala yechish namunasi

1. Elektromagnit to'liqlar qandaydir bir jinsli muhitda $2 \cdot 10^8$ m/s tezlik bilan tarqalmoqda. Agar elektromagnit to'liqlarning chastotasi 1 MHz bo'lsa, uning to'liqin uzunligi nimaga teng?

Berilgan:	Formulasi:	Yechilishi:
$= 2 \cdot 10^8$ m/s $\nu = 1 \text{ MHz} = 10^6 \text{ Hz}$	$\lambda = \frac{v}{\nu}$	$\lambda = \frac{2 \cdot 10^8}{10^6} \frac{\text{m/s}}{\text{Hz}} = 200 \text{ m.}$
Topish kerak: $\lambda = ?$		<i>Javobi:</i> 200 m.



1. Nima sababdan yoritish tarmoqlaridagi o'zgaruvchan tok amalda elektromagnit to'lqinlarni nurlantirmaydi?
2. Elektromagnit to'lqinlarning qaytishi va sinishidan qayerlarda foydalaniladi?
3. Elektromagnit to'lqinlarning yutilishidan qayerlarda foydalaniladi?
4. Elektromagnit to'lqinlarning chastotasi 3 marta kamaydi. Bunda nurlanish energiyasi qanday o'zgaradi?

23-mavzu. RADIOALOQANING FIZIK ASOSLARI. ENG SODDA RADIONING TUZILISHI VA ISHLASHI. RADIOLOKATSIYA

Qadimgi davrlarda insonlar bir-birlariga xabar yuborib turishda turli vositalardan foydalanganlar. Bir mamlakatdan ikkinchi mamlakatga qatnovchi karvonlar orqali xatlar yuborish, kaphtarlar oyog'iga xatni bog'lab jo'natish va h.k. Ayrim hollarda maxsus choparlar maktubni olib, tezchopar otlarga minib, to'xtovsiz yugurtirgan holda yetkazib borishgan. Bunda xat-xabarni eltuvchi vositaning harakatlanish tezligi, karvonning yoki yugurayotgan otning tezligiga bog'liq bo'lgan.

Ikkinchi tomondan eltuvchi vositaning yo'lida ko'pgina to'siqlar bo'lib, xat-xabarni egasiga yetkazish kafolati bo'lmagan.

Xabarni yuborishda elektromagnit to'lqinlardan foydalanilsa bo'lmas-mikan?

Birinchidan, elektromagnit to'lqinlar tabiatdagi eng katta tezlik bilan tarqaladi. Ikkinchidan, uni yo'lda qaroqchilar yoki dushmanlar tutib qola olmaydi.

Lekin Hertz vibratorida hosil bo'lgan uchqunning quvvati juda kichik bo'lganligidan undan signallarni uzoq masofaga tarqatishda foydalanib bo'lmas edi. A.S. Popovning elektromagnit to'lqinlar orqali xabar uzatish bo'yicha ixtirosidan besh yil oldin fransuz fizigi E. Branli elektromagnit to'lqinlarni qayd qilishning yuqori sezgirlikdagi ishonarli usulini topadi. Bu asbobni E. Branli *kogerer* (lot. *kohaerens*—aloqada bo'lgan) deb ataydi. Kogerer ichida ikkita elektrod o'rnatilgan shisha trubkadan iborat bo'lib, ichiga mayda temir kukuni solingan. Bu asbobning qarshiligi oddiy

sharoitda katta bo'ladi. Konturga kelgan elektromagnit to'liqin yuqori chastotali o'zgaruvchan tokni hosil qiladi. Kukunlar orasida kichik uchqunlar paydo bo'lib, ularni bir-biriga yopishtirib qo'yadi. Natijada ularning qarshiligi keskin kamayadi (A. S. Popov tajribasida $100000\ \Omega$ dan $1000\ \Omega$ gacha, ya'ni 100 martadan ko'p). Lekin bir marta tok o'tganidan so'ng kukunlar yopishib qoladi. Kogererni silkitib yuborib, uni yana ishchi holatga keltirish kerak bo'ladi. Buning uchun A. S. Popov kogerer zanjiriga elektromagnit rele orqali elektr qo'ng'irog'ini ulaydi. Elektromagnit to'liqin kelganda bu qo'ng'iroqning bolg'achasi bir vaqtda kogererga ham urilgan va kogerer ishchi holatga qaytgan.

1895-yil 7-mayda Rossiyaning Sankt-Peterburg shahrida rus muhandisi A.S. Popov birinchi marta xabarni elektromagnit to'liqinlar orqali yuborib, uni qabul qilishni namoyish qiladi. Xabarlarning elektromagnit to'liqinlar vositasida almashinishga **radioaloqa** deyiladi. Xabarni yuboruvchi qurilmani **radiouzatkich**, qabul qiluvchi qurilma **radiopriyomnik** deyiladi.

A.S. Popov 1899-yilda radioaloqani 20 km uzoqlikda o'rnatgan bo'lsa, 1901-yilda 150 km ga yetkazadi.

Shunga o'xshash qurilmalarni italyan muhandisi G. Markoni ham parallel ravishda o'ylab topadi.

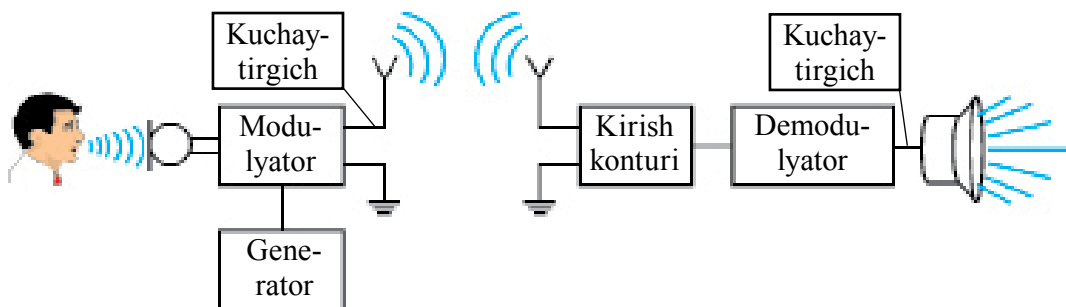
Elektromagnit to'liqinlarning chastotasi kichik bolsa, uning energiyasi kam bo'lib, uzoq masofaga bora olmaydi ($W \sim \nu^4$). Ikkinchidan, o'zaro yaqin joylashgan ikkita radiostansiyaning xabarlari bir-biriga aralashib ketadi. Shu sababli radioaloqada yuqori chastotali elektromagnit tebranishlardan foydalanish zaruriyati tug'ildi.

1913-yilda so'nmaydigan elektromagnit tebranishlar hosil qiluvchi generator ixtiro qilinishi muhim qadam bo'ldi.

Xabarni endi yuqori chastotali elektromagnit to'liqinlar vositasida uzatila boshlandi. Buning uchun generatorda ishlab chiqilgan yuqori chastotali elektromagnit tebranishlarga, past chastotali (tovush chastotasi) tebranishlar qo'shib yuboriladi. Bunda tovush tebranishlari **mikrofon** yordamida elektr tebranishlariga aylantiriladi.

Past chastotali elektr tebranishlarni yuqori chastotali elektr tebranishlarga qo'shib yuborish **modulyatsiya** deyiladi. Radioaloqani olib borish blok-sxemasi 4.9-rasmda ko'rsatilgan.

Modulyatsiyalangan tebranishlar antenna yordamida fazoga tarqatiladi. Radioaloqaning qabul qiluvchi qismida ham antenna bo'ladi. Unga kelib urilgan elektromagnit to'liqlar, elektromagnit tebranishlarni hosil qiladi. Radiopriyomnikda ko'plab radiostansiyalar ichidan keraklisini tanlab olishni ***kirish konturi*** orqali amalga oshiriladi. Shundan so'ng yuqori chastotali tebranishlarga qo'shib yuborilgan past chastotali tebranishlar ajratib olinadi. Bu ***demodulyator***da amalga oshiriladi. Telefon karnayida past chastotali elektr tebranishlari tovush tebranishlariga aylanadi.

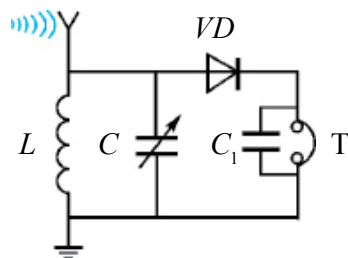


4.9-rasm.

Radiopriyomnik qanday bloklardan tashkil topgani Sizga ma'lum. Endi eng sodda radiopriyomnik qanday elementlardan tashkil topishi va ishlashini ko'rib chiqaylik (4.10-rasm).

Antennaga kelib urilgan radioto'liqlar unda elektromagnit tebranishlarni hosil qiladi. Induktiv g'altak (L) va o'zgaruvchan sig'imli kondensator (C) tebranish konturini hosil qiladi. O'zgaruvchan sig'imli kondensator yordamida kontur chastotasi, qabul qilinishi kerak bo'lgan radiostansiya chastotasiga sozlanadi. Shu bilan ko'p radiostansiyalar signallari orasidan keraklisi ajratib olinadi.

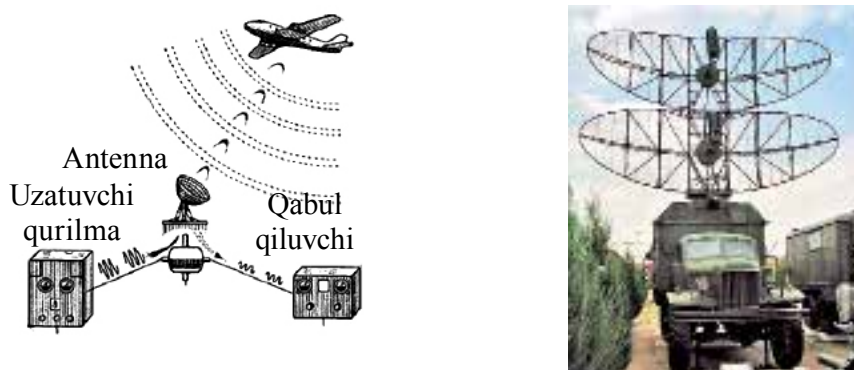
Ma'lumki, yuborilgan xabar yuqori chastotali tebranishlarga qo'shilgan holda keladi. Yuqorida aytilganidek, ularni bir-biridan ajratib berishni demodulyator qurilmasi amalga oshiradi. Uni ko'pincha ***detektorlash*** deyiladi. Bu vazifani yarim o'tkazgichli diod bajaradi. Kirish konturida hosil bo'lgan yuqori chastotali kuchlanish VD diod C_1 kondensator va T telefon orqali tokni vujudga keltiradi. Diod orqali o'tishda yuqori chastotali va past chastotali signallar bir-biridan ajraladi. Yuqori chastotali signallar C_1 kondensator orqali, past chastotali signallar T



4.10-rasm.

telefon orqali o'tadi. Telefonni quloqqa tutib, bimalol radioeshittirishlarni eshitish mumkin. Keltirilgan eng sodda radiopriyomnikda diod **detektor** vazifasini bajarganligi va boshqa elektron asboblarni ishlatilmaganligi sababli bu priyomnikni **detektorli priyomnik** deb ataladi.

Elektromagnit to'liqlardan radiolokatsiyada ham keng foydalaniladi (4.11-rasm).



4.11-rasm.

Oldingi mavzuda aytib o'tilganidek, bunda elektromagnit to'liqlarining qaytishi hodisasidan foydalaniladi. Radiolokatsiya vositasida uchib ketayotgan samolyotlarning balandligini, tezligini va qanday uzoqdaligini juda aniq o'lchash mumkin. Buning uchun radiouzatkuchni juda qisqa vaqt ichida o'chirib yoqilsa, samolyotga urilib qaytib kelgan radioto'liqinni qayd etish mumkin.

Elektroapparat yordamida to'liq jo'natilgan va qaytib kelgan vaqt oralig'i Δt o'lchansa, elektromagnit to'liqlarning bosib o'tgan yo'lini topish mumkin. $s = c\tau$. Bunda: c – elektromagnit to'liq tezligi. To'liqning obyektgacha va undan orqaga qaytganligi uchun uning o'tgan yo'li $s = 2l$ bo'ladi. $l = \frac{c\tau}{2}$ – antennadan obyektgacha bo'lgan masofa. Obyektning fazodagi joylashgan o'rnini aniqlash uchun radioto'liqlarni ingichka nur shaklida yuboriladi. Buning uchun antenna sferik ko'rinishga yaqin shaklda yasaladi.

Radiolokatsion metod bilan Yerdan Oygacha hamda Merkuriy, Venera, Mars va Yupiter sayyoralarigacha bo'lgan masofalar aniq o'lchangan.

Masala ishlash namunasi

1. Radiolokator to'liq uzunligi 15 sm bo'lgan elektromagnit to'liq vositasida ishlaydi va har sekundda 4000 impuls chiqaradi. Har bitta impulsning davomiyligi $2 \mu\text{s}$. Har bir impulsda qancha tebranish bo'lishini va radiolokator yordamida qanday eng kichik masofadagi nishonni aniqlash mumkinligini toping.

Berilgan:	Formulasi:	Yechilishi:
$\lambda = 15 \text{ sm}$	$N = \frac{\tau \cdot c}{\lambda} = \nu T$	$N = \left(\frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot 10^8}{15 \cdot 10^{-2}} \right) = 4 \cdot 10^3$
$n = 4000$	$L_{\max} = \frac{1}{2} c \left(\frac{1}{n} - \tau \right)$	$N = \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 10^8 \left(\frac{1}{4000} - 2 \cdot 10^{-6} \right) \approx$
$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$		$\approx 37,5 \text{ km}$
Topish kerak:		Javobi: 4000; $\approx 37,5 \text{ km}$.
$N = ?$		
$L_{\max} = ?$		



1. Radiopriyomnikda detektor qanday vazifani bajaradi?
2. Priyomnikka kirish konturi nima uchun kerak?
3. Radiolokator yordamida obyektgacha bo'lgan masofa qanday o'lchanadi?
4. Eng sodda radiopriyomnikda kodensator sig'imi 4 marta kamaysa, radiopriyomnik qabul qiladigan elektromagnit to'liq uzunligi qanday o'zgaradi?

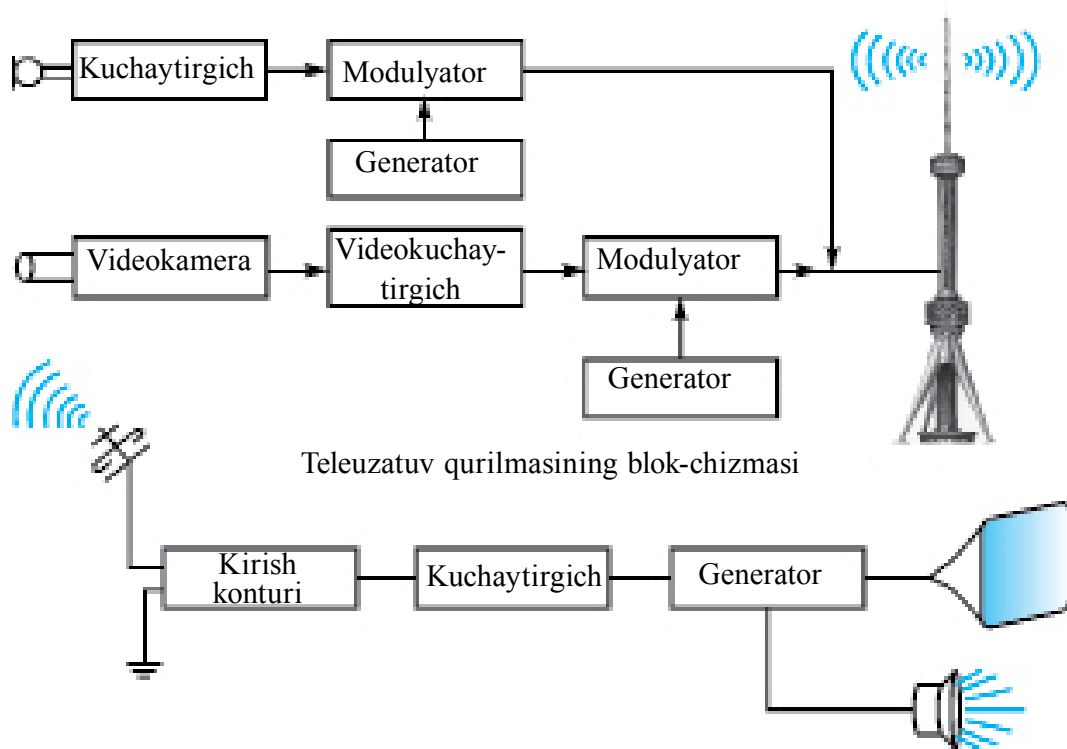


4.10-rasmda keltirilgan detektorli priyomnikni yasab ishlatib ko'ring.

24-mavzu. TELEKO'RSATUVLARNING FIZIK ASOSLARI. TOSHKENT-TELEVIDENIYE VATANI

Hozirgi kunda televizor ko'rmaydigan o'quvchi bo'lmasa kerak. Atrof-olam to'g'risidagi ma'lumotlar, turli ko'ngilochar ko'rsatuvlar, multfilmlarni barcha ko'radi. Bundan tashqari, hayotimizda bo'lib o'tadigan yaxshi kunlar, to'ylar, marosimlar va tadbirlarni ham tasvirga tushirib, so'ngra xohlagan kunda qayta ko'rishimiz mumkin. Oyga, Zuhra, Mars sayyoralariga bevosita bormasdan turib, uning sirtini kosmik kemaga o'rnatilgan telekameralar yordamida kuzatishimiz ham televideniyeining yutug'i tufaylidir. Xo'sh, videotasvirlar bir joydan ikkinchi joyga qanday uzatiladi? Qabul qilingan joyda signallar yana qanday qilib tasvirga aylanadi?

Bu kabi savollar ko'pchilik o'quvchini qiziqtiradi, albatta. Teleko'rsatuvlar amalga oshiriladigan qurilmaning sodda blok-chizmasi 4.12-rasmda keltirilgan.



4.12-rasm.

Oldingi mavzuda tovush tebranishlari mikrofon vositasida elektr tebranishlariga aylantirilishi aytib o'tilgan edi. Xuddi shunday tasvir ham dastlab elektr signallariga aylantiriladi. Bu jarayon maxsus **videokamera** deb ataluvchi qurilmada amalga oshiriladi. Videokamerada hosil qilingan signallar maxsus elektron qurilmada kuchaytiriladi.

Modulyatorda, generatorda ishlab chiqilgan yuqori chastotali elektromagnit tebranishlarga tasvir signallari qo'shiladi. Teleuzatuv qurilmasida alohida radiouzatuv qismi bo'lib, uning ishlashi oldingi mavzuda keltirilgan qurilmadan farq qilmaydi.

Teleuzatuv qurilmasining oxirgi blokida modulyatsiyalangan ovoz va tasvir signallari yaxlit holda tarqatuvchi antennaga beriladi.

Telepriyomnik qurilmasidagi antennada telesignallar elektr tebranishlariga aylantiriladi. Kirish konturi vositasida kerakli dastur tanlab olinadi. Ajratib olingan kuchsiz signal maxsus elektron blokda kuchaytirilib, detektorga

beriladi. Detektor yuqori chastotali signaldan tasvir va ovoz signallarini ajratib beradi. Tasvir signali televizor ekraniga, ovoz signali radiokarnayga beriladi.

Hozirgi zamon televizorlari rangli, ovozi turlicha ohangda chiqadigan, masofadan boshqariladigan qilib ishlanadi. Shunga ko'ra televizorda yuqorida ko'rsatilgan bloklardan tashqari boshqa bloklari ham bo'ladi.

Telexabarlar chastotalari 50 MHz va 230 MHz oralig'ida bo'lgan diapazonda tarqatiladi. Bunday to'lqinlar faqat antennaning ko'rinish chegarasidagina tarqaladi. Shuning uchun telexabar bilan katta hududni qamrab olish uchun telexabar tarqatuvchilar balandligini oshirish va ularni zichroq joylashtirish kerak bo'ladi. Teleko'rsatuvlarni yanada uzoqqa yuborish uchun yo'ldosh aloqa tizimidan foydalanish mumkin.

Ma'lumki, 1911-yilning 9-mayida Sankt-Peterburg texnologiya institutida B.L.Rozing panjaraning qo'zg'almas tasvirini elektron nurli trubka ekranida hosil qiladi.

Televideniyeining bundan keyingi rivoji Toshkent bilan bog'langan. O'rtaosiyo davlat universiteti laboranti Boris Pavlovich Grabovskiy harakatli tasvirga ega bo'lgan televizion apparatni yaratish bilan shug'ullanadi. Muhandislar V.I.Popov va N.G. Piskunovlar bilan hamkorlikda "radiotelefot" apparatining konstruksiyasini ishlab chiqadilar. Unga 1925-yil 9-noyabrda qabul qilish raqami № 4899 bo'lgan guvohnoma va keyin raqami №5592 bo'lgan patent beriladi. Bu loyiha hozirgi zamon televizion sistemasining barcha elementlarini o'z ichiga oladi. Albatta, bu "radio orqali ko'rish" loyihasini amalga oshirish uchun qo'shimcha apparatura va asboblarning zarur edi. Shunda B.P. Grabovskiyning yordamchisi I.F.Belyanskiy O'zbekiston MIQ Prezidiumi Raisi Y.Oxunboboyevga yordam so'rab murojaat qiladi. Respublika rahbariyati ixtirochilarga yetarli darajada mablag' ajratadi. Televizion qurilma uchun Toshkentning barcha korxona va laboratoriyalarida buyurtmalar bajarildi.

Hozirgi zamon televizorining bobosi "Telefot"ning rasmiy ravishdagi sinovi 1928-yil 26-iyul kuni okrug aloqa binosida O'rta Osiyo Davlat Universiteti professori N.N.Zlatovratskiy raisligida bo'lib o'tadi. Unda birinchi marta harakatlanayotgan odamning tasviri ko'rinadi. 4-avgust kuni Toshkent shahrining Alisher Navoiy ko'chasida harakatlanayotgan tramvayning tasviri "telefot" orqali ko'rsatiladi. "Telefot" takomillashtirildi: uning boshqa variantlari ishlandi va izlanishlar butun dunyo olimlari,

muhandislari tomonidan olib borilib, televizorlar hozirgi kundagi ko'rinishga ega bo'ldi. Shunga ko'ra "Televideniye vatani Toshkent" deya baralla ayta olamiz.

* 1956-yilda sobiq O'rta Osiyo respublikalari orasida birinchilardan bo'lib oq-qora rangli televizion markazi Toshkentda ishga tushadi. Sobiq SSSRda 1990-yilga qadar faqat ikkitagina "Birinchi (Moskva)" va "Ikkinchi (Orbita)" butunittifoq kanali mavjud edi. Joylarda uchinchi mahalliy dastur bo'yicha teleko'rsatuvlar olib borilgan. Toshkentda 4-dastur sifatida navbatma-navbat Qirg'iziston va Tojikiston televideniyesi olib ko'rsatilgan. 5-dasturda Qozog'istonning teleko'rsatuvlari olib ko'rsatilgan. 1956-yilda Toshkentda balandligi 180 m bo'lgan teleminora qurilib, muntazam teleko'rsatuvlar berilib borgan. 1967-yilda SEKAM nomli rangli teleko'rsatuv sistemasi ishga tushgan. 1978–85-yillarda Toshkent shahrida Bo'zsuv kanalining o'ng sohilida 375 m balandlikda teleminora qurilib, ishga tushirilgan. Yer ostidagi balandligi 11 metr bo'lib, umumiy og'irligi 6000 tonnadan ko'proq. Teleminora Markaziy Osiyoda 1-o'rinda, jahonda Ostankino (Moskva), Toronto (Kanada), Tokio (Yaponiya)dan so'ng 9 o'rinda bo'lgan. O'zbekistonda 4 ta davlat telekanali O'zTV-1, O'zTV-2, O'zTV-3 va O'zTV-4 bo'lgan. Oxirgi ikkitasi Rossiya kanallarini ko'rsatgan. 1998 yilda 30-kanal deb ataluvchi birinchi xususiy telekanal ishga tushadi. 2008-yilda uning chastotasida rus tilida eshittirishlar olib boradigan Sof TS o'z ishini boshlagan. Keyingi yillarda ko'pgina xususiy telekanallar ochildi. 2017-yilda butun sutka davomida ishlaydigan "O'zbekiston 24" kanali o'z ishini boshladi.



1. *Teleko'rsatuvlarda tasvir nima yordamida elektr signallarga aylantiriladi?*
2. *Nima sababdan Toshkentni televideniye vatani deyiladi?*
3. *Teleminora balandligi ortib borishi bilan teleko'rsatuvlarni uzatishning uzoqligi qanday o'zgaradi?*

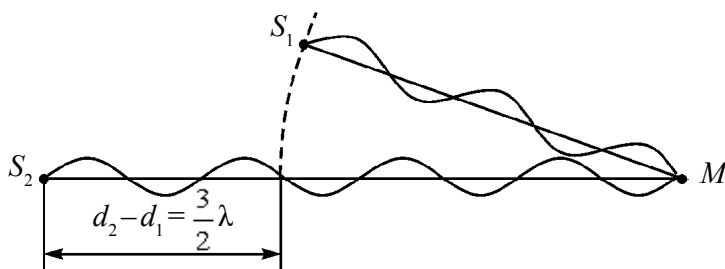


Uyingizdagi televizorni ishlab turganida bir dasturdan, ikkinchi dasturga almashtiring, ovoz balandligini o'zgartiring. Pult yordamida ular nima sababdan o'zgarishi mumkinligi haqida o'ylab ko'ring.

25-mavzu. YORUG'LIK INTERFERENSIYASI VA DIFRAKSIYASI

Bahor paytida yomg'irdan keyin osmonda paydo bo'ladigan kamalak, sovun pufagi yoki asfaltga to'kilgan yog'da ko'rinadigan rangli jilolarni ko'rib zavqlanamiz. Lekun uning paydo bo'lish sabablari haqida o'ylab ko'rmaymiz. Buning sababi yorug'lik interferensiyasidir. Interferensiya hodisasi istalgan tabiatga ega bo'lgan to'liqlarga xos. Bu hodisaning mohiyatini tushunib olish uchun o'rganishni mexanik to'liqlar interferensiyasidan boshlaymiz.

Biror muhitda to'liqlar tarqalganda ularning har biri bir-biridan mustaqil ravishda xuddi boshqa to'liqlar yo'qdek tarqaladi. Bunga to'liqlar tarqalishining *superpozitsiya(mustaqillik) prinsipi* deyiladi. Muhitdagi zarraning istalgan vaqtdagi natijaviy siljishi zarra qatnashgan to'liq jarayonlari siljishlarining *geometrik yig'indisiga* teng bo'ladi. Masalan, muhitda ikkita to'liq tarqalayotgan bo'lsa, ular yetib kelgan nuqtadagi zarrani bir-biridan mustaqil ravishda tebratadi. Agar bu to'liqlarning chastotalari teng va fazalar farqi o'zgarmas bo'lsa, uchrashgan nuqtasida ular bir-birini kuchaytiradi yoki susaytiradi. Bu hodisaga to'liqlar interferensiyasi deyiladi. Chastotalari teng va fazalar farqi o'zgarmas bo'lgan to'liqlar **kogerent to'liqlar** deyiladi. Demak, kogerent to'liqlarning uchrashganda bir-birini kuchaytirishi yoki susaytirishi hodisasiga **to'liqlar interferensiyasi** deyiladi. Qanday holda ular bir-birini kuchaytiradi yoki susaytiradi? Buni o'rganish uchun suv sirtida ikkita kogerent S_1 va S_2 manbadan chiqqan to'liqlarning uchrashishini qaraylik (4.13-rasm).



4.13-rasm.

S_1 manbadan chiqqan to'liqning M nuqtagacha bosib o'tgan masofasi d_1 , S_2 manbadan chiqqan to'liqning M nuqtagacha bosib o'tgan masofasi d_2 bo'lsin. U holda $d_2 - d_1 = \Delta d$ - to'liqlarning yo'l farqi deyiladi. Agar yo'l farqi yarim to'liq uzunligining juft soniga karrali bo'lsa:

$$\Delta d = 2k \frac{\lambda}{2} \quad (k=0, 1, 2, \dots), \quad (4-6)$$

bu nuqtada tebranishlarning kuchayishi kuzatiladi. (4-6) munosabat interferensiyaning maksimum sharti deyiladi.

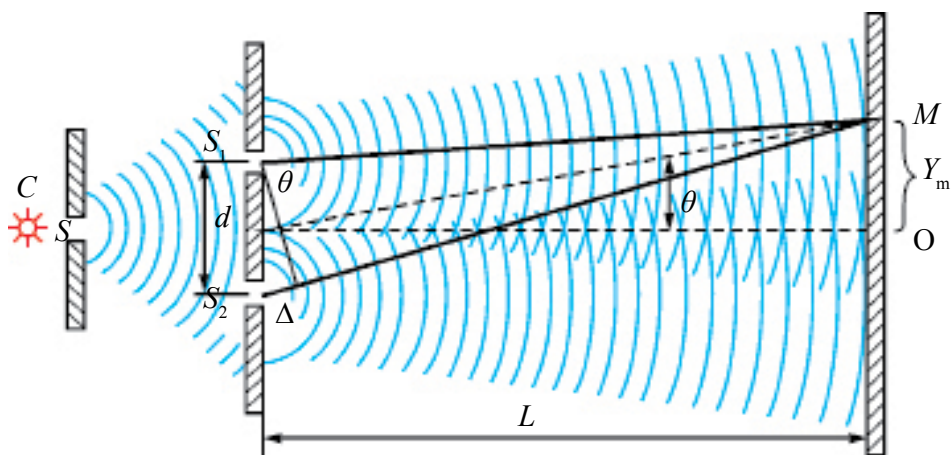
Yo'l farqi yarim to'liqin uzunligining toq soniga karrali bo'lsa:

$$\Delta d = (2k+1) \frac{\lambda}{2} \quad (k=0, 1, 2, \dots), \quad (4-7)$$

bu nuqtada tebranishlarning susayishi kuzatiladi.

Yorug'lik interferensiyasi, to'liqlar interferensiyasining xususiy holi hisoblanadi. Uni kuzatish uchun ikkita kogerent manbadan chiqqan yorug'lik to'liqlarini fazoning ma'lum bir nuqtasida uchrashtirish kerak. Lekin ikkita alohida manbani qanchalik tanlamaylik ulardan chiqqan yorug'lik nurlari kogerent bo'lmaydi. Shunga ko'ra asosan bir manbadan chiqqan yorug'lik nurini sun'iy ravishda ikkiga bo'lib, kogerent to'liqlar hosil qilinadi.

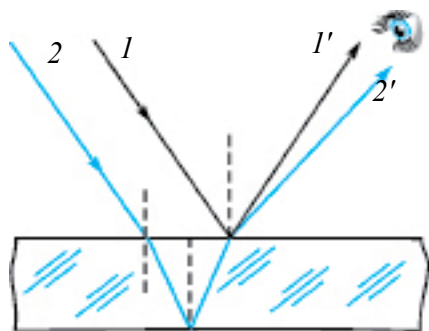
1. Yung metodi (1801-yil). Uning metodi 4.14-rasmda keltirilgan. Qu-yosh nuri qorong'u xonaga kichik S tirqishdan kiradi. Bu nur ikkita S_1 va S_2 tirqishdan o'tib, ikkita nurga ajraladi. Ular ekranda uchrashganda markaziy qismda oq polosani, chetki qismlarida rangli polosalarni hosil qiladi. Yung o'z tajribalarida yorug'lik to'liqin uzunligini aniq topadi. Spekrtning chetki binafsha qismi uchun to'liqin uzunligi $0,42 \mu\text{m}$, qizil yorug'lik uchun $0,7 \mu\text{m}$ ni oladi.



4.14-rasm.

2. Yupqa plyonkalardagi ranglar.

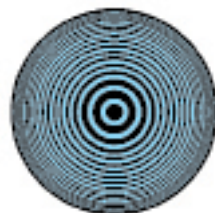
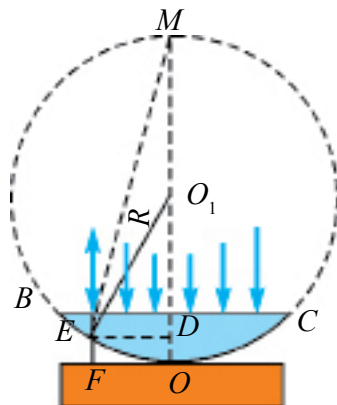
Asfaltga toʻkilgan yogʻ va sovun pufagidagi ranglarga qaytaylik. Oq yorugʻlik yupqa plyonkaga tushayotgan boʻlsin (4.15-rasm). Tushayotgan toʻlqinning bir qismi (1 toʻlqin) plyonkaning ustki qismidan qaytadi. Bir qismi plyonka ichiga oʻtib, uning pastki sirtidan qaytadi (2 toʻlqin).



4.15-rasm.

Har ikkala qaytgan toʻlqinlar (1' va 2') yurgan yoʻllari bilan farqlanadi. Ular koʻzda uchrashganida interferensiya manzarasi koʻrinadi. Oq yorugʻlik toʻlqin uzunligi 400 dan 760 nm oraliqda boʻlgan toʻlqinlardan iborat boʻlganligidan qabul qiluvchining turli nuqtalarida bir-birini kuchaytiradi va rangli tasvir koʻrinadi.

3. Nyuton halqalari. Yupqa plastina ustiga qavariq sirtga ega boʻlgan linza qoʻyilgan boʻlsin (4.16-rasm). Bunda yassi parallel plastina va unga O nuqtada tegadigan linza sirti oraligʻida havo qatlami boʻladi. Linzaning yassi yuzasiga tushgan yorugʻlik havo qatlamining ustki va ostki sirtidan qaytadi. Bu nurlar uchrashganda interferensiyon manzara koʻrinadi.



4.16-rasm.

Agar qurilma monoxromatik yorugʻlik bilan yoritilsa, interferensiyon manzara yorugʻ va qorongʻi halqalar shaklida boʻladi. Agar qurilma oq yorugʻlik bilan yoritilsa, linzaning tekislikka tegish nuqtasidan qaytgan yorugʻlikda qorongʻi dogʻ koʻrinadi. Uning atrofida rangli halqalar joylashadi. Tegishli raqamdagi halqaning diamet-rini oʻlchab, yorugʻlikning toʻlqin uzunligini yoki linzaning egrilik radiusini aniqlash mumkin:

$$r_{\text{yor}} = \sqrt{\left(m + \frac{1}{2}\right) \lambda R} \text{ — yorugʻ halqalar radiusi; } R \text{ — linzaning egrilik radiusi,}$$

$$m = 0, 1, 2, 3 \dots$$

$$r_{\text{qor}} = \sqrt{m \lambda R} \text{ — qorongʻi halqalar radiusi.}$$

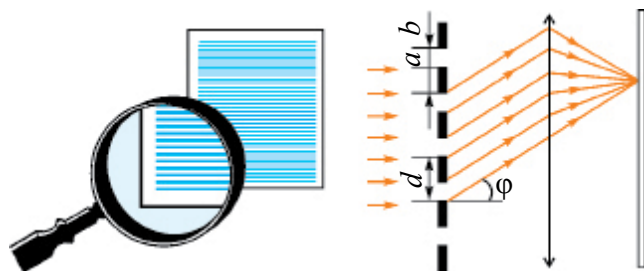
Yorug'lik difraksiyasi. Yorug'likning o'z yo'lida uchragan to'siqning chetki qismiga kirishini odamlar ancha burun sezganlar. Bu hodisaning ilmiy izohini birinchi bo'lib F.Grimaldi bergan. U narsalar ortida paydo bo'ladigan soyaning xiraroq chiqishini tushuntiradi. U bu hodisani difraksiya deb ataydi. Shunday qilib, *to'lqinning o'z yo'lida uchragan to'siqni aylanib o'tishiga to'lqinlar difraksiyasi deyiladi.* Bunda yorug'likning to'g'ri chiziq bo'ylab tarqalish qonuni bajarilmaydi. Difraksiya hodisasi kuzatilishi uchun to'siqning o'lchami unga tushayotgan to'lqin uzunligidan kichik bo'lishi kerak. Yorug'lik difraksiyasini tor tirqishdan yorug'lik o'tganida ham kuzatish mumkin. Bunda ham tirqish o'lchami unga tushgan yorug'lik to'lqini uzunligidan kichik bo'lishi kerak.

Yorqin va aniq difraksion manzarani olish va kuzatish uchun difraksion panjaradan foydalaniladi. Difraksion panjara–yorug'lik difraksiyasi kuzatiladigan ko'p sonli to'siq va tirqishlar yig'indisidan iborat. Difraksion panjara tirqishlarining joylashishiga qarab ikki turga bo'linadi: *tartibli (muntazam) va tartibsiz difraksion panjaralar.*

Tartibli difraksion panjarada, tirqishlari ma'lum bir qat'iy tartibda joylashgan bo'ladi. Tartibsiz difraksion panjarada, tirqishlari tartibsiz joylashgan bo'ladi.

Yassi tartibli difraksion panjarani tayyorlash uchun olmos yordamida shaffof plastinaga parallel va bir-biriga juda yaqin joylashgan chiziqlar tortiladi. Tortilgan chiziqlar to'siq, ular orasi tirqish vazifasini o'taydi. Tirqishning eni a , to'siq eni b bo'lsin. U holda $a+b=d$ **panjaraning doimiysi** yoki **davri** deyiladi.

Yorug'likning difraksion panjaradan o'tishini qaraylik (4.17-rasm).



4.17-rasm.

Bunda monoxromatik nur panjara tirqishlari tekisligiga tik tushayotgan bo'lsin. Tirqishdan o'tgan nurlar difraksiya hodisasi tufayli φ burchakka buqiladi. Ularni to'plab, ekranga tushiriladi. Ekranda difraksion manzara – qoramtir rangli oraliqlar bilan ajratilgan yorug' polosalar qatori ko'rinadi.

Bunda panjara doimiysi d , yorug'likning to'lqin uzunligi λ , nurning panjara buriilish burchagi φ quyidagi formula yordamida bog'langan bo'ladi:

$$d \sin \varphi = n \lambda; \quad (4-8)$$

bunda: n —difraksion maksimumlarning tartib raqami. Agar $n = k$ ($k=0,1,2,\dots$) bo'lsa, nurlar uchrashganda bir-birini kuchaytiradi. $n = \frac{2k+1}{2}$ bo'lganda nurlar bir-birini susaytiradi.

Yorug'likda kuzatiladigan interferensiya va difraksiya hodisalari uning to'lqin xususiyatiga ega ekanligini tasdiqlaydi. Bu hodisalardan texnikada foydalaniladi. Masalan, interferometr deb ataluvchi asbob juda sezgir bo'lib, u bilan juda kichik burchaklarni aniq o'lchash, yorug'likning to'lqin uzunligini aniqlash, kichkina kesmalarining uzunligini aniqlash, har xil moddalarning nur sindirish ko'rsatkichini aniqlash, sirtning g'adir-buduriligini tekshirish va yaltirash darajasini aniqlash mumkin.

Masala yechish namunasi

1. Difraksion panjaraga to'lqin uzunligi 500 nm bo'lgan monoxromatik yorug'lik tushmoqda. Ikkinchi tartibli spektr 30° burchak ostida ko'rinsa, shu panjaraning doimiysi nimaga teng?

Berilgan:	Formulasi:	Yechilishi:
$\lambda = 500 \text{ nm} = 500 \cdot 10^{-9} \text{ m}$	$d \sin \varphi = n \lambda$	$d = \frac{2 \cdot 500 \cdot 10^{-9}}{\sin 30^\circ} =$
$n = 2$		$= \frac{10^{-6}}{0,5} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ (m)}.$
$\alpha = 30^\circ$	$d = \frac{n \lambda}{\sin \varphi}$	
Topish kerak		Javobi: $2 \cdot 10^{-6} \text{ m}.$
$d = ?$		



1. Nima sababdan bir xil quvvatga ega bo'lgan va bir korxona ishlab chiqargan ikkita lampochkadan chiqqan yorug'lik interferensiya hosil qilmaydi?
2. Difraksiya hodisasidan qaysi joylarda foydalanish mumkin?
3. Difraksion panjarada kuzatiladigan spektrning tartib raqami cheklanganmi?
4. Interferensiya hodisasi kuzatilganda yo'l farqi $3,5 \lambda$ ga teng bo'lsa, nima kuzatiladi?

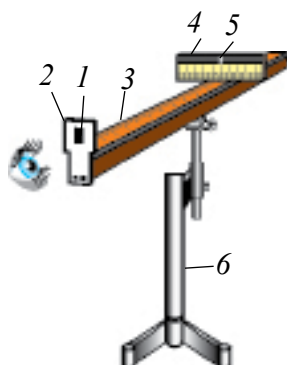


Kompyuter diski va lazer bilan interferensiya va difraksiyaga doir tajriba o'tkazing.

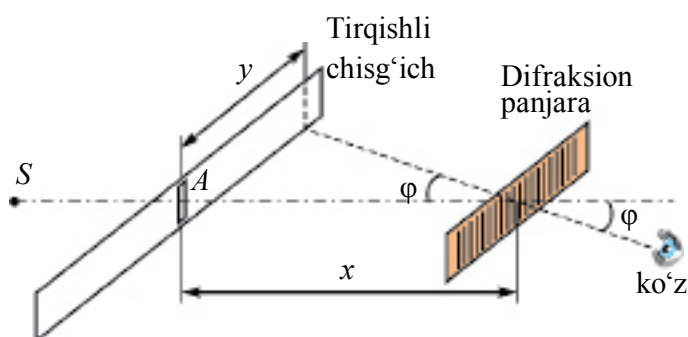
26-mavzu. LABORATORIYA ISHI: DIFRAKSION PANJARA YORDAMIDA YORUG'LIKNING TO'LQIN UZUNLIGINI ANIQLASH

Ishning maqsadi. Yorug'likning to'lqin uzunligini difraksion panjara yordamida aniqlashni o'rganish.

Kerakli asbob va jihozlar. 1. Panjara doimiysi $\frac{1}{100}$ mm yoki $\frac{1}{50}$ mm bo'lgan difraksion panjara. 2. Yorug'lik manbayi. 3. O'rtasida tirqishi bo'lgan qora ekran. 4. Millimetrlil mashtabga ega bo'lgan uzun va qisqa chizg'ichlar. 5. Asboblarni o'rnatiladigan qurilma (4.18-rasm).



4.18-rasm.



4.19-rasm.

Ishning bajarilishi. Asboblarni o'rnatiladigan qurilma (6) ustiga millimetrlil mashtabga ega bo'lgan uzun chizg'ich (3) o'rnatiladi. Uning bitta uchiga o'rtasida tirqishi (5) bo'lgan qora ekran (4) joylashtiriladi. Qora ekranda millimetrlil mashtabli qisqa chizg'ich mahkamlangan. Qora ekran uzun chizg'ich bo'ylab siljiy oladigan holatda o'rnatiladi. Uzun chizg'ichning ikkinchi uchidagi tutqich (2) ga difraksion panjara (1) o'rnatiladi. Yorug'lik manbayi ishga tushiriladi. Panjara va tirqish orqali yorug'lik manbayiga qaralsa, tirqishning ikkala tomonida difraksion spektrlarning birinchi, ikkinchi va h.k. tartiblari ko'rinadi. Tirqishli chizg'ichni yoki difraksion panjarani uzun chizg'ich bo'ylab surib, birinchi tartibdagi qizil nur shkaladagi butun son ro'parasiga keltiriladi. Tirqishdan tanlangan nurgacha bo'lgan masofa y ni aniqlab olinadi (4.19-rasm). So'ngra difraksion panjaradan tirqishli chizg'ichgacha bo'lgan masofa x ni o'lchab olinadi. Bunda $y \ll x$ ekanligidan $\sin \varphi \approx \tan \varphi$ deb olinadi.

$\operatorname{tg}\varphi = \frac{y}{x}$ ekanligini hisobga olib (4–8) formuladan yorug‘likning to‘lqin uzunligi hisoblanadi:

$$\lambda = \frac{d \sin \varphi}{n} = \frac{d \operatorname{tg}\varphi}{n} = \frac{d y}{n x}; \tag{4-9}$$

bunda: λ –yorug‘lik nuri to‘lqin uzunligi, d –panjara doimiysi.

Tajribani ikkinchi va uchinchi tartibdagi qizil nur uchun o‘tkaziladi. Shunga o‘xshash tajribalarni chap tomonda joylashgan spektrlar uchun bajariladi.

O‘lchash va hisoblash natijalari quyidagi jadvalga yoziladi.

Nur rangi	x , mm	y , mm	n , spektr tartib raqami	λ , nm	$\lambda_{o'rt}$, nm	$\Delta\lambda = \lambda_{o'rt} - \Delta\lambda $	$\Delta\lambda_{o'rt}$	Nisbiy xatolik $E_{nis} = \frac{\Delta\lambda_{o'rt}}{\lambda_{o'rt}}$

Olingan natijalarning o‘rtacha qiymati, absolut va nisbiy xatoliklar hisoblanadi.

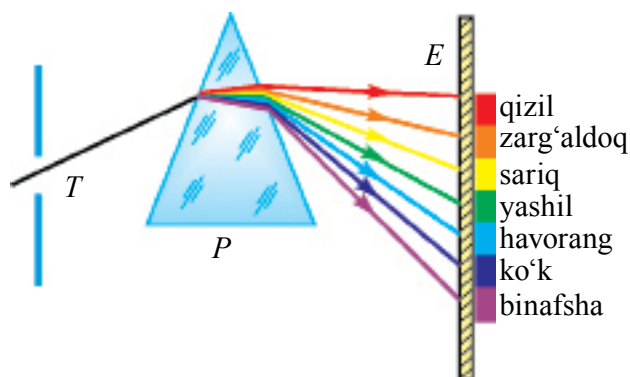
Natijalarni o‘ng va chap tomonlar uchun solishtiriladi.



1. Tajribalarning aniqligi spektrning tartib raqami ortib borishi bilan qanday o‘zgaradi?
2. Difraksion panjara davrining ortib borishi o‘lchashlar aniqligiga qanday ta’sir ko‘rsatadi?
3. Tajribani monoxromatik nur (lazer nuri) bilan o‘tkazilsa, qanday manzara ko‘rinadi?
4. Oq nur bilan tajriba o‘tkazilsa, difraksion manzara markazida nima sababdan oq polosa hosil bo‘ladi?

27-mavzu. YORUG‘LIK DISPERSIYASI. SPEKTRAL ANALIZ

Turli xil jismlar va moddalarning rangi haqidagi savol insonlarni qadimdan qiziqtirib kelgan. Nima sababdan Quyosh ufqqa botayotganda qizarib botadi? Nima sababdan kamalak hosil bo‘ladi? Yorug‘lik ayrim minerallardan o‘tganida ular nima sababdan rangli tovlanadi? kabi savollarga javobni Nyuton zamoniga kelibgina javob topish mumkin bo‘ldi. 1666-yilda I.Nyuton o‘zi o‘tkazgan tajribasi haqida quyidagilarni yozadi: “Men turli shakldagi optik shishalarga ishlov berish vaqtida rang to‘g‘risidagi ma’lum hodisalarni tekshirish uchun uchburchak shisha prizmani tayyorladim. Shu maqsadda men xonamni qorong‘i qildim va quyosh nurining tushishi uchun deraza darchasida juda kichik teshik yasadim. Shu teshikka men prizmani undan singan nur devorga tushadigan qilib joylashtirdim. Shunday usulda olingan xilma-xil va kuchaytirilgan ranglarni ko‘rish va kuzatish menda katta qiziqish hosil qildi”. Yorug‘lik prizma orqali o‘tganda paydo bo‘lgan har xil ranglar to‘plamini Nyuton **spektr** (lotincha spektrum–ko‘rish) deb atadi (4.20-rasm).



4.20-rasm.

Nyuton tirqishni qizil rangli shisha bilan berkitganda devorda faqat qizil rangli dog‘ni, yashil rangli shisha bilan berkitganda faqat yashil dog‘ bo‘lishini kuzatadi. Bunda u ularning sinishini ham o‘rganadi va har xil ranglar turlicha sinishini payqaydi.

Masalan, qizil rang boshqalariga nisbatan kam sinasa, binafsha rang esa hammasidan kuchli sinadi.

Nyuton buning sababini bilmaydi. Lekin bu tajriba oq rang, murakkab rang ekanligini ko‘rsatadi. U asosan yettita rangdan iborat ekan: qizil,

zarg'aldoq, sariq, yashil, zangori, ko'k va binafsha. Oq rangning murakkabligini isbotlovchi Nyutonning yana boshqa tajribalari bor. 1. Nyuton doira olib, uni sektor tarzida asosiy yettita rangga bo'yab qo'yadi. Bu doira dvigatelning aylanish o'qiga mahkamlanadi. Aylanishning ma'lum bir tezligida rangli doira oq bo'lib ko'rinadi.

2. Agar birinchi prizmadan o'tib, ranglarga ajralgan yorug'lik yo'liga birinchi prizma nisbatan 180° ga burilgan prizma qo'yilsa, bu prizma yig'uvchi linza vazifasini bajaradi. Undan chiqqan yorug'lik dastasi to'plangan nuqtasida oq rangda bo'ladi (4.21-rasm).



4.21-rasm.

Nyutonning kashf etgan bu hodisasi yorug'lik dispersiyasi (lotincha disperse – sohib tashlash) degan nom oldi.

Shunday qilib, Nyuton Quyoshdan keluvchi oq nur barcha rangli nurlarning yig'indasidan iborat ekanligini isbotlaydi. Quyosh nurlari ostida narsa va predmetlarning turli rangda ko'rinishiga sabab, ular ayrim ranglarni yutishi, ayrimlarini esa qaytarishidir. Absolut qora jism barcha nurlarni yutadi, oq jism esa qaytaradi.

Yorug'likning to'lqin nazariyasiga ko'ra, yorug'lik – fazoda juda katta tezlik bilan tarqaluvchi to'lqinlardir. Uning rangi, chastotasiga bog'liq.

Yorug'lik to'lqinlarining to'lqin uzunligi juda kichik. Masalan, qizil nur eng katta to'lqin uzunligiga ega bo'lib, uning qiymati $\lambda_q = 7,6 \cdot 10^{-7}$ m ga teng. Eng kichik to'lqin uzunligi binafsha nurga tegishli bo'lib, uning kattaligi $\lambda_b = 3,8 \cdot 10^{-7}$ m. Boshqa nurlarning to'lqin uzunligi ularning oralig'ida yotadi.

1873-yilda ingliz olimi J. Maksvell yorug'likning $c = 3 \cdot 10^8$ m/s tezlik bilan tarqaladigan elektromagnit to'lqinlardan iborat ekanligini nazariy jihatdan isbotlaydi. Bu nazariyani H. Hertz tajribada tasdiqlagani Sizlarga ma'lum.

Bir muhitdan ikkinchisiga yorug'lik o'tganida uning to'lqin uzunligi o'zgaradi, lekin chastotasi o'zgarmaydi. Bizga ma'lumki to'lqin tezligi, uning uzunligi λ va chastotasi ν o'zaro quyidagicha bog'langan:

$$c = \lambda \nu.$$

Bundan muhitda turli rangga ega bo'lgan nurlarning turli tezlik bilan tarqalishi kelib chiqadi. Agar muhitning nur sindirish ko'rsatkichi n ning yorug'likning vakuumdagi tarqalish tezligi c va muhitdagi tarqalish tezligi v bilan bog'liqligi (9-sinf dan eslang).

$$n = \frac{c}{v}$$

ni hisobga olinsa, muhitning nur sindirish ko'rsatkichi turli nurlar uchun turlicha bo'lishi kelib chiqadi.

Nur sindirish ko'rsatkichining yorug'lik to'liqin uzunligiga bog'liqligiga dispersiya deyiladi.

Bu dispersiyaga berilgan ikkinchi ta'rifdir. Bundan prizmadan o'tgan nurlar nima uchun turli burchakka og'ishi sababini tushunib olsa bo'ladi. Demak, qizil nurlarning har qanday muhitdagi tezligi, binafsha nurnikidan katta bo'ladi. Masalan, suvda $v_q = 228\,000$ km/s, $v_b = 227\,000$ km/s, uglerod sulfidida $v_q = 185\,000$ km/s, $v_b = 177\,000$ km/s. Vakuumda yorug'lik dispersiyasi bo'lmaydi, chunki unda hamma yorug'lik to'liqlari bir xil tezlik bilan tarqaladi.

1807-yilda ingliz fizigi Tomas Yung qizil, yashil va zangori ranglarni kombinatsiyalab, oq rangni olish mumkinligini isbotlaydi. Shuningdek, qizil, yashil va zangori ranglarni kombinatsiyalab, boshqa ranglarni olish mumkin (4.22-rasm).



4.22-rasm.

Qizil, yashil va zangori ranglarni Yung birlamchi nurlar deb ataydi. Shu birinchi ranglarning birortasini boshqa hech qanday ranglarning kombinatsiyasidan olish mumkin emas. Buni ekranga qizil, yashil va zangori rangli yorug'likni tushirib oson tekshirish mumkin. Barcha uchta rang birlashgan yoki qo'shilgan joyda oq rang hosil bo'ladi. Qizil rang bilan

zangori rang qo'shilganda—qoramtir; qizil va yashil rang qo'shilganda sariq rang yuzaga keladi. Hozirgi zamon televizorlarida va kompyuter ekranlarida rangli tasvir mana shu uchta rangning qo'shilishidan hosil qilinadi.

Turli yorug'lik manbalaridan chiqqan yorug'likni prizmadan o'tkazib ko'rsa, birortasi ham (lazerdan tashqari) monoxromatik, ya'ni aynan bitta chastotaga ega bo'lgan nurni chiqarmas ekan. Qizdirilgan moddalar ham o'ziga xos spektrdagi nurlarni chiqaradi. Ularning spektrini uch turga ajratish mumkin.

Tutash spektr. Quyosh spektri yoki cho'g'lanish tolali lampochkadan chiqqan yorug'lik tutash spektrga ega bo'ladi. Modda qattiq yoki suyuq holatda bo'lganida hamda kuchli siqilgan qazlar chiqargan yorug'lik tutash spektrga ega bo'ladi.

Polosali spektr. Ayrim bir-biri bilan bog'lanmagan yoki kuchsiz bog'langan molekularlar chiqargan yorug'lik polosa ko'rinishiga ega bo'ladi. Polosalar bir-biridan qorong'i yo'laklar bilan ajralgan bo'ladi.

Chiziqli spektrlar. Bunday spektrda bittagina chiziq bo'ladi. Bunday spektrni bir-biri bilan bog'lanmagan atomlar chiqaradi. Bir-biridan ajralgan atomlar bitta to'liq uzunligiga ega bo'lgan nurni chiqaradi.

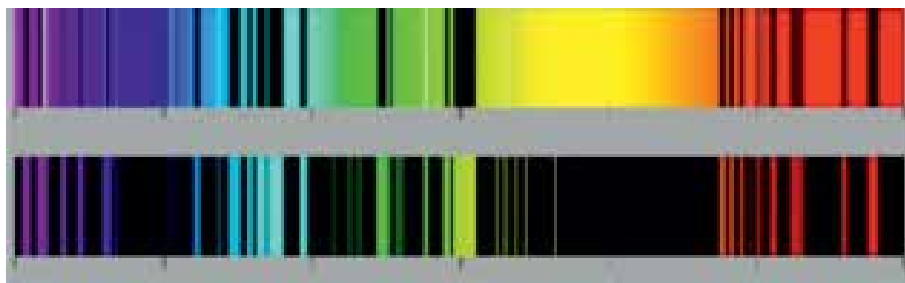
Yutilish spektrlari. Lampochkadan chiqayotgan yorug'lik yo'lga qizil shisha qo'yilsa, undan faqat qizil yorug'lik o'tadi va qolgan nurlar yutilib qoladi. Agar oq nurni, nurlanmayotgan gaz orqali o'tkazilsa, manbaning uzluksiz spektri fonida qora chiziqlar paydo bo'ladi. Bunga sabab, gaz ma'lum bir chastotali nurlarni yutib qolishidir. O'rganishlar shuni ko'rsatadiki, gaz qizigan paytida qanday chastotali nurlarni chiqarsa, shunday chastotali nurlarni yutar ekan.

Istalgan kimyoviy element o'ziga xos spektrga ega bo'ladi. Har bir odamning barmoq izlari faqat o'ziga xos bo'lganidek, bir element spektri boshqasini o'xshamaydi.

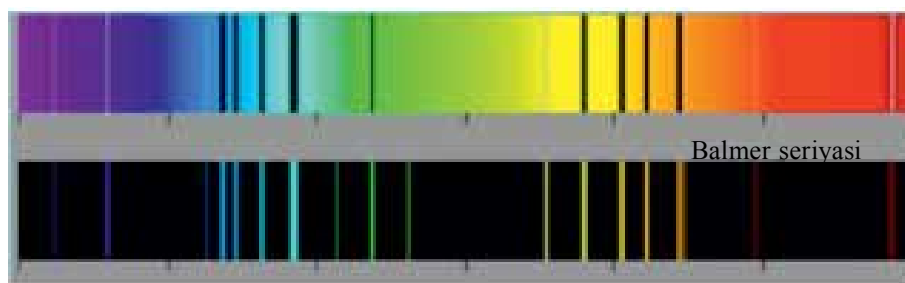
Mana shu xususiyatga ko'ra, moddaning kimyoviy tarkibini aniqlashga *spektral analiz* deyiladi. Bu juda sezgir usul bo'lib, tekshirish uchun zarur bo'lgan modda massasi 10^{-10} g dan ortmaydi.

Bunday analiz ko'proq sifat xarakteriga ega bo'ladi, ya'ni moddada qaysi element borligini aniq aytib berish mumkin. Lekin, uning qancha miqdorda bo'lishini aniqlash qiyin. Chunki, modda temperaturasi past bo'lganda ko'pgina spektral chiziqlar namoyon bo'lmaydi.

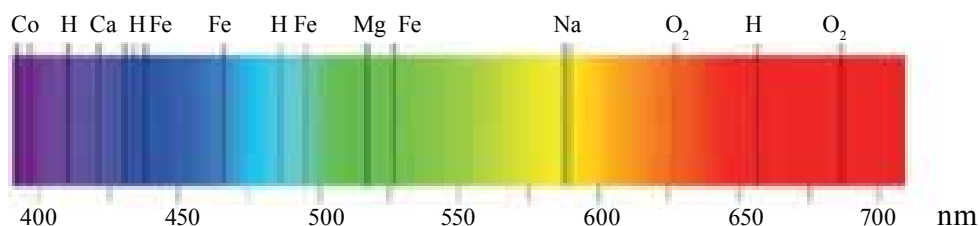
Hozirgi davrda barcha atomlarning spektri aniqlangan bo'lib, jadvali tuzib qo'yilgan (4.23-rasm). Spektral analiz usuli bilan rubidiy, seziy va boshqa ko'pgina elementlar ochilgan. Seziy so'zi "samoviy-havorang" degan ma'noni bildiradi.



Stronsiy elementining spektri



Rux elementining spektri



4.23-rasm.

Aynan spektral analiz yordamida Quyosh va yulduzlarning kimyoviy tarkibini aniqlash mumkin bo'ldi. Boshqa usullar bilan ularni aniqlab bo'lmaydi. Aytish joizki, geliy elementi dastlab quyoshda, keyinchalik Yer atmosferasida topilgan. Elementning nomi geliy "quyoshli" degan ma'noni bildiradi. Spektral analizni faqat nur chiqarish spektri orqali emas, balki yutulish spektri yordamida o'tkaziladi.

Masala yechish namunasi

1. Linzaning nur sindirish ko'rsatkichi qizil nur uchun 1,5 ga, binafsha nur uchun 1,52 ga teng. Linzaning ikkala tomoni bir xil egrilik radiusiga teng bo'lib, 1 m ga teng. Qizil va binafsha nurlar uchun linzaning fokus masofalari orasidagi farqni aniqlang.

Berilgan:	Formulasi:	Yechilishi:
$n_q = 1,5$	$\frac{1}{F} = (n-1) \frac{2}{R}$	$F_q = \frac{1}{2(1,5-1)} = 1 \text{ m.}$
$n_b = 1,52$		
$R = 1 \text{ m}$	$F = \frac{R}{2(n-1)}$	$F_d = \frac{1}{2(1,52-1)} = 0,961 \text{ m.}$
Topish kerak:	$\Delta F = F_q - F_b$	$\Delta F = 1 \text{ m} - 0,961 \text{ m} = 0,039 \text{ m}$
$\Delta F = ?$		Javobi: 3,9 sm.



1. Nima sababdan oq nur prizmadan o'tganda rangli nurlarga ajralib ketadi?
2. Nima sababdan deraza oynasi orqali o'tgan Quyosh nuri spektrga ajralmaydi?
3. Quyosh nuri suyuqlikdan o'tganda spektrga ajralishi mumkinmi?
4. Spektral analiz yordamida suyuqlikning tarkibini aniqlasa bo'ladimi?
5. Difraksiya tufayli hosil bo'lgan spektr bilan dispersiya spektri orasida qanday farq bor?

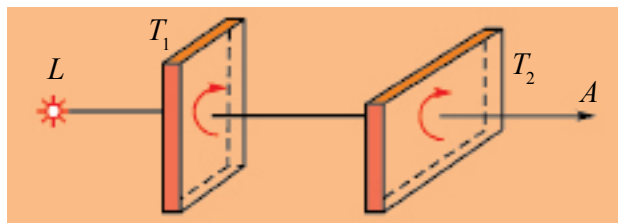
28-mavzu. YORUG'LIKNING QUTBLANISHI

Yorug'lik interferensiyasi va difraksiyasi hodisalari yorug'likning to'lqin tabiatiga ega ekanligini tasdiqladi. 10-sinf dan to'lqinlarning ikki turda: bo'ylama va ko'ndalang to'lqinlarga bo'linishi Sizlarga ma'lum. Bo'ylama to'lqinlarda muhit zarralarining tebranish yo'nalishi, to'lqinning tarqalish yo'nalishi bilan bir yo'nalishda bo'lishi, ko'ndalang to'lqinlarda esa ular o'zaro perpendikular bo'lishi ham Sizlarga ma'lum.

Uzoq vaqt davomida to'lqinlar optikasining asoschilari Yung va Frenel yorug'lik to'lqinlarini bo'ylama to'lqinlar deb hisoblashgan. Chunki bo'ylama mexanik to'lqinlar qattiq, suyuq va gazsimon muhitda tarqala oladi. Ko'ndalang mexanik to'lqinlar esa faqat qattiq jismlarda tarqala oladi. Lekin

ko'pgina o'tkazilgan tajribalarda yorug'lik to'lqinlarini, bo'ylama to'lqinlar deb qaralsa, tusuntirish mumkin emasligini ko'rsatdi. Shunday tajribalardan birini qaraylik.

Turmalin kristalidan uning kristall panjarasi o'qlaridan biriga parallel joylashgan tekislik boyicha plastina qirqib olingan bo'lsin. Bu plastinani yorug'lik nuriga perpendikular joylashtiraylik (4.24-rasm).



4.24-rasm.

Bu plastinani yorug'lik nuri yo'nalishida o'tgan o'q atrofida sekin aylantiraylik. Bunda turmalindan o'tgan yorug'lik intensivligida hech qanday o'zgarish bo'lmaganligini ko'ramiz. Tajribani T_1 plastinadan keyin yana shunday T_2 plastinani qo'yib takrorlaymiz. Bu safar T_1 plastinani tinch holda qoldirib, T_2 plastinani o'q atrofida sekin aylantiramiz. Bunda ikkala plastinadan o'tgan yorug'lik intensivligining o'zgara borganligini kuzatamiz. Yorug'lik intensivligi T_2 plastinaning T_1 ga nisbatan burilishiga qarab ma'lum bir maksimal qiymatidan to nolgacha kamayar ekan. O'rganishlar shuni ko'rsatadiki, agar ikkala plastinaning o'qlari parallel bo'lsa, o'tgan nurning intensivligi yuqori bo'ladi, perpendikular bo'lsa, nolga teng bo'ladi. Tajribalar shuni ko'rsatadiki, o'tgan yorug'likning intensivligi $\cos 2\alpha$ ga bog'liq bo'lar ekan.



4.25-rasm.

Bu hodisani tushuntirish uchun bo'ylama va ko'ndalang to'lqinlarning panjaradan o'tishini qaraylik (4.25-rasm).

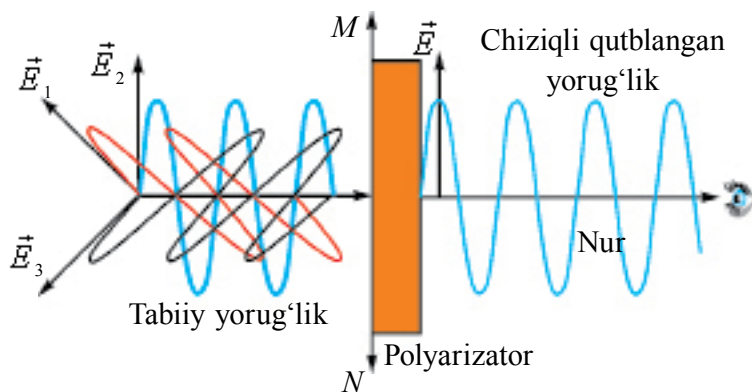
Arqon olib, uning bir uchini mahkamlaymiz. Ikkinchi uchini ikkita panjara tirqishlari orasidan o'tkazib silkitamiz. Bunda arqon bo'ylab ko'ndalang to'lqinlar hosil bo'ladi. Birinchi holda panjara yog'ochlari parallel bo'lganligi sababli arqondagi to'lqinlar ikkala panjaradan bema'lol o'tadi. Agar ikkinchi panjarani ko'ndalang

joylashtirilsa, undan to'liqin o'tmasdan so'nadi. Tajribani bo'ylama to'liqlar bilan o'tkazilsa, ular har ikkala panjaradan bemalol o'tganligini ko'rish mumkin.

Yorug'likning turmalin plastinkalari bilan kuzatilgan hodisalarni ko'ndalang mexanik to'liqlarning panjaralardan o'tishi bilan solishtirilsa, ularning o'xshash ekanligi kelib chiqadi. Bundan yorug'lik to'liqlari, ko'ndalang to'liqlar ekanligi kelib chiqadi.

4.25-rasmda birinchi panjarani ko'ndalang qo'yilsa, undan to'liqin o'tmaydi. Lekin yorug'likning turmalin plastinasidan o'tish tajribasida T_1 plastinasini o'z o'qi atrofida aylantirsak, undan yorug'lik o'tadi. T_2 ni aylantirilsa, yorug'lik intensivligi pasayib, nolga tushadi. Demak, yorug'lik T_1 dan o'tganda uning xossasi o'zgarib qolar ekan.

Buni quyidagicha tushuntirish mumkin. Yorug'lik chiqaruvchi manbadagi atomlar tartibsiz joylashganligi va bir vaqtda nur chiqarmaganligi sababli, ulardan chiqayotgan nurlar har tomonga tartibsiz tarqaladi. Shunga ko'ra, ularning elektr va magnit maydon kuchlanganlik vektorlarining yo'nalishlari ham tartibsiz bo'ladi. Ular T_1 plastinasiga tushganda kristall panjaradan ma'lum yo'nalishda orientatsiyalangan nurlar o'tadi (4.26-rasm).



4.26-rasm.

Demak, T_1 dan o'tgan nurlarning elektr va magnit maydon kuchlanganlik vektorlarining yo'nalishlari ham tartiblangan bo'ladi. Bu yorug'likni qutblangan yorug'lik deyiladi. Kuzatilgan hodisani *yorug'likning qutblanishi* deb ataladi. Yuqorida aytilganidek, T_2 plastinaga qutblangan yorug'lik tushadi. Undan o'tgan yorug'lik intensivligi Malyus qonini bilan aniqlanadi:

$$I = I_0 \cos^2 \varphi. \quad (4-9)$$

Yuqorida aytilganidek, yorug'lik ikkita o'zaro perpendikular tebranishlarning birga tarqalishidan yuzaga keladigan elektromagnit to'ldin iborat (4.8-rasm). Tarixiy sabablarga ko'ra, $\vec{E}$ elektr maydon kuchlanganlik vektorining tebranishlari yotadigan tekislik tebranishlar tekisligi deb, $\vec{H}$ magnit maydon kuchlanganlik vektorining tebranishlari yotadigan tekislik qutblanish tekisligi deb ataladi.

Tebranishlarning yo'nalishi biror tarzda tartiblangan *yorug'lik qutblangan yorug'lik* deb ataladi. Agar yorug'lik vektori ($\vec{E}$ vektor)ning tebranishlari hamma vaqt va faqat birgina tekislikda sodir bo'lsa, bunday yorug'likni yassi (yoki to'g'ri chiziqli) qutblangan yorug'lik deb ataladi.

Tabiiy yorug'likni qutblab beruvchi asboblarni polyarizator (qutblagich) lar deb ataladi. Ularni turmalin, island shpati kabi shaffof kristallardan tayyorlanadi. Yorug'likning qutblanish darajasini, qutblanish tekisligining vaziyatini aniqlash uchun ham polyarizatorlardan foydalaniladi. Bu o'rinda ularni analizatorlar deb ataladi. 4.24-rasmda keltirilgan T_1 plastina polyaroid, T_2 plastina analizator vazifasini o'taydi.

Turmushda yorug'lik qutblanishini faqat turmalin kristali emas, balki boshqa kristallar ham bajarishi ma'lum bo'ldi. Masalan, island shpati. Ularning qalinliklari 0,1 mm yoki undan ham kichik bo'lishi mumkin. Shunday plyonkani selluloudga yopishtirib, yuzu taxminan bir necha kvadrat detsimetr plastinka bo'ladigan polyarizator olinadi.

Qutblangan yorug'likdan texnikada sifatli rasmlar olish, eritmalardagi turli organik kislotalarning, oqsillarning va qandning konsentratsiyalarini aniqlash mumkin.



1. *Qutblangan yorug'lik, tabiiy yorug'likdan nimasi bilan farqlanadi?*
2. *Yorug'likning ko'ndalang to'ldinlardan iborat ekanligini qanday hodisalar tasdiqlaydi?*
3. *Analizator nimani analiz qiladi?*
4. *Nima sababdan polyaroiddan o'tgan yorug'likning intensivligi kamayadi?*
5. *Analizatoridan o'tgan yorug'lik intensivligi uning optik o'qqa nisbatan burilish burchagiga qanday bog'liq?*

29-mavzu. INFRAQIZIL NURLANISH. ULTRABINAFSHA NURLANISH. RENTGEN NURLANISH VA UNING TATBIQI

1800-yilda U.Hertzel Quyoshni tadqiq qilish jarayonida tekshiriladigan asboblarning Quyosh nurlari ta'sirida qizib ketishini kamaytirish yo'lini izlaydi. Temperaturani o'lchaydigan sezgir asbob yordamida Quyoshdan hosil qilingan spektrning turli ranglariga mos kelgan joylarining temperaturalarini o'lchaydi. Shunda u maksimum qizish, to'yingan qizil nurdan keyin, ko'rinmaydigan sohaga to'g'ri kelishini payqaydi. Ko'zga ko'rinmaydigan bu nurlar infraqizil nurlar deb ataldi. Shundan boshlab infraqizil nurlanishni o'rganish boshlandi.

Dastlab infraqizil nurlanishni laboratoriyada hosil qilish uchun qizdirilgan jismlar yoki gaz razryadlaridan foydalanilgan bo'lsa, keyinchalik maxsus lazerlardan foydalanildi.

Yoritilganlik bo'yicha xalqaro komissiya infraqizil nurlanishni uch guruhga bo'lishni tavsiya qiladi:

1. Yaqin infraqizil diapazon (NIR): 700 nm – 1400 nm;
2. O'rta infraqizil diapazon (MIR): 1400 nm – 3000 nm;
3. Uzoq infraqizil diapazon (FIR): 3000 nm – 1 mm.

Yaqin infraqizil nurlanishni qayd etish uchun maxsus fotoplastinkalardan foydalaniladi. Ularni tadqiq qilishda sezgirligi kengroq diapazonda ishlaydigan *fotoelektrik detektorlar* va fotorezistorlardan foydalaniladi. Uzoq infraqizil diapazondagi nurlanishni qayd etish uchun infraqizil nurlanishga sezgir detektor–bolometrlardan foydalaniladi.

Inson ko'zi infraqizil nurlarni ko'rmasa-da, boshqa jonivorlar bu diapazonda ko'ra oladi. Masalan, ayrim ilonlar ham ko'zga ko'rinadigan, ham infraqizil diapazonda ko'rish qobiliyatiga ega. Baliqlardan piranya va oltin baliq deb ataluvchi turlari ham infraqizil diapazonda ko'radi. Chaqadigan chivinlar ham infraqizil nurlar orqali ko'rib, tananing qonga eng to'yingan joyini topib qonni so'radi.

Infraqizil nurlardan texnikada va turmushda keng foydalaniladi. Kechasi ko'rish asboblari va kameralari, jismlar va tananing issiqlik termografiyasini olish, nishonni issiqlik nurlanishiga ko'ra topib borish, infraqizil isitgichlar, bo'yalgan sirtlarni quritish, uzoq kosmik obyektlarni tadqiq qilish,

molekulalarning spektrini o'rganish, qurilmalarni masofadan turib boshqarish (televizor, magnitofon, konditsioner pultlari) va shu kabilarda infraqizil nurlardan foydalaniladi.

Tibbiyotda fizioterapevtik davolashda, oziq-ovqatlarni sterelizatsiya qilishda, pullarning haqiqiyiligini tekshirishda ham ushbu nurlardan foydalaniladi.

Infraqizil nurlarning zararli tomoni ham bor. Temperaturasi yuqori bo'lgan manbalarga qaralganda ko'zning yoshlanish qobig'ini quritishi mumkin.

Infraqizil nurlar ochilganidan so'ng, ko'zga ko'rinadigan nurlar spektrining to'liq uzunligi kichik bo'lgan qismi yaqinini nemis fizigi I.V.Ritter o'rganishni boshlaydi. U 1801-yilda yorug'lik ta'sirida parchalanadigan kumush xloridning, spektrning binafsha qismidan keyin keladigan qismiga qo'yilsa, tezroq parchalanishini kuzatadi. Shunga binoan, Ritter va boshqa olimlar yorug'lik uchta alohida komponentdan: infraqizil, ko'zga ko'rinadigan va ultrabinafsha qismlardan tashkil topadi degan xulosaga keladilar.

Ultrabinafsha nurlarni ham shartli ravishda to'rt guruhga bo'lish tavsiya qilingan:

1. Yaqin ultrabinafsha diapazon (NUV): 400 nm–315 nm;
2. O'rta ultrabinafsha diapazon (MUV): 300 nm–200 nm;
3. Uzoq ultrabinafsha diapazon (FUV): 200 nm–122 nm.
4. Ekstremal ultrabinafsha diapazon (EUV): 121 nm–10 nm.

Ultrabinafsha nurlarning Yerdagi asosiy manbayi Quyosh hisoblanadi. Yer sirtiga yetib keladigan ultrabinafsha nurlarning miqdori atmosferadagi azonning konsentratsiyasiga, Quyoshning gorizontdan balandligiga, dengiz sathidan balandligiga, atmosferada sochilishiga, havoning bulutlilikiga bog'liq.

Ultrabinafsha nurlar inson terisiga ta'sir etib, uni qoraytiradi. Ko'pgina polimerlarning rangi o'chadi, yoriladi, ba'zan to'la parchalanib ketadi.

Ultrabinafsha nurlardan kundalik turmushda va texnikada keng foydalaniladi. Ultrabinafsha nurlardan xonalarni dezinfikatsilash, qalbaki hujjat va banknotlarni aniqlash, suv, havo va turli yuzalarni turli bakteriyalardan zararsizlantirish, kimyoviy reaksiyalarni jadallashtirish, minerallarni analiz qilish, hasharotlarni zararsizlantirishda va boshqalarda foydalaniladi.

Ultrabinafsha nurlarni maxsus lampalar orqali hosil qilinadi. Bu diapazonda ishlaydigan lazerlar ham bor.

Rentgen nurlari. 1895-yil 8-noyabrda Vilgelm Konrad Rentgen katod nurlarini o'rganayotib, katod-nurli trubkaning yaqinida turgan, ustki qismi bariy qatnashgan modda bilan qoplangan kartonning qorong'ilikda o'zidan nur chiqarishini kuzatadi. Rentgen bu nurlarni X-nurlar deb ataydi va keyingi bir necha hafta davomida uning xossalarini o'rganadi. O'rganish natijalarini 1895-yil 28-dekabrda "Nurning yangi tipi" haqida nomli maqolasini e'lon qiladi. Bundan 8 yil avval 1887-yilda Nikola Tesla rentgen nurlarini qayd etgan bo'lsa-da, bunga Teslaning o'zi ham, uning atrofidagilari ham jiddiy e'tibor bermadilar.

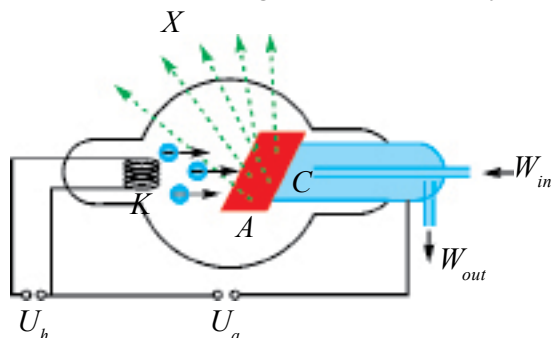
Rentgen foydalangan katod-nurli trubka Yi. Xittorf va V. Kruks tomonidan ishlab chiqilgan edi. Uni ishlatish jarayonida rentgen nurlari hosil bo'lgan. Buni H. Hertz va uning shogirdlari o'tkazgan tajribalarda fotoplastinkaning qorayishi orqali sezganlar. Lekin ulardan hech qaysi biri unga e'tibor bermaganlar va e'lon qilmaganlar. Shunga ko'ra Rentgen ularning ishini bilmagan va mustaqil ravishda yil davomida o'rganib natijasini uchta maqolasi orqali e'lon qilgan. 1901-yilda Rentgenga fizika bo'yicha birinchi Nobel mukofoti berildi.

Rentgen nurlari tezlashtirilgan zaryadli zarralarning keskin tormozlanishida hosil bo'ladi (4.27-rasm). *K* katod qizdirilganda undan termoelektron emissiya hodisasi tufayli elektronlar uchib chiqadi (10-sinf dan eslang). *A* anod kuchlanishi ta'sirida ular anodga tomon tezlanish bilan harakatlanadi. Anodga urilish davrida elektronlar keskin tormozlanadi va anoddan rentgen nurlari chiqadi. Urilish paytida elektronlarning 1% kinetik energiyasi rentgen nurlanishiga, 99% energiya issiqlikka aylanadi. Shunga ko'ra anod sovutilib turiladi.

Rentgen nurlari ham elektromagnit tebranishlari bo'lib, uning chastota diapazoni $2 \cdot 10^{15} \text{ Hz} \div 6 \cdot 10^{19} \text{ Hz}$ oralig'ida bo'ladi. To'lqin uzunligi bo'yicha $0,005 \text{ nm} \div 100 \text{ nm}$ oraliqda joylashgan (umum qabul qilingan diapazon yo'q).

Rentgen nurlari inson tanasidan bimalol o'tib ketadi. Shu bilan birga tana a'zolarining nurni turlicha yutishi tufayli ularning tasvirini olish mumkin (4.28-rasm). Kompyuter tomografiyalarida ichki organlarning hajmiy tasvirini ham olish mumkin. Ishlab chiqilgan turli narsalar (rekslar, payvandlangan choklar va h.k.)dagi defektlarni aniqlash rentgen defektoskopiyasi deyiladi. Materialshunoslik, kristallografiya, kimyo va biologiyada rentgen nurlari modda strukturasini atomar darajasida o'rganiladi. Bunga misol tariqasida DNK strukturasini o'rganishni keltirish mumkin. Aeroport va bojxona

xizmatlarida xavfsizlikka doir va man etilgan narsalarni aniqlashda ham rentgen nurlaridan foydalaniladi. Tibbiyotda tashxislash ishlaridan tashqari, davolashda ham rentgen nurlaridan foydalaniladi.



4.27-rasm.



4.28-rasm.



1. *Infraqizil nurlar qanday hosil bo'ladi? Ulardan qanday maqsadlarda foydalanish mumkin?*
2. *Ultrabinafsha nurlarning xossalari tushuntiring. Ulardan qanday maqsadlarda foydalaniladi.*
3. *Rentgen trubkasining tuzilishini va unda rentgen nurlari qanday hosil bo'lishini tushuntiring.*
4. *Rentgen nurlari qanday xossalarga ega? Ulardan qanday maqsadlarda foydalaniladi.*

30-mavzu. YORUG'LIK OQIMI. YORUG'LIK KUCHI. YORITILGANLIK QONUNI

Yorug'likning ko'zga yoki boshqa qabul qiluvchi qurilmalarga ta'siri, ushbu qabul qiluvchi qurilmalarga berilgan yorug'lik energiyasi bilan belgilanadi. Shu sababli yorug'likning energiyasi bilan bog'liq energetik kattaliklar bilan tanishamiz. Mazkur masalalarni o'rganadigan bo'lim **fotometriya** deb ataladi.

Fotometriyada ishlatiladigan kattaliklar yorug'lik energiyasini qabul qiluchi asboblarning nimani qayd eta olishlariga bog'liq holda olinadi.

1. Yorug'lik energiyasi oqimi. Yorug'lik manbayining o'lchamlarini juda kichik deb olaylik. Shunda undan ma'lum masofada joylashgan nuqtalarning o'rni sferik sirtini tashkil etadi deb qarash mumkin. Masalan, diametri 10 sm

bo'lgan lampa 100 m uzoqlikdagi yuzani yoritayotgan bo'lsa, bu lampani nuqtaviy yorug'lik deb qarash mumkin. Lekin yoritilayotgan yuzagacha bo'lgan masofa 50 sm bo'lsa, manbani nuqtaviy deb bo'lmaydi. Ularga tipik misol tariqasida yulduzlarni olish mumkin. Biror bir S sirtga t vaqtda

tushayotgan yorug'lik energiyasi W bo'lsin. **Vaqt birligi ichida biror bir yuzaga tushayotgan energiya miqdoriga yorug'lik energiyasi oqimi yoki nurlanish oqimi deyiladi.** Uni Φ harfi bilan belgilasak,

$$\Phi = \frac{W}{t} = P; \quad (4-9)$$

bunda: t yorug'lik tebranishlari davriga nisbatan ancha katta bo'lgan vaqt nazarda tutiladi. Nurlanish oqimi birligi SI sistemasida W (vatt) bilan o'lchanadi.

Ko'pgina o'lchashlarda (masalan, astronomik) faqat oqim emas, balki nurlanish oqimining sirt zichligi ahamiyatga ega. Nurlanish oqimining shu oqim o'tadigan yuzaga nisbati bilan o'lchanadigan kattalikka nurlanish oqimining sirt zichligi deyiladi:

$$I = \frac{\Phi}{S} = \frac{P}{S} = \frac{W}{St}. \quad (4-10)$$

Ko'pincha, bu kattalik **nurlanish intensivligi** deb ataladi. Uning birligi $1 \frac{W}{m^2}$.

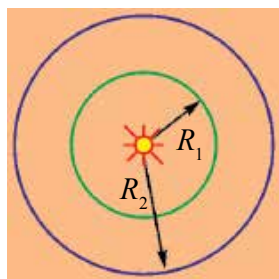
Geometriya kursidan fazoviy burchak tushunchasini eslaylik. Bunga misol qilib konusning uchidagi burchakni olish mumkin. Fazoviy burchakni o'lchash uchun shar segmenti sirti yuzasi (S_0)ning, markazi konus uchida bo'lgan sfera radiusi kvadrati (R^2)ga nisbati bilan o'lchanadigan kattalikka aytiladi:

$\Omega = \frac{S_0}{R^2}$. Fazoviy burchakning o'lchov birligi—steradian (sr). 1 sr—sfera yuzasidan tomoni sfera radiusiga teng bo'lgan kvadrat yuzasiga teng bo'lgan soha hosil qiladigan, bir uchi sfera markazida bo'lgan fazoviy burchak kattaligiga teng. Sfera sirtining yuzasini bilgan holda, nuqta atrofidagi to'la fazoviy burchakni aniqlash mumkin:

$$\Omega = \frac{4\pi R^2}{R^2} = 4\pi \text{ sr}.$$

Nurlanish intensivligining manbadan uzoqligiga va nur tushayotgan yuza bilan hosil qilgan burchagiga bog'liqligini qaraylik. Nur chiqayotgan nuqtaviy

manba radiuslari R_1 va R_2 bo'lgan ikkita konsentrik aylana markazida bo'lsin (4.29-rasm). Agar yorug'lik muhit tomonidan yutilmasa (masalan, vakuumda), vaqt birligi ichida birinchi sferadan o'tgan to'la energiya ikkinchi sfera yuzasidan o'tadi. Shunga ko'ra



4.29-rasm.

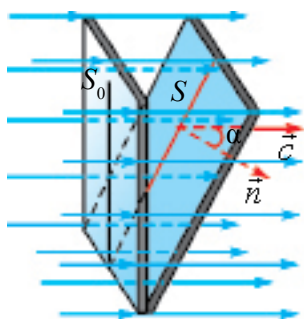
$$I_1 = \frac{W}{4\pi R_1^2 t} \text{ va } I_2 = \frac{W}{4\pi R_2^2 t};$$

bundan:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2^2}{R_1^2}. \quad (4-11)$$

Demak, nurlanish intensivligi masofa ortishi bilan kvadratik ravishda kamayib borar ekan.

Nur tushayotgan yuzaning qiyaligiga bog'liqligini aniqlash uchun 4.30-rasmdagi holatni qaraylik. Bunda to'lqin S_0 va S yuzadan bir xil miqdordagi energiyani olib o'tadi. Shunga ko'ra



4.30-rasm.

$$I_0 = \frac{W}{S_0 t} \text{ va } I = \frac{W}{S t}.$$

Ularning intensivliklari nisbati:

$$\frac{I}{I_0} = \frac{S_0}{S} = \cos \alpha. \quad (4-12)$$

Amaliyotda yorug'likning energetik xarakteristikasi bilan birgalikda ko'zga ko'rinadigan yorug'likni tavsiflaydigan fotometrik kattaliklar ishlatiladi. Fotometriyada, nurlanish intensivligi bilan bevosita bog'liq bo'lgan, yorug'lik oqimi deb ataluvchi subyektiv kattalik ishlatiladi. Yorug'lik oqimi Φ harfi bilan belgilanadi. Uning SI birliklar tizimidagi birligi **lyumen** (lm).

Istalgan yorug'lik manbayining muhim xarakteristikasi—bu yorug'lik kuchi I hisoblanadi. Uni yorug'lik oqimi Φ ni, fazoviy burchak Ω ga nisbati bilan aniqlanadi:

$$I = \frac{\Phi}{\Omega} \text{ yoki } I = \frac{\Phi}{4\pi}. \quad (4-13)$$

Yorug'lik kuchining birligi — **kandela** (kd) SI birliklar tizimining asosiy birligiga kiritilgan. 1 kd sifatida yuzasi $1/600000 \text{ m}^2$, temperaturasi platinaning qotish temperaturasiga teng, tashqi bosim 101325 Pa bo'lgan

holda, to'liq nurlantirgichdan perpendikular yo'nalishda chiqayotgan yorug'lik kuchi qabul qilingan. 1 kd ni qabul qilishda ishlatilgan yorug'likning vakuumdagi to'lqin uzunligi 555 nm ga teng bo'lib, inson ko'zining maksimal sezgirligiga to'g'ri keladi.

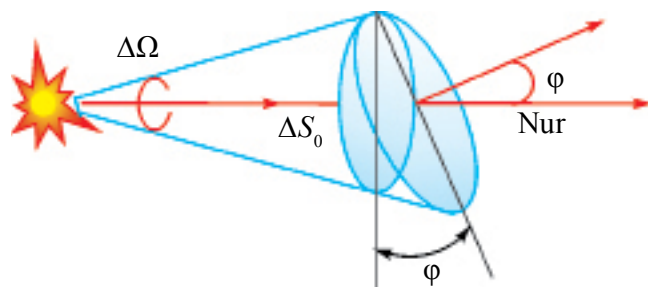
Qolgan barcha fotometrik birliklar kandela orqali ifodalanadi. Masalan, 1 lyumen, yorug'lik kuchi 1 kd bo'lgan nuqtaviy manbadan 1 sr fazoviy burchak ichida chiqqan yorug'lik oqimiga teng.

Yuza birligiga tushgan yorug'lik oqimiga yoritilganlik deyililadi:

$$E = \frac{\Phi}{S}. \quad (4-14)$$

Yoritilganlik SI birliklar tizimida **lyuks** (lx) da o'lchanadi. 1 m² yuzaga tekis taqsimlangan holda 1 lm yorug'lik oqimi tushsa, yuzaning yoritilganligi 1 lx ga teng bo'ladi.

Yoritilganlik qonunlari. Yuqorida aytilganidek, yuzaning yoritilganligi yorug'lik kuchiga to'g'ri proporsional. Lekin yoritilganlik faqat yorug'lik kuchiga bog'liq bo'lib qolmasdan, manba va yoritiladigan yuzagacha bo'lgan masofaga ham bog'liq. Yorug'lik manbayi sfera markazida joylashgan bo'lsin (4.31-rasm).



4.31-rasm.

Sferaning sirt yuzasi $4\pi R^2$ ga teng.

U holda to'la yorug'lik oqimi $\Phi = 4\pi I$ ga teng bo'ladi. Shunga ko'ra:

$$E = \frac{I}{R^2}. \quad (4-15)$$

Yuzaning yoritilganligi, manba yorug'lik kuchiga to'g'ri proporsional, masofaning kvadratiga teskari proporsional.

Ko'pgina hollarda yorug'lik oqimi yuzaga burchak ostida tushadi. Yorug'lik oqimi ΔS yuzaga φ burchak ostida tushayotgan bo'lsin. ΔS yuza, ΔS_0 yuza bilan quyidagicha bog'langan: $\Delta S_0 = \Delta S \cos \varphi$. U holda fazoviy burchak

$\Delta \Omega = \frac{\Delta S_0}{R^2} = \frac{\Delta S \cos \varphi}{R^2}$ bilan aniqlanadi. Undan berilgan yuzaning yoritilganligi

$$E = \frac{I}{R^2} \cos \varphi \quad (4-16)$$

bilan aniqlanadi.

Yuzaning yoritilganligi, manba yorug'lik kuchiga, yorug'lik nuri va yorug'lik oqimi tushayotgan yuzaga o'tkazilgan perpendikular orasidagi burchak kosinusiga to'g'ri proporsional, masofaning kvadratiga teskari proporsional.

Agar yuza bir nechta manba bilan yoritilgan bo'lsa, umumiy yoritilganlik har bir manba tomonidan yoritilganliklarning yig'indisiga teng bo'ladi.

Fotometrik kattaliklardan yana biri ravshanlik deb ataladi. **Ravshanlik deb, yorug'lik chiqayotgan yuza birligiga to'g'ri keladigan yorug'lik kuchiga** aytiladi:

$$B = \frac{I}{S}. \quad (4-17)$$

Ravshanlikning birligi $\frac{\text{kd}}{\text{m}^2}$. Bunda yorug'lik manbayi yuzasidan barcha yo'nalishda bir xil yorug'lik chiqadi deb qaraladi.

Ravshanlikka doir ba'zi ma'lumotlarni keltiramiz: Tush paytida Quyoshning ravshanligi $-1,65 \cdot 10^9 \text{ kd/m}^2$; gorizontga kelganida $-6 \cdot 10^9 \text{ kd/m}^2$; to'lin Oy diski -2500 kd/m^2 ; ochiq havoli kunduzgi osmon $-1500-4000 \text{ kd/m}^2$.

Masala yechish namunasi

1. Nuqtaviy manbaning yorug'lik kuchi 100 kd ga teng. Manbadan chiqayotgan to'la yorug'lik oqimini toping.

Berilgan:	Formulasi:	Yechilishi:
$I = 100 \text{ kd}$	$\Phi = 4\pi \cdot I$	$\Phi = 4 \cdot 3,14 \cdot 100 \text{ sr kd} = 1256 \text{ lm}$
Topish kerak:		
$\Phi = ?$		Javobi: 1256 lm.

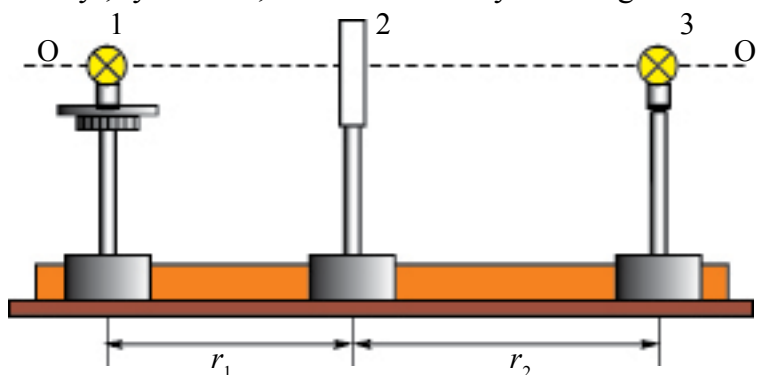


1. Energetik va fotometrik kattaliklar orasida qanday farq bor?
2. Nurlanish intensivligi deganda nimani tushunamiz?
3. Fotometriyaga doir qaysi birlik SI birliklar tizimining asosiy birligi hisoblanadi?
4. Ravshanlikka doir SI sistemasiga kirmagan birliklarni bilasizmi?
5. Yuzaning yoritilganligi unga tushayotgan nurning qiyaligiga qanday bog'liq?

31-mavzu. LABORATORIYA ISHI: YORITILGANLIKNING YORUG'LIK KUCHIGA BOG'LIQLIGI

Ishning maqsadi. Yoritilganlikning, yorug'lik manbai, yorug'lik kuchiga bo'liqligini eksperimental ravishda tekshirish.

Kerakli asbob va jihozlar. Yoritilganlik qonunlarini o'rganadigan qurilma, yorug'lik manbai, lyuksmetr, o'lchov tasmasi yoki chizg'ich.



4.32-rasm.

Ishning bajarilishi. Ishni bajarish qurilmasining chizmasi 4.32-rasmda keltirilgan.

Bunda 1- va 3-yorug'lik kuchi ma'lum bo'lgan cho'g'lanma tolali lampochkalar. 2-lyuksmetrning fotoelementi.

1. 1-lampochkani kuchlanishi o'zgartiriladigan tok manbayiga ulanadi. 2-lampochkani esa nominal kuchlanishli (lampochkaga yozilgan) tok manbayiga ulanadi. 1-lampochkadan lyuksmetrgacha bo'lgan r_1 masofa o'lchab olinadi. 1-lampochkaga 40 V kuchlanish beriladi. Lyuksmetrda uning hosil qilgan yoritilganligi (E_1) aniqlanadi. 1-lampochka o'chirilib, 2-lampochka yoqiladi. Lyuksmetr 2-lampochkaga qaratiladi r_2 masofa o'zgartirilib, lyuksmetr ko'rsatishi E_1 ga teng bo'lgan joyda qoldiriladi.

2. $\frac{I_1}{I_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$ formuladan $I_1 = I_2 \frac{r_2^2}{r_1^2}$, birinchi lampochkaning 40 V

kuchlanishdagi yorug'lik kuchi hisoblab topiladi. 1-lampochkaga berilgan kuchlanishni 80 V, 120 V, 160 V, 200 V ga o'zgartirib, unga mos kelgan E_2 , E_3 , E_4 va E_5 lar aniqlanib jadvalga yoziladi.

$$r_1 = \text{const.}$$

Tajriba t/r	1-lampochka kuchlanishi, V	r_2 , m	E , lx	I , kd
1.	40			
2.	80			
3.	120			
4.	160			
5.	200			

3. Tajriba natijalariga ko'ra, yoritilganlikning yorug'lik manbayi yorug'lik kuchiga bog'liqlik $E_e = f(I_e)$ grafigi tuziladi.

4*. 1-lampochkaga nominal kuchlanish berilib, 2-lampochka o'chiriladi. r_1 ni o'zgartirib, unga mos kelgan yoritilganlik, lyuksmetrdan yozib olinadi.

$E = f(r)$ grafigi tuziladi. Jadval va grafikdan $E \sim \frac{1}{r^2}$ munosabat o'rinli bo'lishi tekshiriladi.



1. Qanday yorug'lik manbalari, nuqtaviy yorug'lik manbalari deyiladi?

2. Siz o'tkazgan tajribada yorug'lik manbayini nuqtaviy deb hisoblasa bo'ladimi?

3. Lyuksmetr qanday asbob?

4. Tajribada ikkinchi lampochka qanday vazifani bajaradi?



$E = \frac{1}{r^2}$ formula orqali yoritilganlikni hisoblab toping va natijalariga ko'ra $E_n = f(I_n)$ grafikni tuzing. Ushbu grafikka eksperimentdan olingan $E_e = f(I_e)$ grafikni qo'yib, ularni taqqoslang.

4-mashq

1. To'lqin uzunligi 300 m elektromagnit to'lqinda tovush tebranishlarining bir davri davomida necha marta tebranish ro'y beradi? Tovush tebranishlarining chastotasi 10 kHz. (Javobi: 100).

2. Agar radiolokatoridan obyektga yuborilgan signal 400 μ s dan so'ng qaytib kelsa, obyekt radiolokatoridan qanday masofada joylashgan? (Javobi: 30 km).

3. Elektromagnit to'liqning tebranish chastotasi 15 MHz. Elektromagnit to'liq o'zining elektr va magnit vektorlari tebranishining 30 davriga teng vaqt oralig'ida qanday masofaga tarqaladi? (*Javobi:* 600 m).

4. Fazoda tebranish chastotasi 5 Hz bo'lgan to'liq 3 m/s tezlik bilan tarqalmoqda. Bir chiziq bo'ylab bir-biridan 20 sm uzoqlikda yotgan ikki nuqtaning fazalar farqini toping. (*Javobi:* 120°).

5. Induktiv g'altakda 1,2 s da tok kuchi 2 A ga o'zgarganda 0,4 mV induksiya EYuK hosil bo'ladi. Agar tebranish konturidagi havo kondensatori plastinkalarining yuzi 50 sm^2 , plastinalar orasidagi masofa 3 mm bo'lsa, ushbu tebranish konturi qanday to'liq uzunligiga moslangan? (*Javobi:* 112 m).

6. Tebranish konturi induktivligi 1 mH bo'lgan g'altak hamda sig'implari 500 pF va 200 pF bo'lgan va bir-biriga ketma-ket ulangan kondensatorlardan iborat. Tebranish konturi qanday to'liq uzunligiga moslangan? (*Javobi:* 712 m).

7. Vakuumda to'liq uzunligi $0,76 \text{ }\mu\text{m}$ bo'lgan yorug'lik nuri bilan suvning nur sindirish ko'rsatkichi o'lchanganda 1,329 ga teng bo'ldi, to'liq uzunligi $0,4 \text{ }\mu\text{m}$ bo'lgan yorug'lik nuri bilan suvning nur sindirish ko'rsatkichi o'lchanganda esa 1,344 ga teng bo'ldi. Bu nurlarning suvdagi tezliklarini aniqlang.

8. Qizil nurning suvdagi to'liq uzunligi, yashil nurning havodagi to'liq uzunligiga teng. Agar suv qizil nur bilan yoritilgan bo'lsa, suv tagidan qaragan odam qanday nurni ko'radi?

9. Nima sababdan qishning havo ochiq kunlarida daraxtlarning soyasi havorangda ko'rinadi?

10. Interferensiya hodisasi ikkita kogerent S_1 va S_2 manbalardan chiqqan yorug'lik vositasida ekranda kuzatilmoqda. Agar: A) yorug'lik manbalari orasidagi masofani o'zgartirmagan holda ekrandan uzoqlashtirilsa; B) ekran bilan ular orasidagi masofani o'zgartirmagan holda manbalarni bir-biriga yaqinlashtirilsa; D) manbalardan chiqayotgan yorug'lik to'liq uzunligi kamaytirilsa, interferension manzara qanday o'zgaradi?

11. Ikkita kogerent to'liq uchrashganda bir-birini susaytirishi mumkin. Bu to'liqlarning energiyasi qayoqqa "yo'qoladi"?

12. To'liq uzunligi λ bo'lgan yorug'lik, davri d bo'lgan difraksiya panjaraga α burchak ostida tushmoqda. Bunday hol uchun difraksiya formulasi qanday bo'ladi? (*Javobi:* $d(\sin\varphi - \sin\alpha) = k\lambda$).

13. Bir-biridan 30 mm masofada joylashgan ikkita kogerent manbadan to'liq uzunligi $5 \cdot 10^{-7}$ m bo'lgan yorug'lik chiqmoqda. Ekran ularning har biridan bir xil 4 m masofada joylashgan. Birinchi manba ro'parasida joylashgan nuqtada ikkita manbadan kelgan nurlar uchrashganda nima kuzatiladi? (*Javobi: max.*).

14. Yorug'lik kuchi 200 kd bo'lgan elektr lampochkadan chiqqan yorug'lik ishchi yuzaga 45° burchak ostida tushib, 141 lx yoritilganlikni hosil qiladi. Yorug'lik manbayi stoldan qanday balandlikda joylashgan? (*Javobi: 0,7 m.*).

15. Quyoshning gorizontdan balandligi 30° dan 45° ga ortdi. Yer sirtininig yoritilganligi necha marta o'zgardi? (*Javobi: 1,4.*).

16. Elektr yoritgich radiusi 10 sm, yorug'lik kuchi 100 kd bo'lgan shardan iborat. Manbaning to'la yorug'lik oqimini toping. (*Javobi: 1,6 klm.*).

17. Yuzasi 25 m² bo'lgan kvadrat shaklidagi xonaning o'rtasiga lampa osilgan. Lampa poldan qanday balandlikda osilsa, xona burchaklaridagi yoritilganlik maksimum bo'ladi?

18. Uncha chuqur bo'lmagan hovuzdagi sokin suv betiga poleroid orqali qarab, uni burib borilsa, poleroidning biror vaziyatida hovuz osti yaxshi ko'rinadi. Hodisani tushuntiring.

19. Inson ko'zining sezgirligi sariq-yashil nur uchun eng yuqori hisoblanadi. Unda nima sababdan xavfsizlik signali qizil rangda beriladi?

20. Nyuton halqalarini kuzatishda oq nur linzaning bosh optik o'qiga parallel holda tushmoqda. Linzaning egrilik radiusi 5 m. Kuzatish o'tayotgan nurda olib boriladi. To'rtinchi (to'liq uzunligi 400 nm) va uchinchi (to'liq uzunligi 630 nm) halqaning radiuslarini toping. (*Javobi: 2,8 mm; 3,1 mm.*).

21. Nima sababdan o'lchami 0,3 μm bo'lgan zarrani optik mikroskop yordamida ko'rib bo'lmaydi?

22. Qaysi holda choyni issiqroq holda ichish mumkin? Choyga qaymoqni solib, undan song bo'tqani yegandan keyin choy ichgandami yoki bo'tqani yeb bo'lib, so'ngra qaymoqni choyga solib ichgandami? Javobingizni asoslang.

23. Yung qurilmasida interferensiya maksimumlari oralig'ini toping. S_1 va S_2 tirqishlar orasidagi masofa d , tirqishlardan ekrangacha bo'lgan masoga L . Tushayotgan yorug'likning to'liq uzunligi λ .

IV BOBNI YAKUNLASH YUZASIDAN TEST SAVOLLARI

- Elektromagnit to'ldin nurlanishining oqim zichligi formulasini ko'rsating.**
A) $I = \frac{W}{s \Delta t}$; B) $\Phi = \frac{W}{t}$; C) $I = \frac{\Phi}{\Omega}$; D) $E = \frac{I}{R^2} \cos \varphi$.
- Gapni to'ldiring. Nur sindirish ko'rsatkichining yorug'lik to'ldin uzunligiga bog'liqligiga ... deyiladi.**
A) difraksiya; B) interferensiya;
C) dispersiya; D) qutblanish.
- Yoritilganlik formulasini ko'rsating.**
A) $I = \frac{W}{s \Delta t}$; B) $\Phi = \frac{W}{t}$; C) $I = \frac{\Phi}{\Omega}$; D) $E = \frac{I}{R^2} \cos \varphi$.
- Gapni to'ldiring. Yorug'lik chiqayotgan yuza birligiga to'g'ri keladigan yorug'lik kuchiga ... aytiladi.**
A) ...yorug'lik kuchi...; B) ...yorug'lik intensivligi...;
C) ... yorug'lik oqimi ...; D) ...ravshanlik... .
- Moddalar qanday holatda chiziqli spektrga ega bo'ladi?**
A) qattiq holatda; B) suyuq holatda;
C) siyraklashgan qaz holatda; D) har uchchala holatda.
- Quyidagi nurlanishlarning qaysi biri eng kichik to'ldin uzunligiga ega?**
A) infraqizil nurlar; B) ko'rinadigan nurlar;
C) ultrabinafsha nurlar; D) rentgen nurlari.
- Quyidagi hodisalardan qaysi biri yorug'likning ko'ndalang to'ldinlar ekanligini tasdiqlaydi?**
A) yorug'lik difraksiyasi; B) yorug'lik dispersiyasi;
C) yorug'lik interferensiyasi; D) yorug'likning qutblanishi.
- 1 mm da 1000 ta shtrixi bor bo'lgan difraksion panjaraning doimiysini aniqlang.**
A) 10; B) 2; C) 0,1; D) 1.
- Suvning nur sindirish ko'rsatkichi 1,33 ga teng. Yorug'likning suvdagi tezligini toping.**
A) 225000 km/s; B) 300000 km/s;
C) 150000 km/s; D) 398000 km/s.

10. Radiolokator 1 sekundda 2000 ta impuls yuboradi. Radiolokatorning maksimal “ko‘rish” uzoqligi necha km ga teng?
 A) 30; B) 150; C) 75; D) 300.
11. Nurlanish intensivligi qanday birlikda o‘lchanadi?
 A) $\frac{W}{m^2}$; B) W; C) $\frac{W}{s^2}$; D) J s.
12. Yorug‘likning vakuumdagi tezligi c , to‘lqin uzunligi λ ga teng. Yorug‘lik nur sindirish ko‘rsatkichi n bo‘lgan muhitga o‘tsa, bu parametrlar qanday o‘zgaradi?
 A) nc va $n\lambda$; B) c/n va $n\lambda$; C) c/n va λ/n ; D) nc va λ/n .
13. Prizmadan oq yorug‘lik o‘tganda spektrga ajralishi qanday hodisa tufayli ro‘y beradi?
 A) yorug‘lik interferensiyasi; B) yorug‘likning qaytishi;
 C) yorug‘lik difraksiyasi; D) yorug‘lik dispersiyasi.
14. $\frac{kd}{m^2}$ -birlik bilan qanday fizik kattalik o‘lchanadi?
 A) yorug‘lik kuchi; B) nur intensivligi;
 C) yoritilganlik; D) ravshanlik.
15. Panjara doimiysi $1,1 \mu m$ bo‘lgan difraksion panjaraga to‘lqin uzunligi $0,5 \mu m$ bo‘lgan yassi monoxromatik to‘lqin normal tushmoqda. Kuzatish mumkin bo‘lgan maksimumlar sonini toping.
 A) 4; B) 5; C) 7; D) 9.
16. Oq rang hosil qilish uchun qanday ranglarni kombinatsiyalab qo‘shish kerak?
 A) qizil, yashil va zangori; B) qizil, yashil va sariq;
 C) binafsha, yashil va zangori; D) havorang, yashil va zangori.
17. Zangori rangni hosil qilish uchun qanday ranglarni o‘zaro kombinatsiyalab qo‘shish kerak?
 A) qizil, yashil va ko‘k; B) qizil, yashil va sariq;
 C) binafsha, yashil va havorang;
 D) hech qaysi rangni qo‘shib zangori rangni hosil qilib bo‘lmaydi.
18. Yuzi $5 m^2$ bo‘lgan sirtga $0,02 lm$ yorug‘lik oqimi perpendikular tushmoqda. Sirtning yoritilganligi qancha?
 A) 20 lx; B) 30 lx; C) 40 lx; D) 50 lx.

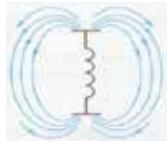
19. Qizil rang bilan zangori rang qo‘shilganda qanday rang hosil bo‘ladi?

- A) qoramtir; B) sariq; C) havorang; D) ko‘k.

20. Qizil va yashil rang qo‘shilganda qanday rang hosil bo‘ladi?

- A) qoramtir; B) sariq; C) havorang; D) ko‘k.

**IV bobda o‘rganilgan eng muhim tushuncha,
qoida va qonunlar**

Maksvell qipotezasi	Elektr maydonning har qanday o‘zgarishi uning atrofidagi fazoda uyurmaviy magnit maydonni hosil qiladi.
Hertz vibratori	Elektromagnit to‘lqinni hosil qilish uchun yupqa havo qatlami bilan ajratilgan diametri 10–30 sm bo‘lgan ikkita sharcha yoki silindrdan iborat.
Ochiq tebranish konturi	Elektromagnit tebranishlari fazoga to‘la tarqalib ketadigan tebranish konturi. Yopiq tebranish konturida kondensator qoplamalari bir-biridan uzoqlashtirib hosil qilinadi. 
Nurlanish	Elektromagnit to‘lqinlarning tarqalishi.
Elektromagnit to‘lqinlarning qaytishi	Metall jismlarga kelib urilgan elektromagnit to‘lqinlar qaytadi. Bunda qaytish qonunlari o‘rinli bo‘ladi.
Elektromagnit to‘lqinlarning sinishi	Elektromagnit to‘lqin ikki muhit chegarasidan o‘tganda sinadi. Bunda sinish qonuni bajariladi. $n_{21} = \frac{1}{2} = \sqrt{\frac{\epsilon_2}{\epsilon_1}}$. ϵ_1 va ϵ_2 – mos ravishda birinchi va ikkinchi muhitlarning dielektrik singdiruvchanliklari.
Elektromagnit to‘lqin uzunligi	Tebranishlar fazasi bir xil bo‘lgan, bir-biriga eng yaqin turgan ikki nuqta orasidagi masofa. $\lambda = \frac{c}{\nu}$.
Elektromagnit to‘lqin nurlanishi-ning oqim zichligi yoki to‘lqin intensivligi	To‘lqinning tarqalish yo‘nalishiga perpendikular yo‘nalishda joylashgan S yuzali sirtidan Δt vaqtda o‘tuvchi W elektromagnit energiyasining sirt yuzi bilan energiya-ning o‘tish vaqti ko‘paytmasiga bo‘lgan nisbati: $I = \frac{W}{s \Delta t}$
Radioaloqa	Xabarlarni elektromagnit to‘lqinlar vositasida almashinish.
Radiouzatgich	Xabarlarni elektromagnit to‘lqinlar vositasida yuborish.

Radiopriyomnik	Elektromagnit to‘lqinlar vositasida kelgan xabarni qabul qiluvchi qurilma.
Mikrofon	Tovush tebranishlarini elektr tebranishlariga aylantiruvchi asbob.
Modulyatsiya	Past chastotali elektr tebranishlarini yuqori chastotali elektr tebranishlariga qo‘shib yuborish.
Kirish konturi	Ko‘plab radiostansiyalar ichidan keraklisini tanlab oluvchi tebranish konturi.
Detektorlash	Yuqori chastotali tebranishlarga qo‘shib yuborilgan past chastotali tebranishlarni ajratib olish .
Videokamera	Yorug‘lik signallarini (tasvir) elektr signallariga aylantiruvchi qurilma.
Kogerent to‘lqinlar	Chastotalari teng va fazalar farqi o‘zgarmas bo‘lgan to‘lqinlar.
To‘lqinlar interferensiyasi	Kogerent to‘lqinlarning uchrashganda bir-birini kuchaytirishi yoki susaytirishi hodisasi. $\Delta d = 2k \frac{\lambda}{2}$ ($k=0, 1, 2, \dots$) da kuchaytiradi, $\Delta d = (2k+1) \frac{\lambda}{2}$ da susaytiradi.
To‘lqinlar difraksiyasi	To‘lqinning o‘z yo‘lida uchragan to‘siqni aylanib o‘tishi. Bunda to‘siqning o‘lchami unga tushayotgan to‘lqin uzunligidan kichik bo‘lishi kerak.
Difraksion panjara	Yorug‘lik difraksiyasi kuzatiladigan ko‘p sonli to‘siq va tirqishlar yig‘indisi.
Difraksion panjarada difraksiya hodisasi	$d \sin \varphi = n \lambda$ d – panjara doimiysi; φ – difraksiyalangan nur burchagi; n – spektr tartibi; λ – to‘lqin uzunligi.
Yorug‘lik dispersiyasi	Oq yorug‘likning prizmadan o‘tib, yettita rangga ajralishi: <i>qizil, zarg‘aldoq, sariq, yashil, zangori, ko‘k va binafsha</i> ; yoki nur sindirish ko‘rsatkichining yorug‘lik to‘lqin uzunligiga bog‘liqligi.
Spektr	Yorug‘lik nuri biror-bir sindiruvchi muhitdan o‘tganda hosil bo‘lgan rangli polosalar to‘plami.
Chiqarish spektrlari	Moddalar qizdirilganda chiqadigan spektr. Tutash, polosali va chiziqli ko‘rinishda bo‘ladi.
Yutilish spektrlari	Moddaning faqat o‘zining xossasiga mos bo‘lgan nurni yutishidan hosil bo‘lgan spektr.

Spektral analiz	Moddaning chiqarish yoki yutilish spektrlariga ko'ra uning tarkibini aniqlash.
Yorug'likning qutblanishi	Yorug'likning turmalin plastinasidan o'tganida elektr va magnit maydon kuchlanganlik vektorlarining yo'nalishlari tartiblangan holga o'tishi.
Malyus qonini	$I = I_0 \cos^2 \varphi$. Qutblangan yorug'likning analizatordan o'tgan-dagi intensivligi.
Analizator	Yorug'likning qutblanganligini aniqlovchi asbob.
Polyarizator (qutblagich)	Tabiiy yorug'likni qutblab beruvchi asbob.
Infraqizil nurlar	Vakuumda to'lqin uzunligi 700 nm – 1 mm oraliqda bo'lgan elektromagnit to'lqinlar.
Ultrabinafsha nurlar	Vakuumda to'lqin uzunligi 122 nm – 400 nm oraliqda bo'lgan elektromagnit tebranishlar.
Rentgen nurlari	Vakuumda to'lqin uzunligi 0,005 nm ÷ 100 nm oraliqda bo'lgan elektromagnit to'lqinlari.
Nurlanish oqimi	Vaqt birligi ichida biror-bir yuzaga tushayotgan energiya miqdori: $\Phi = \frac{W}{t}$.
Nurlanish intensivligi	Nurlanish oqimining shu oqim o'tadigan yuzaga nisbati. $I = \frac{\Phi}{S}$. Birligi – $\frac{W}{m^2}$.
Yorug'lik kuchi	Yorug'lik oqimi Φ ni, shu yorug'lik chiqayotgan fazoviy burchak Ω ga nisbati. Birligi – kandela (kd). SI birliklar tizimining asosiy birligi. 1 kd sifatida yuzasi $1/600000 m^2$, temperaturasi platinaning qotish temperaturasiga teng, tashqi bosim 101325 Pa bo'lgan holda, to'liq nurlantirgichdan perpendikular yo'nalishda chiqayotgan yorug'lik kuchi qabul qilingan.
Yoritilganlik	Yuza birligiga tushgan yorug'lik oqimi. Birligi – lyuks (lx). $E = \frac{I}{R^2} \cos \varphi$ – yoritilganlik qonuni.
Ravshanlik	Yorug'lik chiqayotgan yuza birligiga to'g'ri keladigan yorug'lik kuchi. $B = \frac{I}{S}$. Birligi – $\frac{kd}{m^2}$.

V bob. NISBIYLIK NAZARIYASI

32-mavzu. MAXSUS NISBIYLIK NAZARIYASI ASOSLARI. TEZLIKLARNI QO'SHISHNING RELYATIVISTIK QONUNI

Maxsus nisbiylik nazariyasi 1905-yilda **A. Eynshteyn** tomonidan yaratilgan bo'lib, u fazo va vaqt to'g'risidagi eski mumtoz tasavvurlar o'rniga kelgan yangi ta'limotdir.

Ma'lumki, mexanika–Nyuton mexanikasi bo'lib, jismlarning harakati kichik tezliklarda, ya'ni $\ll c$ hollarda o'rganiladi $c \approx 3 \cdot 10^8$ m/s. Bunda barcha sanoq sistemalarida yagona vaqt yoki vaqt sanog'i qabul qilinadi. Mumtoz mexanikada Galileyning nisbiylik tamoyili asos qilib olingan, ya'ni dinamika qonunlari barcha inersial sanoq sistemalarida bir xilda bajariladi.

Galiley almashtirishlarining mohiyatini eslaylik. U ikki bir-biriga nisbatan tezlik bilan harakatlanayotgan K va K' inersial sanoq sistemalariga nisbatan harakatlanayotgan jismning koordinatasi va tezliklarini hisoblashga imkon beradi.

Hususiyl holda K' sanoq sistemasi K sanoq sistemasining X o'qi bo'ylab harakat qilsin (5.1-rasm). U holda qo'zg'almas sanoq sistemasi K ga nisbatan Galiley almashtirishlari quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$x = x' + vt', \quad y = y', \quad z = z', \quad t = t'. \quad (5-1)$$

Boshlang'ich holda ($t=0$), har ikkala sistemaning o'qlari ustma-ust joylashadi.

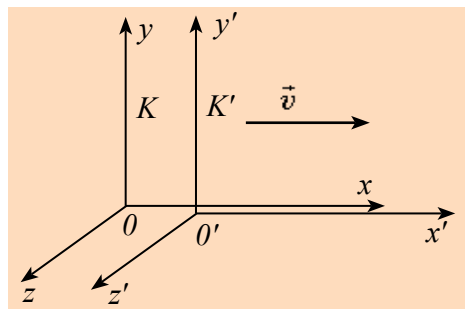
Galiley almashtirishlariga binoan bir sanoq sistemasidan ikkinchi sanoq sistemasiga o'tgandagi tezliklar

$$v_x = v_x' + v, \quad v_y = v_y', \quad v_z = v_z'. \quad (5-2)$$

Jismning tezlanishlari esa barcha sanoq sistemalarida bir xil ekan:

$$a_x = a'_x, \quad a_y = a'_y, \quad a_z = a'_z. \quad (5-3)$$

Demak, mumtoz mexanikadagi Nyutonning ikkinchi qonuni $\vec{F} = m\vec{a}$ bir inersial sanoq sistemasidan ikkinchi sanoq sistemasiga o'tganda o'z shaklini saqlaydi.



5.1-rasm.

Maksvell nazariyasiga asosan elektromagnit to'qlinlarning tarqalish tezligi barcha inersial sanoq sistemalarida bir xil bo'lib, u yorug'likning vakuumdagi tezligiga teng.

Yorug'likning tezligi esa, sanoq sistemalari yoki sanoq jism (yorug'likni qaytaruvchi ko'zgular) harakat tezliklariga bog'liq emasligi A. Maykelson va E. Morli tomonidan ham tajribada isbotlandi.

Bundan kelib chiqadiki, elektromagnit to'qlinlar (xususiyl holda yorug'lik) ning tarqalish tenglamasi Galiley almashtirishlariga invariant, ya'ni inersial sistemaning tanlanishiga bog'liq. Agar elektromagnit to'qlin yuqorida zikr etilgan K' sanoq sistemasida c tezlik bilan tarqalayotgan bo'lsa, uning K sanoq sistemasidagi tezligi $+c$ bo'lishi kerak, lekin c emas!

Bunday qarama-qarshilikka A.Eynshteyn barham berdi. U fazo va vaqt to'g'risidagi mumtoz tasavvurdan voz kechdi. Norelativistik (mumtoz) fizikada absolut deb hisoblangan fizik kattaliklarni, shu jumladan vaqtni relativistik (inglizcha *relativity*—nisbiylik) fizikada nisbiy kattaliklar deb qabul qildi va o'zining nisbiylik nazariyasini taklif qildi.

Nisbiylik nazariyasi yorug'lik tezligidan kichik, ammo unga yaqin bo'lgan tezlik bilan harakatlanayotgan jismlarning harakat qonunlarini o'z ichiga oluvchi mexanika qonunlarining majmuasidan iborat bo'lib, uni "relyativistik mexanika" deb ataldi. Eynshteynning maxsus nisbiylik nazariyasi asosini ikkita postulat tashkil etadi:

1. Yorug'lik tezligining doimiylik tamoyili: yorug'likning vakuumdagi tezligi barcha inersial sanoq sistemalarida bir xil va doimiy bo'lib, manbalarining hamda qayd qiluvchi asboblarning harakatiga bog'liq emas.

2. Eynshteynning nisbiylik tamoyili: barcha fizik qonunlar va jarayonlar barcha inersial sistemalarda bir xilda sodir bo'ladi. Demak, barcha fizika qonunlari hamma inersial sanoq sistemalarda bir xil shaklga (ko'rinishga) ega.

Eynshteyn postulatları va u asosida o'tkazilgan matematik tahlillar Galiley almashtirishlarining relyativistik hollar uchun to'g'ri kelmasligini ko'rsatdi. Bu holda Lorens almashtirishlari o'rinli ekan. Bu almashtirishlar yorug'lik tezligiga yaqin bo'lgan bir inersial sanoq sistemasidan ikkinchi sanoq sistemasiga o'tgandagi barcha relyativistik effektlarni tushuntirib beradi hamda kichik tezliklar ($\ll c$) da Galiley almashtirishlari formulasiga o'tadi. **Shunday qilib, nisbiylik nazariyasi mumtoz Nyuton mexanikasini rad etmaydi, balki uning qo'llanilish chegarasini aniqlab beradi.**

Koordinata va vaqtni almashtirishning kinematik formulalari maxsus nisbiylik nazariyasida Lorens almashtirishlari deb atalib, u 1904-yilda tavsiya etilgan. Bu almashtirishlar elektrodinamika tenglamalari uchun ham invariantdir.

5.1-rasmda ko'rilgan sanoq sistemalari uchun, Lorens almashtirishlari quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$K' \rightarrow K$	$K \rightarrow K'$
$x = \frac{x' + vt'}{\sqrt{1 - \beta^2}}$ $y = y'$ $z = z'$ $t = \frac{t' + vx'/c^2}{\sqrt{1 - \beta^2}}$	$x' = \frac{x + vt}{\sqrt{1 - \beta^2}}$ $y' = y$ $z' = z$ $t' = \frac{t + vx/c^2}{\sqrt{1 - \beta^2}}$
$\beta = v/c$	

Tezliklarni qo'shishning relyativistik qonuni. Lorens almashtirishlaridan fazo va vaqt xususiyatlariga oid qator muhim natijalar va xulosalar kelib chiqadi. Ulardan birinchisi vaqtning relyativistik sekinlashish effektidir.

Faraz qilaylik, K' sistema X' nuqtasida $\tau_0 = t'_2 - t'_1$ vaqt oralig'ida davriy jarayon ro'y bersin. Bu yerda: t'_2 va t'_1 lar K' sanoq sistemasidagi soatning ko'rsatishlari.

Bu jarayonni K sanoq sistemasida ro'y berish davri $\tau = t_2 - t_1$ ga teng bo'ladi. t_2 va t_1 vaqtlarni Lorens almashtirishlaridan foydalanib, ifodalarini yozsak:

$$\tau = \frac{t'_2 + \frac{vx'_2}{c^2}}{\sqrt{1 - \beta^2}} - \frac{t'_1 + \frac{vx'_1}{c^2}}{\sqrt{1 - \beta^2}} = \frac{t'_2 - t'_1}{\sqrt{1 - \beta^2}} = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \beta^2}};$$

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1-\beta^2}}.$$

Demak, $\tau > \tau_0$, ya'ni qo'zg'almas sanoq sistemasiga nisbatan harakatlanayotgan sistemada vaqtning o'tishi sekinlashadi.

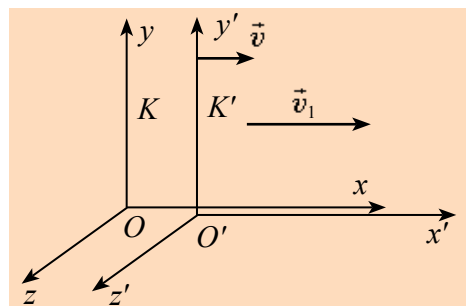
Xuddi shu tamoyilga asosan uzunlikning relyativistik kamayishini isbot qilish mumkin.

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = l_0 \sqrt{1 - \beta^2} \text{ ga teng bo'ladi.}$$

Bunda: l_0 va l – sterjenning qo'zg'almas va harakatlanayotgan sanoq sistemasidagi uzunliklari.

Shunday qilib, kuzatuvchiga nisbatan harakatlanayotgan jismning chiziqli o'lchami qisqaradi. Bu relyativistik effekt Lorens uzunlik qisqarishi deb ataladi. Lorens almashtirishlaridan kelib chiqadigan muhim natijalardan biri tezliklarni qo'shishning relyativistik qonunidir.

Faraz qilaylik, jism qo'zg'aluvchan sanoq sistemasi K' da x' o'qi bo'ylab v_1 tezlik bilan harakatlansin. K' sanoq sistemasi, o'z navbatida, qo'zg'almas sanoq sistemasiga nisbatan v tezlik bilan harakatlansin. Harakat davomida x va x' o'qlari mos tushsin, y va y' , z va z' o'qlari o'zaro parallel vaziyatda bo'lsin (5.2-rasm).



5.2-rasm.

Jismning K' sanoq sistemasiga nisbatan tezligi v_1 va K sanoq sistemasiga nisbatan tezligi v_2 bo'lsa, u holda tezliklarni qo'shishning relyativistik qonuni quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$v_2 = \frac{v_1 + v}{1 - \frac{v_1 \cdot v}{c^2}}. \quad (5-5)$$

Agar tezliklar yorug'lik tezligiga nisbatan juda kichik bo'lsa, ya'ni $v \ll c$ va $v_1 \ll c$, u holda $\frac{v_1 + v}{c^2}$ hadni hisobga olmasak ham bo'ladi $\frac{v_1 \cdot v}{c^2} \approx 0$. U holda, yuqoridagi tezliklarni relyativistik qo'shish qonuni klassik mexanikadagi tezliklarni qo'shish qonuniga aylanadi.

$$v_2 = v_1 +$$

Agar $v_1 = c$ bo'lsa, u holda Eynshteyn postulatlariga binoan $v_2 = c$ bo'lishi kerak. Haqiqatan ham:

$$v_2 = \frac{c + v}{1 + \frac{c \cdot v}{c^2}} = c \frac{c + v}{c + v} = c.$$



1. Galiley almashtirishlarini tushuntiring.
2. Nisbiylik nazariyasi postulatlarini ta'riflang va ularning mohiyatini tushuntiring.
3. Uzunlik nisbiyligi va uning Lorens qisqarishini tushuntiring.
4. Vaqt intervalining nisbiyligi va vaqt relyativistik sekinlashishini tushuntiring.

33-mavzu. MASSANING TEZLIKKA BOG'LIQLIGI. RELYATIVISTIK DINAMIKA. MASSA BILAN ENERGIYANING O'ZARO BOG'LIQLIK QONUNI

Eynshteynning nisbiylik tamoyili tabiatning barcha qonunlarini bir inersial sanoq sistemadan boshqa sanoq sistemasiga o'tganda invariantligini ta'minlaydi. Bu degani barcha tabiat qonunlarini ifodalovchi tenglamalar Lorens almashtirishlariga nisbatan invariant bo'lishi kerak. Lekin, Nyuton mexanikasining tenglamalari Lorens almashtirishlariga invariant emas ekan.

Kichik tezliklarda Nyutonning ikkinchi qonuni $m\vec{a} = m \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \vec{F}$ ko'rinishda yozilar edi. Agar $m\vec{v} = \vec{p}$ jismning impulsi desak, u holda $m\Delta\vec{v} = \Delta\vec{p}$ jism

impulsining o'zgarishi bo'lgani uchun $\vec{F} = \frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t}$ deb yozish mumkin edi. Bu

formulalarda, xususan, $m\vec{v} = \vec{p}$ da massa doimiy deb qaralar edi. Shunisi ajoyib ediki, katta tezliklarda ham bu tenglama o'z shaklini o'zgartirmas ekan. Katta tezliklarda faqat massa o'zgarar ekan. Agar tinch turgan jism massasi m_0 bo'lsa, uning tezlik bilan harakatlanayotgandagi massasi m quyidagi formula bo'yicha aniqlanar ekan:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\beta^2}} \text{ va } \beta = \frac{v}{c}. \quad (5-6)$$

5.3-rasmda massaning tezlikka bog'liqlik grafigi keltirilgan. Jismning tezligi $\vec{v}$ yorug'lik tezligidan juda kichik bo'lganida, $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$ had birdan juda kam farq qiladi va $m \approx m_0$ bo'ladi.

Shunday qilib, Nyuton tavsiflagan jismning massasi va impulsi tezlikka bog'liq ekan.

Relyativistik mexanikada energiyaning saqlanish qonuni xuddi mumtoz mexanikadagi kabi bajariladi. Jismning kinetik energiyasi E_k uning tezligini o'zgartirishi

yoki tezlik berish uchun tashqi kuchlarning bajargan ishiga teng, ya'ni $\Delta E_k = E_k = A$. Kinetik energiya $\Delta E_k = \frac{1}{2} m^2$ ga ortganda uning massasi $\Delta m = m - m_0$ ga o'zgarganda, u $\Delta m = \frac{\Delta E_k}{c^2}$ ga teng bo'ladi. Jismning umumiy

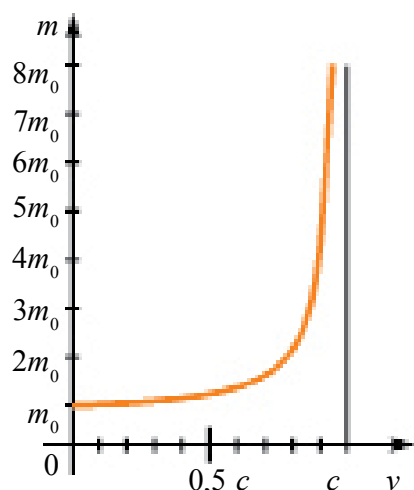
energiyasi ifodasini nisbiylik nazariyasiga asosan Eynshteyn quyidagi ko'rinishini keltirib chiqardi:

$$E = mc^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}. \quad (5-7)$$

Demak, relyativistik mexanikada jism yoki jismlar sistemasining to'la energiyasi uning harakatdagi massasi m bilan yorug'lik tezligi kvadrati ko'paytmasiga teng ekan. Bu Eynshteyn formulasi bo'lib, massa va energiyaning o'zaro bog'lanish qonuni deb ataladi.

Jismning to'la energiyasi $E = mc^2 + E_k$ teng bo'lib, bu yerda E_k – jismning odatdagi kinetik energiyasi, $E_0 = m_0 c^2$ esa, jismning tinchlikdagi energiyasi.

Tinchlikda massaga ega bo'lgan zarralar, tinchlikdagi massasi $m_0 = 0$ bo'lgan zarraga aylanganda, uning tinchlikdagi energiyasi yangi paydo bo'lgan zarraning kinetik energiyasiga aylanadi. Bu esa zarra yoki jismning tinchlikdagi energiyasi mavjudligining amaliy isbotidir.



5.3-rasm.

Nisbiylik nazariyasida jismning kinetik energiyasi quyidagicha aniqlanadi:

$$E_k = E - E_0 = mc^2 - m_0c^2 = \frac{m_0c^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} - m_0c^2 = m_0c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right). \quad (5-8)$$

$$p = \frac{m_0v}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \text{ va } E = \frac{m_0c^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \text{ formulalardan energiya bilan impuls orasidagi}$$

bog'lanishni aniqlash mumkin. Bu formulani quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$\left(\frac{p}{m_0c} \right)^2 = \frac{\frac{v^2}{c^2}}{1-\frac{v^2}{c^2}}; \left(\frac{E}{m_0c^2} \right)^2 = \frac{1}{1-\frac{v^2}{c^2}}. \quad (5-9)$$

Bu tenglamalardan $E^2 = (m_0c^2)^2 + (p \cdot c)^2$ formulani keltirib chiqarish mumkin. Bundan yana bir marta xulosa kelib chiqadi. Agar jism yoki zarra tinch holda bo'lsa, uning impulsi $p=0$ teng va u holda to'la energiya $E^2 = E_0^2 = (m_0c^2)^2$ tinchlikdagi energiyaga teng bo'ladi.

Bu formuladan zarra massaga ega bo'lmasa ham, ($m_0=0$) u energiya va impuls ega bo'lishi mumkinligini ko'rsatadi, ya'ni $E=p \cdot c$. Bunday zarralar massasiz zarralar deyiladi.

Bunday zarralarga misol qilib fotonni keltirishimiz mumkin va uning tinchlikdagi massasi nolga teng, lekin u impuls ega ham, energiyaga ham ega. Massasiz zarralar tinch holda mavjud emas va ular barcha inersial sanoq sistemalarida chegaraviy tezlik c bilan harakatlanadi.



1. *Dinamikaning asosiy qonuni relyativistik mexanika uchun qanday ifodalanadi?*
2. *Massa bilan energiya orasidagi bog'lanish qonunining relyativistik formulasi va uni ta'riflang.*
3. *Tinchlikdagi energiya formulasi va uni tavsiflang.*

Masala yechish namunasi

1. Ikkita kosmik kema Yerdan qarama-qarshi tomonga harakat qilmoqda va ularning har birining Yerga nisbatan tezligi $0,5 c$ ga teng. Birinchi kemaning ikkinchi kemaga nisbatan tezligi qanday?

Berilgan:	Formulasi:	Yechilishi:
$=0,5\ c$ $=-0,5\ c$	$= \frac{v_1 - v_2}{1 - \frac{v_1 \cdot v_2}{c^2}}$	$_{\text{nis}} = \frac{0,5\ c - (-0,5\ c)}{1 - \frac{0,5\ c \cdot (-0,5\ c)}{c^2}} = \frac{c}{1,25} = 0,8\ c.$
Topish kerak:		Javobi: 0,8 c.
$_{\text{nis}} = ?$		

5-mashq

1. Qaysi biri ko'p energiyaga ega: 1 kg suv (E_1), 1 kg ko'mir (E_2) yoki 1 kg benzin (E_3)? (Javobi: $E_1 = E_2 = E_3$).

2. m massali ko'mir qanday energiyaga ega (c –yorug'lik tezligi, λ –solishtirma erish issiqligi, q –solishtirma yonish issiqligi). (Javobi: mc^2).

3. 0,6 s tezlik bilan harakatlanayotgan zarraning kinetik energiyasi uning tinchlikdagi energiyasidan necha marta kichik? (Javobi: 4 marta).

4. Zarraning tezligi qanday bo'lganda uning kinetik energiyasi uning tinchlikdagi energiyasidan 2 marta katta? (Javobi: $2\sqrt{2}/3\ c$).

5. Elastiklik koeffitsiyenti 20 kN/m bo'lgan prujina 30 sm ga cho'zilsa, uning massasi qanchaga ortadi? (Javobi: $1 \cdot 10^{-14}$ kg).

6. 1 kg suvning temperaturasi 81 K ga o'ttirilsa, uning massasi qanchaga ortadi (kg)? (Javobi: $3,78 \cdot 10^{-12}$).

7. Massasi 20 kg bo'lgan azot doimiy bosimda 0°C dan 200°C gacha qizdirildi. Azotning massasi qanchaga ortgan? Azotning doimiy bosimdagi issiqlik sig'imi 1,05 kJ/kgK. (Javobi: $4,7 \cdot 10^{-8}$ gr).

8. Quyoshning nurlanishi $3,78 \cdot 10^{26}$ W. 1 s da Quyosh nurlanish natijasida qancha (kg) massa yo'qotadi? (Javobi: $4,3 \cdot 10^9$ kg).

9. Jism $0,89\ c$ tezlik bilan harakatlanmoqda. Uning zichligi tinch holatiga nisbatan qanday o'zgaradi? (Javobi: 5 marta ortadi).

10. Myuon (myu mezon) atmosferaning yuqori qatlamlarida paydo bo'lib, parchalanishga qadar 5 km ga uchib boradi. Agar uning xususiy yashash vaqti $2\ \mu\text{s}$ bo'lsa, u qanday tezlik bilan harakatlangan? (Javobi: $0,99\ c$).

11. Agar kometaning "ko'rinma" uzunligi uning xususiy uzunligi (l_0) dan $\sqrt{2}$ marta kam bo'lsa, kometaning kuzatuvchiga nisbatan tezligini aniqlang. (Javobi: $\frac{\sqrt{2}}{2}\ c \approx 0,71\ c$).

12. Agar proton 240000 km/s tezlik bilan harakatlanayotgan bo'lsa, uning massasi tinchlikdagi massasidan necha marta katta? $c = 300\ 000\ \text{km/s}$.

(Javobi: $\frac{m}{m_0} \approx 1,67$ marta).

13. Sterjen tezlik bilan K – sanoq sistemasiga nisbatan harakatlanmoqda. Tezlikning qanday qiymatida shu sanoq sistemasida uning uzunligi xususiy uzunligidan 0,5% ga kam bo'ladi? (Javobi: $\approx 3 \cdot 10^7$ m/s).

14. Agar $\tau_0 = 5$ s vaqtda K –sanoq sistemasida harakatlanayotgan soat $\Delta t = 0,1$ s ga kech qolsa, u qanday tezlik bilan harakatlangan? (Javobi: $= 0,2$ s).

15. Zarraning relyativistik impulsi Nyuton (mumtoz) impulsdan 2 marta katta bo'lsa, zarraning tezligini aniqlang. (Javobi: $= \frac{\sqrt{3}}{2} c$).

16. Zarraning kinetik energiyasi uning tinchlikdagi energiyasiga teng bo'lgan holdagi tezligi topilsin. (Javobi: $= \frac{\sqrt{3}}{2} c$).

17. Tezlatgich elektronga $4,08 \cdot 10^6$ eV energiya beradi. Elektronning tezligi va massasini aniqlang. (Javobi: $\approx 0,98 c$, $m = 9 m_0$).

V BOBNI YAKUNLASH YUZASIDAN TEST SAVOLLARI

1. Agar sterjenning tinch holdagi uzunligi 1 m bo'lsa, 0,6 c tezlik bilan harakatlanayotgan sterjenning uzunligi nimaga teng?

A) 80 sm; B) 84 sm; C) 89 sm; D) 90 sm.

2. Harakat yo'nalishida jismning uzunligi necha foizga kamayadi, agar uning tezligi $2,4 \cdot 10^8$ m/s bo'lsa?

A) 80; B) 60; C) 40; D) 30.

3. Jismning bo'ylama o'lchami 20 % ga kamaygan bo'lsa, u qanday tezlikda harakatlangan? c –yorug'likning vakuumdagi tezligi.

A) 0,2 c; B) 0,6 c; C) 0,4 c; D) 0,7 c.

4. Yerga nisbatan 0,99 s tezlik bilan harakatlanayotgan uchar yulduzda qancha vaqt o'tadi? Bu paytda Yerda 70 yil o'tgan?

A) 10 soat; B) 1 yil; C) 10 yil; D) 20 yil.

5. Agar elektron 0,87 s tezlik bilan harakatlanayotgan bo'lsa, uning massasi tinchlikdagi massasidan necha marta katta bo'ladi?

A) 2; B) 2,5; C) 0,4; D) 0,5.

6. Agar proton 0,8 c tezlikkacha tezlashtirilsa, uning massasi nimaga teng? $m_0 = 1$ a.m.b

A) 2,6 a.m.b; B) 1,7 a.m.b; C) 1,9 a.m.b; D) 1,4 a.m.b.

7. Agar elektronning tezligi 0,6 s ga teng bo'lsa, uning massasi qanday o'zgaradi?

A) 1,5 marta ortadi; B) o'zgarmaydi;
C) 1,2 marta ortadi; D) 3 marta ortadi.

8. $0,6\ c$ tezlik bilan harakatlanayotgan elektronning massasi tinchlikdagi massasidan qancha marta katta bo'ladi?
 A) 6; B) 3; C) 2,4; D) 1,25.
9. Ikkita zarra bir-biriga $5\ c/8$ tezlik bilan harakatlanmoqda. Ularning nisbiy tezliklari nimaga teng?
 A) $0,5\ c$; B) $0,6\ c$; C) $0,7\ c$; D) $0,9\ c$.
10. Zarraning tinchlikdagi massasi m . Uning $0,6\ c$ tezlikdagi massasini aniqlang.
 A) $1,83\ m$; B) $1,67\ m$; C) $1,25\ m$; D) $2,78\ m$.
11. $1,8 \cdot 10^8\ m/s$ tezlik bilan harakatlanayotgan zarraning massasi uning tinchlikdagi massasidan necha foizga ko'p?
 A) 60; B) 54; C) 36; D) 25.
12. Zarraning qanday tezligida uning harakatdagi massasi uning tinchlikdagi massasidan 40 % ga ko'p bo'ladi?
 A) $0,4\ c$; B) $0,6\ c$; C) $0,64\ c$; D) $0,7\ c$.
13. Qaysi biri ko'p energiyaga ega: $1\ kg$ suv (E_1), $1\ kg$ ko'mir (E_2) yoki $1\ kg$ benzin (E_3)?
 A) $E_1 < E_2 < E_3$; B) $E_1 = E_2 = E_3$; C) $E_1 < E_3 < E_2$; D) $E_1 < E_2 = E_3$.
14. m massali ko'mir qanday energiyaga ega (c -yorug'lik tezligi, λ -solishtirma erish issiqligi, q – solishtirma yonish issiqligi).
 A) mc^2 ; B) mq ; C) $mc^2/2$; D) $m\lambda$.
15. $0,6\ s$ tezlik bilan harakatlanayotgan zarraning kinetik energiyasi uning tinchlikdagi energiyasidan necha marta kichik?
 A) 2; B) 3; C) 3,6; D) 4.
16. Quyoshning nurlanishi $3,78 \cdot 10^{26}\ W$. $1\ s$ da Quyosh nurlanish natijasida qancha (kg) massa yo'qotadi?
 A) $22 \cdot 10^{11}$ B) $4,3 \cdot 10^9$; C) $1,7 \cdot 10^8$; D) $1,5 \cdot 10^{10}$.

V bobda o'rganilgan eng muhim tushuncha, qoida va qonunlar

1.	Nisbiylik nazariyasi	Eynshteynning maxsus nisbiylik nazariyasi fazo va vaqt to'g'risida mumtoz tasavvurlar o'rniga kelgan ta'limotdir.
2.	Yorug'likning vakuumdagi tezligining doimiyligi	Yorug'likning vakuumdagi tezligi barcha sanoq sistemalarida bir xil bo'lib c ga teng va manba hamda qabul qilgichlarning tabiatiga bog'liq emas. Bu tajribada Maykelson tomonidan isbot qilingan.

3.	Eynshteynning postulatları	1. Yorug'likning vakuumdagi tezligi barcha sanoq sistemalarida bir xil va manba hamda qabul qilgichlarning tabiatiga bog'liq emas. 2. Barcha tabiat qonunlari va jarayonlari barcha inersial sanoq sistemalarida bir xilda ro'y beradi.
4.	Lorens almashtirishlari	Nisbiylik nazariyasining matematik asosini Lorens almashtirishlari tashkil qiladi.
5.	Vaqtning relyativistik sekinlashishi	$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$, bu yerda τ_0 – hususiy vaqt.
6.	Uzunlikning relyativistik Lorens qisqarishi	$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$, bu yerda l_0 – hususiy uzunlik.
7.	Relyativistik impuls formulasi	$\vec{p} = \frac{m_0 \vec{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = m \vec{v}$.
8.	Relyativistik dinamikaning asosiy qonuni	$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$.
9.	Tezliklarni qo'shishning relyativistik qonuni	$v_2 = \frac{v_1 + v}{1 + \frac{v_1 \cdot v}{c^2}}$.
10.	Relyativistik massa	$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$, m_0 – tinchlikdagi massa.
11.	Jismning to'la energiyasi	Jism yoki zarraning energiyasi uning massasi bilan yorug'lik tezligining kvadrati ko'paytmasiga teng: $E = mc^2$.
12.	Jism energiyasi o'zgarishining massa o'zgarishiga bog'liqligi	$\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2}$.
13.	Jismning tinchlikdagi energiyasi	$E_0 = m_0 c^2$.
14.	Jismning kinetik energiyasi	$E_k = E - E_0 = mc^2 - m_0 c^2$.

VI bob. KVANT FIZIKASI

34-mavzu. KVANT FIZIKASINING PAYDO BO'LISHI

Kvant fizikasining paydo bo'lishiga sabab, XX asr boshida fizikada katta krizislar–muammolar paydo bo'ldi. Mavjud mumtoz nazariyalar, shu jumladan Maksvell nazariyasi ham bu ilmiy fizik muammolarni hal qila olmadi.

Ulardan biri – bu issiqlik nurlanishidir. Issiqlikdan nurlanayotgan jism o'zining issiqligini atrofdagi jismlar va muhitga berib, termodinamik muvozanatga, ya'ni temperaturalarning tenglashishiga olib kelishi kerak edi. Bu termodinamikaning asosiy tamoyilidir. Lekin, nurlanayotgan jism, masalan, Quyosh temperaturasi 6000 K bo'lsa, bunday hodisa ro'y bermaydi. Shuningdek, nurlanayotgan energiya barcha to'liq uzunliklarda har xil bo'lib, aniq temperaturaga bog'liq bo'lmagan taqsimot qonuniga bo'ysunadi. Bu degan so'z har bir to'liq uzunligiga to'g'ri kelgan nurlanish energiyasining ulushi har xil ekan. Bu bog'lanishda maksimal nurlanish energiyasining maksimumi temperaturaga bog'liq bo'lib, Vin siljish qonuni bo'yicha o'zgaradi:

$$\lambda_m T = b. \quad (6-1)$$

Bu yerda: λ_m T temperaturadagi nurlanayotgan energiya maksimumiga to'g'ri keluvchi to'liq uzunligi. b –Vin doimiysi bo'lib, $b=2,898 \cdot 10^{-3} \text{m} \cdot \text{K}$ ga teng.

Vin siljish qonuni jism nurlanishining maksimumiga to'g'ri keluvchi to'liq uzunligi, λ_m absolut temperaturaga teskari proporsionaldir:

$$\lambda_m = \frac{b}{T}.$$

Masalan, Quyoshning maksimal nurlanish energiyasi ($\lambda=470 \text{ nm}$) yashil nurlarga to'g'ri keladi. Bu esa Vin qonuniga asosan $T=6300 \text{ K}$ larga to'g'ri keladi. Bu nurlanish energiyasining taqsimotini Reley-Jins mumtoz statistik mexanika qonuniga asosan, termodinamikaning molekularlarning energiyasini erkinlik darajasi bo'yicha taqsimot qonuniga binoan bu taqsimotini ishlab

chiqdi. U faqat uzun to'qlinlardagina mavjud taqsimotni tushuntirib berdi, qisqa to'qlinlar uchun tajriba natijalariga va amaliyotga zid keldi.

XX asr boshiga kelib paydo bo'lgan krizisli ilmiy muammolardan biri gazlarning hamda metall bug'larining nurlanish spektrlarining chiziqli bo'lishini tushuntirish kerak edi. Shuningdek, fotoeffekt hodisasining kashf qilinishi, yorug'likning bosimga ega bo'lishi hamda yorug'lik nurlarining elektronlarda sochilishi kabilarni mumtoz fizika, shu jumladan Maksvellning elektromagnit nazariyasi tushuntirib bera olmadi.

Bu muammolarni hal qilishda nemis olimi M. Plank yangi – mumtoz fizikasiga zid g'oyani ilgari surdi. U qizdirilgan jismning nurlanishi va yutishi uzluksiz ro'y bermasdan, balki alohida porsiya–porsiyalarda (kvantlarda) ro'y beradi deb faraz qildi. Kvant–bu jismning yutish yoki nurlanish energiyasining minimal qismidir.

Plank nazariyasiga ko'ra, kvant energiyasi yorug'lik chastotasiga to'g'ri proporsional:

$$E = h\nu, \quad (6-2)$$

bu yerda: h –Plank doimiysi bo'lib, $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}$ ga teng. Plank jismning nurlanishi va yorug'likni yutishi uzlukli bo'ladi deb, nurlanish energiyasini to'qlin uzunligi bo'yicha taqsimot qonunini yaratdi va yuqoridagi muammolarni tushuntirib berdi.

Shuningdek, nurlanuvchi jismlarning mavjud bo'lish shart-sharoiti (Quyosh misolida) hamda termodinamik muvozanat ro'y berishi shart emasligini tushuntirib berdi.



1. Zamonaviy fizika nuqtayi nazaridan yorug'lik nima?
2. Yorug'lik uchun zarra dualizmi nimadan iborat?
3. Yorug'likning korpuskulyar xossasini tavsiflaydigan omillar qanday?
4. M.Plank gipoteziyasining mohiyati nimadan iborat?
5. Plank doimiysining ma'nosi nima?

35-mavzu. FOTOELEKTRIK EFFEKT. FOTONLAR

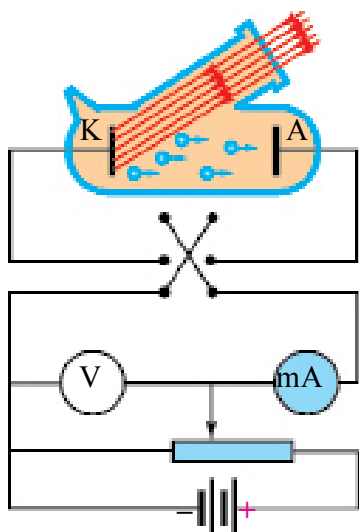
Fotoelektrik effekt yoki qisqacha – fotoeffekt 1887-yilda H. Hertz tomonidan kashf qilinib, tajribada rus olimi A. Stoletov (F. Lenarddan bexabar) har tomonlama tadqiq qilingan.

Tashqi fotoeffekt – bu moddadan yorug‘lik ta‘sirida elektronlarning chiqarilishi.

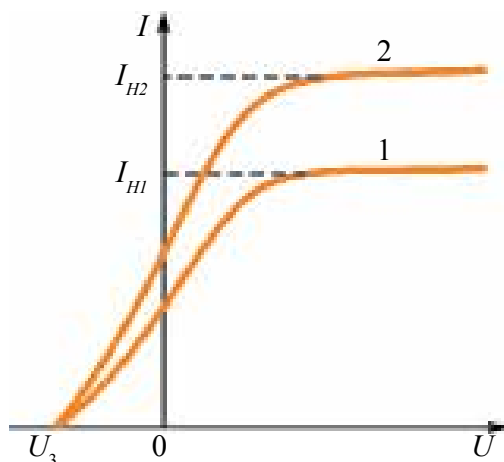
Fotoeffekt hodisasini o‘rganishning eksperiment qurilmasining sxematik ko‘rinishi 6.1-rasmda keltirilgan.

Qurilmaning asosini ikkita elektrod: anod va katodga ega hamda kvardsdan tayyorlangan “Oynali” shisha ballondan iborat. Shisha ballon ichida vakuum hosil qilinadi, chunki vakuumda elektronlar va boshqa zarralar to‘g‘ri chiziqli harakat qila oladilar.

Elektrodlarga potensiometr orqali kuchlanish (0 dan U gacha) berish uchun tok manbaiy ikkilangan kalit K orqali ulangan. Ikkilangan kalit tok manbayining qutbini almashtirib, zanjirga ulash imkonini beradi.



6.1-rasm.



6.2-rasm.

Elektroddan biri – katod (asosan, seziyli katod) kvarts “oyina”dan monoxromatik nur bilan yoritiladi. O‘zgarmas to‘lqin uzunligida hamda o‘zgarmas yorug‘lik oqimida fototok kuchi I ning anodga berilgan kuchlanishiga bog‘liqligi o‘lchanadi.

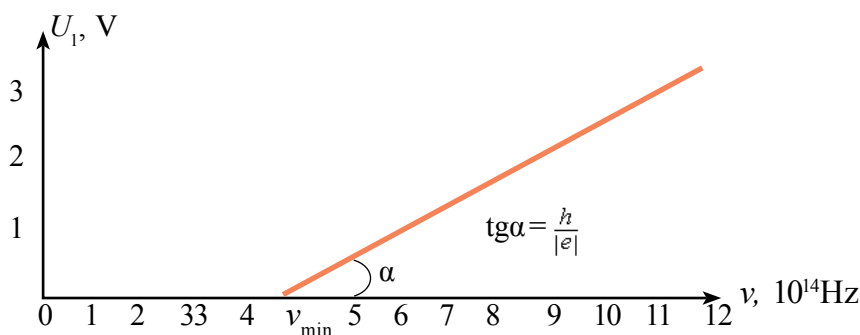
6.2-rasmda fototok kuchining kuchlanishga bog'liqligining tipik grafiklari keltirilgan. 2-grafik 1-ga nisbatan kattaroq yorug'lik oqimiga tegishli. Bu yerda: I_{1T} va I_{2T} to'yinish toklari, U_{yop} – yopuvchi kuchlanish, ya'ni bunday manfiy kuchlanish berilganda fotoelektronlar boshlang'ich tezliklari bilan anodga yetib bora olmaydilar.

6.2-rasmdagi grafiklarga anod kuchlanishining katta musbat qiymatlarida tok kuchi to'yinishga ega bo'ladi. Ya'ni, katoddan chiqqan barcha elektronlar anodga yetib boradi. Tajribalar shuni ko'rsatadiki, to'yinish fototok kuchi tushayotgan yorug'lik oqimiga to'g'ri proporsional.

Agar anodga katodga nisbatan manfiy kuchlanish bersak, u elektronlarni tormozlaydi va boshlang'ich tezligi hisobiga katta kinetik energiyaga ega bo'lgan elektronlarga anodga yetib boradi. Kuchlanish U_{yop} qiymatga yetganda, fototok nolga teng bo'ladi. Yopuvchi kuchlanish U_{yop} ning qiymatini berilgan katod uchun o'lchab, fotoelektronlarning maksimal kinetik energiyasini aniqlash mumkin:

$$E_{k\max} = \frac{mv_{\max}^2}{2} = eU_{yop}.$$

F.Lenard o'z tajribalarida ko'rsatganday, U_{yop} – yopuvchi potensial tushayotgan nurning intensivligiga (yorug'lik oqimiga) bog'liq bo'lmasdan, tushayotgan yorug'likning chastotasiga chiziqli bog'liq ekanligini (6.3-rasm) ko'rsatadi.



6.3-rasm.

Tajribalar asosida **fotoeffekt qonunlari** kashf qilindi:

1. Fotoelektronlarning maksimal kinetik energiyasi yorug'lik oqimiga (intensivligiga) bog'liq emas va tushuvchi nurning chastotasi ν ga chiziqli bog'liq (ν ortishi bilan I chiziqli ortadi).

2. Har bir modda uchun fotoeffekt ro'y beradigan minimal chastota $\nu_{\min}$ mavjud va bu fotoeffektning qizil chegarasi deyiladi.

3. Katoddan vaqt birligida chiqayotgan fotoelektronlar soni katodga tushayotgan yorug'lik oqimi (intensivligi)ga to'g'ri proporsional, chastotasiga bog'liq emas.

Fotoeffekt hodisasi inersiyasiz hodisadir, yorug'lik oqimi to'xtalishi zahotiyog fototok yo'qoladi, yorug'lik tushishi bilan fototok paydo bo'ladi.

Fotoeffekt nazariyasi. Fotoeffekt nazariyasi 1905-yilda A. Eynshteyn tomonidan asoslab berildi. U M. Plank gipotezasidan foydalanib, elektromagnit to'lqinlar ham alohida porsiyalar – kvantlardan iborat degan xulosaga keladi. Ular keyinchalik fotonlar deb ataldi.

Eynshteynning g'oyasiga asosan, foton modda bilan ta'sirlashganda, u energiyasi $h\nu$ ni butunlay elektronga beradi. Energiyaning saqlanish qonuniga asosan, bu energiyaning bir qismi elektronning moddadan chiqishiga sarf bo'ladi va qolgan qismi elektronning kinetik energiyasiga aylanadi:

$$h\nu = A + \frac{mv^2}{2}. \quad (6-4)$$

Bu *fotoeffekt uchun Eynshteyn tenglamasi* deyiladi.

Bunda A –elektronning moddadan chiqishi uchun bajarilgan ish. Agar elektronning maksimal kinetik energiyasi

$$\left(\frac{mv^2}{2}\right)_{\max} = eU_{\text{yop}}$$

ekanligini hisobga olsak, Eynshteynning fotoeffekt uchun tenglamasini quyidagi ko'rinishda ham yozish mumkin:

$$h\nu = A + eU_{\text{yop}}.$$

Eynshteynning fotoeffekt uchun tenglamasi fotoeffekt hodisasi uchun energiyaning saqlanish qonunini ifodalaydi. Shuningdek, fotoeffekt qonunlarini:

a) fotoelektronlarning maksimal kinetik energiyasini tushuvchi nurning chastotasiga chiziqli bog'liqligi va tushuvchi nurning intensivligiga (oqimiga) bog'liq emasligi;

b) fotoeffektning qizil chegarasi mavjudligi, ya'ni $h\nu_{\min} = A$ ni;

d) fotoeffektning inersiyasizligini tushuntirib berdi. Eynshteyn tenglamasiga asosan, 1 s da yuzadan chiqayotgan fotoelektronlar soni shu yuzaga tushuvchi fotonlar soniga proporsional bo'ladi.

Eynshteyn tenglamasi asosida 6.3-rasmdagi U_{yop} – yopuvchi potensialning chastotaga bog‘lanish grafigi qiyaligi $\text{tg}\alpha$ –Plank doimiysini elektron zaryadining nisbatiga teng, ya’ni

$$\text{tg}\alpha = \frac{h}{|e|}. \quad (6-5)$$

Bu nisbat Plank doimiysini tajribada aniqlashga imkon beradi. Bunday tajriba 1914-yilda R. Milliken tomonidan o‘tkazilib, Plank doimiysi aniqlangan.

Bu tajriba fotoelektronning chiqish ishini ham aniqlashga imkon berdi:

$$A = h\nu_{\min} = \frac{h \cdot c}{\lambda_0}.$$

Bu yerda: c –yorug‘lik tezligi, λ_0 –fotoeffektning qizil chegarasiga to‘g‘ri kelgan to‘lqin uzunligi.

Katodlar uchun chiqish ishi eVlarda o‘lchanadi ($1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$). Shuning uchun ham Plank doimiysining amalda eV larda ifodalangan qiymati qo‘llaniladi: $h = 4,136 \cdot 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$.

Metallar ichida ishqoriy metallar: Na, K, Cs, Rb kabilar kichik chiqish ishiga ega. Shuning uchun amalda ularning oksidli va boshqa birikmalari katod sirtini qoplashda qo‘llaniladi. Masalan: seziy oksidli katodning chiqish ishi $A = 1,2 \text{ eV}$, bunga to‘g‘ri kelgan fotoeffektning qizil chegarasi $\lambda_0 \approx 10,1 \cdot 10^{-7} \text{ m}$. Bu sariq – ko‘zga ko‘rinuvchi yorug‘lik nurini qayd qiluvchi tizimlarda keng qo‘llaniladi.

Ichki fotoeffekt. Yarimo‘tkazgichlar yorug‘lik nuri bilan nurlantirilganda kuchsiz bog‘langan elektronlar fotonlarni yutib, erkin elektron holiga o‘tadi. Bunda yarimo‘tkazgichlarda erkin zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi ortadi, yarimo‘tkazgichning elektr o‘tkazuvchanligi ortadi.

Yarimo‘tkazgichlarga nur ta’sir etishi natijasida unda erkin zaryad tashuvchilarning hosil bo‘lishiga ichki fotoeffekt deyiladi.

Nur ta’sir etish natijasida yarimo‘tkazgichlarda hosil qilingan – qo‘shimcha elektr o‘tkazuvchanlik **fotoo‘tkazuvchanlik** deyiladi. Bu esa fotoqarshiliklarni ishlab chiqarishda qo‘llaniladi. Fotoqarshilik – bu o‘tkazuvchanligi yorug‘lik ta’sirida o‘zgaradigan qarshiliklar bo‘lib, uni radiotexnikada **fotorezistorlar** deb ataladi.

Fotonlar. Yorug'likning kvant nazariyasiga binoan modda yorug'lik nurini yutishda va nurlashda yorug'lik o'zini zarralar oqimi kabi namoyon qiladi. Yorug'likning bu zarrasi **fotonlar** yoki **yorug'lik kvantlari** deyiladi. Fotonning energiyasi $E=h\nu$ ga teng. Foton vakuumda yorug'lik tezligi c bilan harakatlanadi. Foton tinchlikda massaga ega emas, ya'ni $m_0=0$.

Nisbiylik nazariyasidagi $E=mc^2$ dan foydalanib fotonning harakatdagi massasini aniqlash mumkin:

$$m = \frac{E}{c^2} = \frac{h\nu}{c^2}. \quad (6-6)$$

Kopincha foton energiyasi $h\nu$ ni chastota orqali emas, balki siklik chastota $\omega=2\pi\nu$ orqali ifodalanadi. Bunda $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ qo'llaniladi. Uni $\hbar$ – hash chiziqli deb o'qiladi. $\hbar$ ning qiymati: $\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1,05 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ ga teng bo'ladi.

Yorug'likni zarralar–fotonlar oqimidan iborat deb qarash korpuskulyar nazariya bo'lib, bunda Nyuton mexanikasiga qaytish bo'ldi, deyish mumkin emas. Uning harakat qonunlari kvant mexanikasining qonunlariga bo'ysunadi.

XX asrning boshiga kelib, yorug'lik tabiati ikki xil tabiatga ega ekanligi ma'lum bo'ldi. Yorug'lik tarqalishida uning to'lqin xossalari (interferensiya, difraksiya, qutblanish) va moddalar bilan ta'sirlashganda (fotoeffekt, yorug'lik bosimi va b.) korpuskulyar–zarra xossalari namoyon bo'ladi.

Bu xossalar **zarra – to'lqin dualizmi** deb atala boshlandi. Keyinchalik fanda elektronlar, protonlar, neytronlar oqimlari ham to'lqin xossaga ega ekanligi ma'lum bo'ldi.

Shu asosda moddaning yorug'likni nurlantirishi va yutishi, chiziqli spektrlar, fotoeffekt hodisasi, yorug'lik bosimi va boshqa jarayonlar tushuntirib berildi.



1. *Foton nima? Fotonning xususiyatlari nimalardan iborat?*
2. *Fotoeffekt qonunini yorug'likning kvant nazariyasi asosida tushuntiring.*
3. *Eynshteyn formulasini va uning fizik mohiyatini tushuntiring.*
4. *Fotoeffekt ro'y berish shart-sharoitlari qanday?*
5. *Fotoeffektning qizil chegarasini tushuntiring.*

36-mavzu. FOTONNING IMPULSI. YORUG‘LIK BOSIMI. FOTOEFFEKTNING TEXNIKADA QO‘LLANILISHI

Foton doimiy harakatda bo‘lganligidan, u $p = m \cdot c$ impulsiga ega bo‘ladi. Yuqoridagi munosabatni hisobga olsak, fotonning impulsi $p = \frac{h\nu}{c}$ ga teng bo‘ladi.

$\lambda = \frac{c}{\nu}$ formulani hisobga olib, fotonning energiyasi va impulsini to‘lqin uzunligi orqali ifodalaymiz:

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \text{ va } p = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}. \quad (6-7)$$

Agar, jism yuzasiga fotonlar oqimi tushayotgan bo‘lsa, u holda fotonlar shu yuzaga impuls beradi va yorug‘lik bosimini vujudga keltiradi.

Maksvellning elektromagnit nazariyasiga binoan ham yorug‘lik biror jism yuzasiga tushganda unga bosim bilan ta’sir qiladi. Lekin, bu bosim juda kichik qiymatga ega ekan. Maksvellning hisoblariga ko‘ra, Yerga tushayotgan Quyosh nurining 1 m² yuzali absolut qora qismiga ko‘rsatadigan bosim kuchi 0,48 μN ekan. Bunday kuchni ochiq Yer sharoitida qayd qilish juda qiyin.

Ilk bor yorug‘lik bosimini 1900-yilda rus olimi P.N. Lebedev tajribada o‘lchaydi. Buning uchun o‘ta nozik qurilma yasaydi. Bir yoki bir necha juft qanotchalar bo‘lgan osma, juda ingichka ipga osilgan. Ipga ko‘zgu o‘rnatilgan bo‘lib, yupqa yengil qanotchalarining biri yaltiroq, ikkinchisi qoraytirilgan. Yaltirog‘i yorug‘likni yaxshi qaytaradi, qoraytirilgani esa yutadi.

Sistema, havosi so‘rib olingan idish ichiga joylashtirilgan bo‘lib, juda sezgir buralma tarozini tashkil qiladi. Osmaning burulishi ipga mahkamlangan ko‘zgu va truba yordamida kuzatiladi. Osmaning burilish burchagiga qarab, osmaga ta’sir etuvchi yorug‘likning bosim kuchi aniqlanadi.

Lebedevning natijalari Maksvellning elektromagnit nazariyasini tasdiqladi va o‘lchangan yorug‘lik bosimi nazariy hisoblangan yorug‘lik bosimiga 20% xatolik bilan mos keldi. Keyinchalik, 1923-yilda Gerlaxning tajribalar asosida o‘lchagan yorug‘lik bosimi nazariy hisoblangandan 2% ga farq qildi.

Fotonlar oqimining sirtga beruvchi bosimning formulasini quyidagicha keltirib chiqarish mumkin. Fotonning yuzaga urilish natijasidagi ta'sir kuchi $F_1 = \frac{\Delta(mc)}{\Delta t}$ ga teng. Agar N ta foton urilsa, u holda $F_k = NF_1 = \frac{N\Delta(mc)}{\Delta t}$.

Bu yerda: $\Delta(mc)$ – foton impulsining o'zgarishi. Agar yuza ideal yaltiroq bo'lsa, $\Delta(mc) = 2mc$ ga, absolut qora bo'lsa, $\Delta(mc) = mc$ ga teng.

Unda absolut qora yuzaga berilgan bosim $p_1 = \frac{F}{S} = \frac{N\Delta(mc)}{S \cdot \Delta t}$.

Agar yuza yaltiroq bo'lsa, $p_1 = \frac{N \cdot 2mc}{S \cdot \Delta t}$.

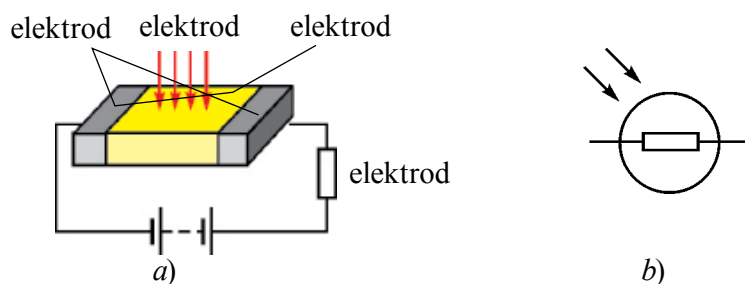
$E = mc^2$ dan $mc = \frac{E}{c}$ ekanligini hisobga olinsa, $p = \frac{NE}{c \cdot S \cdot \Delta t}$.

Bu yerda $\frac{NE}{S \cdot \Delta t} = I$ – yuza birligiga vaqt birligida tushuvchi yorug'lik (to'lqin) energiyasi yorug'lik (to'lqin) intensivligi I deyiladi.

U holda $p = \frac{I}{c}$. Bu Maksvellning elektromagnit to'lqinlarning modda yuzasiga tushgandagi (absolut qora yuzaga) beradigan bosimining formulasidir.

Fotoeffekt hodisasiga asoslanib ishlaydigan asboblardan eng ko'p qo'llaniladiganlari **fotoqarshilikdir**.

Fotoqarshilikning asosini yuzasi nisbatan katta bo'lgan, yorug'likka sezgir yarimo'tkazgich tashkil qiladi. Uning sxematik ko'rinishi va shartli belgisi 6.4-rasmda keltirilgan.



6.4-rasm.

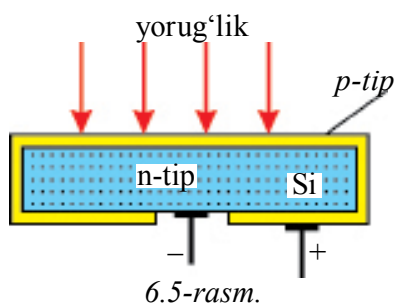
Xona temperaturasida yarimo'tkazgichning qarshiligi juda katta va undan juda kichik tok o'tadi. Unga yorug'lik tushishi bilan erkin zaryad tashuvchilarining konsentratsiyasi ortadi, qarshiligi kamayadi. Tok kuchi ortadi.

Fotoqarshiliklarning yutuqlari quyidagilar. Yuqori fotosezgirlik, uzoq muddatda samarali ishlashi, o'lchami kichikligi, tayyorlash texnologiyasi murakkab emas, har xil to'liq uzunligida ishlaydigan yarimo'tkazgichli materialdan tayyorlanishi mumkinligidadir.

Uning kamchiliklaridan biri – qarshiligining o'zgarishi yorug'lik oqimiga chiziqli bog'liq emasligi bo'lsa, ikkinchisi – temperaturaga sezgirligidir. Shu jumladan, uning inertligi katta, katta chastotalarda uning qo'llanilishida qator muammolar paydo bo'ladi.

Ichki fotoeffektga asoslangan fotoelementlar.

Ichki fotoeffektga asoslangan $p-n$ o'tishli yarimo'tkazgichli fotoelementlar yorug'lik energiyasini elektr energiyasiga aylantirishda qo'llaniladi. Quyosh energiyasini elektr energiyasiga aylantirib beruvchi yarimo'tkazgich – kremniyli fotoelementlar keng qo'llanilmoqda va ular **Quyosh batareyalari** nomini olgan.



Quyosh batareyasining asosini n -turdagi kremniy plastinkasi tashkil qilib, uning barcha tomonlari p -tipdagi kremniyning yupqa ($1-2\text{-}\mu\text{m}$) qatlami bilan qoplangan (6.5-rasm).

Elementning yuzasiga yorug'lik tushishi bilan yupqa p -tipdagi qatlamda elektron kovak juftlari hosil bo'lib, yupqa qatlamda rekombinatsiyalanishga ulgurmasdan $p-n$ tip o'tishli sohaga o'tadi. $p-n$ o'tishli sohada zaryadlarning ajralishi ro'y beradi. Hosil bo'lgan maydon ta'sirida elektronlar n -sohaga, kovaklar p -sohaga haydaladi. Hosil bo'lgan EYuK o'rtacha hisobda $0,5\text{ V}$ gacha bo'ladi. 1 sm^2 yuzali bunday element iste'molchiga ulanganda 25 mA gacha tok beradi.

Kremniyli fotoelementlar sezgirligi yashil nurlar uchun maksimum, ya'ni Quyosh nurlanishining maksimal qismiga to'g'ri keladi. Shuning uchun ular yuqori FIK ga ega bo'lib, odatda, $11-12\%$, yuqori sifatli materiallarda $21-22\%$ ga bo'radi.

Quyosh batareyalari Yerdagi Quyosh elektrostansiyalaridan tashqari, Yerning sun'iy yo'ldoshlari va kosmik kemalarda elektr energiya manbayi sifatida xizmat qiladi.

Ichki fotoeffektga asoslangan va eng ko'p qo'llaniladigan asboblardan biri yorug'lik diodlari (yarimo'tkazgichli lazerlar) dir. Bu bir yoki bir nechta $p-n$ o'tishga asoslangan diod bo'lib, undan elektr toki o'tganda o'zidan yorug'lik chiqaradi. Bu diod materialida elektronlarning miqdori hamda harakatchanligi kovaklarga nisbatan kattaroq bo'ladi. Elektronlar n -sohadan p -sohaga o'tganda kovaklar bilan rekombinatsiyalashib, o'zlaridan ortiqcha energiyani nur sifatida chiqaradi.

Yarimo'tkazgich materialining turiga bog'liq holda nurlanish rangi turlicha bo'ladi.

O'zbekiston FA akademigi M. Saidov tomonidan 10 ga yaqin turli nurlanishga ega bo'lgan yorug'lik diodlari yaratilgan hamda nazariyasi va tayyorlash texnologiyasi ishlab chiqilgan.

Avvallari fotoasboblarni faqat kinotexnikada hamda fotoelektron sanagichlarda qo'llanilgan bo'lsa, bugungi kunda yoritgichlarda, robototexnikada, avtomatikada, fotometriyada, tungi ko'rish asboblari, Quyosh elektrostansiyalarida hamda yorug'lik nurlari yordamida amalga oshiriluvchi ilmiy tadqiqotlarda keng qo'llanilmoqda.

O'zbekistonda Quyosh energiyasidan keng foydalanish maqsadida 1993-yilda "Fizika-Quyosh" ilmiy ishlab chiqarish birlashmasi tashkil etildi va keng ko'lamda ilmiy-tadqiqot hamda amaliy izlanishlar olib borilmoqda.



1. Fotorezistor nima va uning ishlashi qanday tamoyilga asoslanadi?
2. Ichki fotoeffektga asoslangan fotoelementning elektroenergiya manbai sifatida qo'llanilish tamoyilini tushuntiring.
3. P. N. Lebedevning yorug'likning bosimini o'lchash tajribasini tushuntiring.
4. Yorug'lik bosimini yorug'likning kvant tasavvuri asosida tushuntiring.

Masala yechish namunasi

1. Agar metallardan elektronning chiqish ishi $7,6 \cdot 10^{-19}$ J va elektronning kinetik energiyasi $4,5 \cdot 10^{-20}$ J bo'lsa, yuzaga tushayotgan yorug'likning to'liq uzunligini aniqlang. $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J·s

Berilgan:	Formulasi:	Yechilishi:
$E_k = 4,5 \cdot 10^{-20} \text{ J}$ $A = 7,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$	$h\nu = A + E_k$ $\lambda = \frac{v}{c}$ $\frac{hc}{\lambda} = A + E_k$ $\lambda = \frac{hc}{A + E_k}$	$\lambda = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{7,6 \cdot 10^{-19} \text{ J} + 0,45 \cdot 10^{-19} \text{ J}} \approx 2,46 \cdot 10^{-7} \text{ m.}$ <i>Javobi:</i> $\lambda \approx 2,46 \cdot 10^{-7} \text{ m.}$
Topish kerak: $\lambda = ?$		

6-mashq

- 35 g modda 33 g antimoddaga qo'shilib, 10^5 Hz li elektromagnit nurlanishga aylansa, nechta foton nurlanadi? (*Javobi:* $9 \cdot 10^{33}$ ta).
- Agar birinchi fotonning energiyasi ikkinchisidan 2 marta katta bo'lsa, birinchi fotonning impulsi ikkinchisidan necha marta farq qiladi? (*Javobi:* 2 marta).
- Nisbiy sindirish ko'rsatkichi n bo'lgan shaffof muhitda fotonning impulsi nimaga teng? (*Javobi:* $h\nu / nc$).
- Massasi tinch holdagi elektronning massasiga teng bo'lishi uchun fotonning energiyasi (MeV) qanday bo'lishi kerak? (*Javobi:* 0,51 MeV).
- Chastotasi 10^{17} Hz bo'lgan nurlanish ko'zguga tik tushib, undan qaytmoqda. Fotonning uning qaytishdagi impulsi o'zgarishining modulini aniqlang ($\text{kg} \cdot \text{m/s}$). $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$. (*Javobi:* $4,4 \cdot 10^{-25} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$).
- 100 sm^2 yuzaga minutiga 63 J yorug'lik energiyasi tushadi. Yorug'lik to'la qaytsa, uning bosimi nimaga teng? (*Javobi:* $7 \cdot 10^{-7} \text{ N/m}^2$).
- Yorug'likni to'la qaytaruvchi yuzada yorug'likni to'la yutuvchi yuzaga nisbatan yorug'lik bosimi necha marta katta bo'ladi? (*Javobi:* 2 marta).
- To'lqin uzunligi $3 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ ga to'g'ri keluvchi yorug'lik nuri kvantining energiyasini aniqlang. (*Javobi:* $6,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$).
- Metallidan elektronning chiqish ishi $3,3 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ bo'lsa, fotoeffektning qizil chegarasi ν_0 ni toping. (*Javobi:* $5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$).
- Yorug'likning to'lqin uzunligi $5 \cdot 10^{-5} \text{ sm}$ bo'lsa, fotonning impulsini aniqlang. (*Javobi:* $1,32 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$).
- Foton energiyasi $4,4 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ bo'lgan yorug'likning muhitdagi to'lqin uzunligi $3 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ bo'lsa, shu muhitning nur sindirish ko'rsatkichini aniqlang. (*Javobi:* $n = 1,5$).

12. Fotoeffekt qizil chegarasi $\nu_0 = 4,3 \cdot 10^{14}$ Hz bo'lgan moddaga to'liq uzunligi $3 \cdot 10^{-5}$ sm bo'lgan yorug'lik tushsa, fotoelektronlarning kinetik energiyasi nimaga teng (J)? (Javobi: $E_k \approx 3,76 \cdot 10^{-19}$ J).

13. Fotoelementning katodi ν_1 chastotali monoxromatik yorug'lik nuri bilan yoritilganda fotoelektronlarning kinetik energiyasi E_1 ga, $\nu_2 = 3\nu_1$ chastotali nur bilan yoritilganda fotoelektronlarning kinetik energiyasi E_2 ga teng bo'lgan. E_1 va E_2 larning nisbati qanday? (Javobi: $E_2 > 3E_1$).

14. Seziyli katodga to'liq uzunligi 600 nm bo'lgan yorug'lik tushmoqda. Elektronning katoddan chiqish ishi 1,8 eV ga teng bo'lsa, yopuvchi kuchlanishning qanday qiymatida (V) fototok to'xtaydi? $h = 4,1 \cdot 10^{-15}$ eV·s. (Javobi: $U_{yo} = 0,25$ V).

15. Quvvati 100 W bo'lgan yorug'lik manbai har 2 sekundda $2,5 \cdot 10^{20}$ ta foton nurlaydi. Yorug'likning to'liq uzunligini aniqlang. $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J·s. (Javobi: $\lambda \approx 2,5 \cdot 10^{-7}$ m).

16. Chastotasi 10^{16} Hz bo'lgan yorug'lik nuri ko'zguga tushib, to'la qaytmoqda. Yorug'likning qaytish jarayonidagi foton impulsining o'zgarishini toping. $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J·s. (Javobi: $4,4 \cdot 10^{-10}$ kg·m/s).

17. Yakkalangan mis sharchaga to'liq uzunligi $0,165 \mu\text{m}$ bo'lgan monoxromatik ultrabinafsha nur tushmoqda. Agar misdan elektronning chiqish ishi $A_{ch} = 4,5$ eV bo'lsa, sharcha necha volt potensialgacha zaryadlanadi? $h = 4,1 \cdot 10^{-15}$ eV·s. (Javobi: $\phi_{\max} \approx 2,95$ V).

VI BOBNI YAKUNLASH YUZASIDAN TEST SAVOLLARI

- 1. Yorug'likning jismlardan elektronni chiqarish hodisasi ... deyiladi.**
A) qutblanish; B) difraksiya; C) dispersiya; D) fotoeffekt.
- 2. Tushayotgan yorug'likning intensivligi 4 marta kamaysa, fotoeffektida chiqayotgan elektronlar soni qanday o'zgaradi?**
A) 4 marta ortadi; B) 2 marta kamayadi;
C) 4 marta kamayadi; D) o'zgarmaydi.
- 3. Fotoeffektida tushayotgan yorug'likning chastotasi 2 marta ortsa, chiqayotgan fotoelektronlar soni qanday o'zgaradi?**
A) 2 marta kamayadi; B) 2 marta ortadi;
C) 4 marta kamayadi; D) o'zgarmaydi.

4. Tushayotgan yorug'likning oqimi ($\lambda = \text{const}$ da) 4 marta ortsa, fotoelektronlarning tezligi necha marta o'zgaradi?
 A) o'zgarmaydi; C) 4 marta kamayadi;
 B) 4 marta ortadi; D) 2 marta ortadi.
5. Agar fotoeffektda chiqayotgan zarralarning tezligi $1,6 \cdot 10^6$ m/s bo'lsa, tushayotgan yorug'likning to'lqin uzunligini hisoblang. Chiqish ishi $A = 5,3$ eV (m).
 A) $10 \cdot 10^{-6}$; B) $9,8 \cdot 10^{-9}$; C) $6,63 \cdot 10^{-10}$; D) $2 \cdot 10^{-7}$.
6. Kaliy uchun fotoeffektning qizil chegarasi 600 nm. Kaliy uchun chiqish ishini hisoblang (Joullarda)
 A) $6,6 \cdot 10^{-26}$; B) $6,6 \cdot 10^{-19}$; C) $2,2 \cdot 10^{-19}$; D) $3,5 \cdot 10^{-19}$.
7. Agar fotokatoddan elementlarning chiqish ishi 3 eV bo'lsa, unga tushayotgan fotonlarning energiyasi 5 eV bo'lsa, tormozlovchi potensial qanday bo'lganda foton kuchi nolga teng bo'ladi (V)?
 A) 1,5; B) 2; C) 3; D) 5.
8. Biror metall uchun fotoeffektning qizil chegarasi 331 nm ga teng. Bu metallda fotoeffektning ro'y berishi uchun tushayotgan yorug'lik fotonining energiyasi (eV) qanday bo'ladi?
 A) 2,45; B) 2,60; C) 2,75; D) 3,75.
9. Nikel uchun fotoeffekt qizil chegarasini aniqlang (m). Nikel uchun chiqish ishi 5 eV.
 A) $5 \cdot 10^{-7}$; B) $2,3 \cdot 10^{-5}$; C) $2,5 \cdot 10^{-7}$; D) $1 \cdot 10^{-6}$.
10. Chiqish ishi 3 eV bo'lgan metallga 5 eV energiyali fotonlar tushganda undan chiqayotgan fotoelektronlarning maksimal kinetik energiyasini aniqlang (eV).
 A) 0,6; B) 2; C) 3; D) 5.
11. Yorug'likning to'lqin uzunligi 10^{-7} m bo'lsa, foton energiyasini aniqlang (eV). $h = 4 \cdot 10^{-15}$ eV · s
 A) 1; B) 2; C) 4; D) 12.
12. Yorug'likning to'lqin uzunligi 220 nm bo'lsa, fotonning massasini (kg) aniqlang.
 A) $3 \cdot 10^{-36}$; B) $1,5 \cdot 10^{-36}$; C) $1,6 \cdot 10^{-36}$; D) $1 \cdot 10^{-35}$.
13. Yorug'likning to'lqin uzunligi $6,63 \cdot 10^{-8}$ m bo'lsa, fotonning impulsini aniqlang (kg · m/s). $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J · s
 A) 10^{-26} ; B) 10^{-42} ; C) 10^{-34} ; D) $1,6 \cdot 10^{-35}$.

14. Yorug'likning chastotasi $3 \cdot 10^{15}$ Hz bo'lsa, uning impulsini aniqlang ($\text{kg} \cdot \text{m/s}$). $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$.
 A) $2,21 \cdot 10^{-19}$; B) $2,21 \cdot 10^{-27}$; C) $6,63 \cdot 10^{-19}$; D) $6,63 \cdot 10^{-27}$
15. Agar fotonning impuls $3,315 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ bo'lsa, yorug'likning chastotasni aniqlang (Hz).
 A) $3 \cdot 10^{14}$; B) $2 \cdot 10^{15}$; C) $1,5 \cdot 10^{15}$; D) $2 \cdot 10^{14}$.
16. Qizdirgichli lampochka nurlanishining o'rtacha to'lqin uzunligi $1,2 \mu\text{m}$. 200 W quvvatli lampochkaning 1 sekund nurlanishidagi fotonlar sonini aniqlang. $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$.
 A) $80 \cdot 10^{21}$; B) $2,5 \cdot 10^{21}$; C) $1,5 \cdot 10^{20}$; D) $1,2 \cdot 10^{21}$.
17. Nisbiy sindirish ko'rsatkichi n bo'lgan shaffof muhitda fotonning impulsini nimaga teng?
 A) nhv/c ; B) nhv ; C) $h\lambda/n$; D) hv/nc .
18. Modda uchun fotoeffektning qizil chegarasi $1 \cdot 10^{15}$ Hz bo'lib unga chastotasi $1 \cdot 10^{15}$ Hz bo'lgan yorug'lik ta'sirida uchib chiqqan fotoelektronlarning maksimal kinetik energiyasini hisoblang. (J)
 A) $6,6 \cdot 10^{-19}$; B) $3,3 \cdot 10^{-19}$; C) $2,2 \cdot 10^{-19}$; D) $1,6 \cdot 10^{-19}$.
19. Metallardan elektronning chiqish ishi $3,3 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ bo'lsa, fotoeffektning qizil chegarasi ν_0 ni toping (Hz).
 A) 10^{-14} ; B) $2 \cdot 10^{14}$; C) $5 \cdot 10^{14}$; D) $6,6 \cdot 10^{15}$.

VI bobda o'rganilgan eng muhim tushuncha, qoida va qonunlar

Vin siljish qonuni	Jism nurlanishning maksimumiga to'g'ri keluvchi to'lqin uzunligi, λ_m absolut temperaturaga teskari proporsionaldir: $\lambda_m = \frac{b}{T}, \quad b = 2,898 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K} - \text{Vin doimiysi}.$
Kvant	Bu jismning yutish yoki nurlanish energiyasining minimal qismi.
Kvant energiyasi	Kvant energiyasi yorug'lik chastotasiga to'g'ri proporsional: $E = hv, \quad h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}.$
Tashqi fotoeffekt	Bu moddadan yorug'lik ta'sirida elektronlarning chiqishi.
Yopuvchi kuchlanish	Bu fotonlar boshlang'ich tezliklari bilan anodga yetib bora olmaydigan tormozlovchi manfiy kuchlanish.

Fotoeffekt qonunlari:	1. Fotoelektronlarning maksimal kinetik energiyasi yorug'lik oqimiga (intensivligiga) bog'liq emas va tushuvchi nurning chastotasi ν ga chiziqli bog'liq. 2. Har bir modda uchun fotoeffekt ro'y beradigan minimal chastota $\nu_{\min}$ mavjud va bu fotoeffektning qizil chegarasi deyiladi. 3. Katoddan vaqt birligida chiqayotgan fotoelektronlar soni katodga tushayotgan yorug'lik oqimi (intensivligi)ga to'g'ri proporsional, chastotasiga bog'liq emas.
Elektronlarning maksimal kinetik energiyasi	$E_{k\max} = \frac{mv^2}{2} = eU_{\text{stop}}.$
Fotoeffekt uchun Eynshteyn formulasi	$h\nu = A + \frac{mv^2}{2}.$
Fotoeffektning qizil chegarasi	Fotoeffektning qizil chegarasi $h\nu_{\min}=A$ yoki $\frac{hc}{\lambda_0} = A$. Bu yerda $\nu_{\min}$ yoki λ_0 —fotoeffektning qizil chegarasiga to'g'ri kelgan chastota va to'lqin uzunligi.
Ichki fotoeffekt	Yorug'lik ta'sirida yarimo'tkazgichlarda erkin zaryad tashuvchilarning konsentrasiyasi ortishi.
Foton	Yorug'lik kvanti yoki zarrasi. Uning tinch holatdagi massasi $m_0=0$.
Fotonning energiyasi	Fotonning energiyasi $E=h\nu$, harakat tezligi c , impulsi $p = \frac{h\nu}{c}$, massasi $m = \frac{h\nu}{c^2}$.
Yorug'lik bosimi	$p = \frac{I}{c}$, bu yerda I – yorug'lik intensivligi.
Fotoqarshilik-fotorezistor	Yorug'lik ta'sirida qarshiligi kamayuvchi rezistor.
Quyosh batareyalari	Ichki fotoeffektga asoslangan p - n o'tishli yarimo'tkazgichli fotoelementlar bo'lib, yorug'lik energiyasini elektr energiyasiga aylantirib beradi.

VII bob. ATOM VA YADRO FIZIKASI. ATOM ENERGETIKASINING FIZIK ASOSLARI

Barcha moddalar ko'p sonli bo'linmas zarralardan (atomlardan) tashkil topgan, degan fikr juda qadim zamonlarda yunon olimlari Demokrit, Epikur va Lukretsiylar tomonidan bildirilgan (atom so'zi yunoncha «atomos» – bo'linmas degan ma'noni anglatadi). Lekin bu fikrga turli sabablarga ko'ra uzoq vaqtlargacha jiddiy e'tibor berilmagan. Ammo o'n sakkizinchi asrda A. Lavuazye (fransuz) (1743–1794), J. Dalton (ingliz) (1766–1844), A. Avogadro (italyan) (1776–1856), M. Lomonosov (rus) (1711–1765), Y. Berselius (shved) (1779–1848) kabi olimlarning sa'y-harakatlari natijasida atomlarning mavjudligiga shubha qolmadi. D.I. Mendeleyev 1869-yilda elementlar davriy sistemasini yaratib, barcha moddalarning atomlari bir-birlariga o'xshash tuzilishga ega ekanligini ko'rsatib berdi. Shu bilan birga, yigirmanchi asrning boshlariga kelib, bo'linmas hisoblanuvchi atomning ichiga nigoh tashlash, ya'ni uning tuzilishini o'rganish muammosi vujudga keldi. Ingliz fizigi J.J. Tomson 1903-yilda atomning tuzilishi haqidagi birinchi modelni taklif qildi. Boshqa ingliz fizigi D. Rezerford o'z tajribalariga asosan Tomson modelini inkor etib, atomning planetar modelini taklif qildi. Ushbu modelga muvofiq, atom yadrodan (o'zakdan) va uning atrofida harakatlanuvchi elektronlardan tashkil topgan. Keyinchalik esa atom yadrosi – musbat zaryadlangan proton va elektr jihatdan neytral neytronlar majmuasidan iboratligi aniqlandi.

37-mavzu. ATOMNING BOR MODEL. BOR POSTULATLARI

1903-yilda ingliz fizigi J.J. Tomson atomning tuzilishi haqidagi birinchi modelni taklif qildi. Tomson modeliga muvofiq, atom – massasi tekis taqsimlangan 10^{-10} m kattalikdagi musbat zaryadlardan iborat shar sifatida tasavvur qilinadi. Uning ichida esa, o'z muvozanat vaziyatlari atrofida tebranma harakat qiluvchi manfiy zaryadlar (elektronlar) mavjud bo'lib

(bunda atomni keksga o'xshatish va elektron mayiz singari joylashgan deyish mumkin), musbat va manfiy zaryadlarning yig'indisi o'zaro teng.

Boshqa ingliz fizigi D. Rezerford 1911-yilda o'z tajribalariga asosan Tomson modelini inkor etib, atomning yadroviy (planetar) modelini taklif qildi. Ushbu modelga ko'ra atom jajjigina quyosh sistemasidek tasavvur qilinadi. Elektronlar yadro atrofida (yopiq) orbitalar – atomning elektron qobig'i bo'ylab harakatlanadi va ularning zaryadi yadrodagi musbat zaryadga teng.

Atomning o'lchamlari juda kichik bo'lgani uchun ($\approx 10^{-10}\text{m}$) uning tuzilishini bevosita o'rganish juda qiyin. Shuning uchun uning tuzilishini bilvosita, ya'ni ichki tuzilishi haqida ma'lumot beruvchi xarakteristikalar yordamida o'rganish maqsadga muvofiqdir. Shunday xarakteristikalardan biri – atomning nurlanish spektri. Atomning nurlanish spektri, ya'ni atom elektromagnit nurlar chiqarishida (yoki yutishida) hosil bo'ladigan optik spektrlar ancha batafsil o'rganilgan.

Shveysariyalik fizik I. Balmer 1885-yilda tajriba natijalariga tayanib vodorod spektri chiziqlari chastotalari uchun quyidagi formulani topdi.

$$\nu = R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right). \quad (7-1)$$

Bu yerda: $R = 3,29 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$ – Ridberg doimiysi, m va n doimiy sonlar, ular mos holda $m = 1, 2, 3, 4, \dots$ qiymatlarni, n esa butun ($m + 1$ dan boshlab) qiymatlarni qabul qiladi. Ushbu formulaga muvofiq vodorod spektri uzlukli chiziqlardan iboratdir.

Rezerfordning yadroviy modeli atomning spektral qonuniyatlarini tushuntirib bera olmadi. Bundan tashqari, bu model klassik mexanika va elektrodinamika qonunlariga zid bo'lib chiqdi.

Birinchidan, elektronning yadro atrofidagi orbita bo'ylab harakati egri chiziqli, ya'ni tezlanish bilan ro'y beradigan harakatdir. Bu harakatda elektronning energiyasi kamayadi, uning aylanish orbitasi kichrayadi va u yadroga yaqinlasha boradi. Boshqacha aytganda, ma'lum vaqtdan keyin elektron yadroga qulab, atom yo'qolishi kerak. Bu Rezerford modeliga muvofiq, atom nostabil sistema bo'lishini ko'rsatadi. Amalda esa atomlar juda mustahkam sistema hisoblanadi.

Ikkinchidan, elektron atomga yaqinlashgan sari orbitasining radiusi kichraya boradi ($R \rightarrow 0$), tezligi esa o'zgarmaydi ($v = \text{const}$). Natijada

tezlanishi $\left(\frac{mv^2}{R}\right)$ ortishi bilan elektronning nurlanish chastotasi ham uzluksiz ravishda ortishi va demak, uzluksiz nurlanish spektri kuzatilishi kerak. Tajribalar va ular bilan mos keluvchi Balmer formulasi esa atomning nurlanish spektri uzlukli (chiziqli) ekanligini ko'rsatganini bildik.

1913-yilda Rezerfordning yadroviy modeliga kvant nazariyasi tatbiq etilib, tajriba natijalarini to'la tushuntirib bera oladigan vodorod atomi nazariyasi yaratildi.

Bor nazariyasining asosini quyidagi ikkita postulat tashkil qiladi. Bu postulatlardan har biri yuqorida qayd etilgan Rezerford modelining ikkita kamchiligini bartaraf etishga qaratilgan.

1. **Statsionar (turg'un) holatlar haqidagi postulat:** atomda statsionar holatlar mavjud bo'lib, bu holatlarga elektronlarning statsionar orbitalari mos keladi.

Elektronlar faqat shu statsionar orbitalarda bo'lib, hattoki tezlanish bilan harakatlanganida ham nurlanmaydi.

Starsinar otbitadagi elektronning harakat nuqdori momenti (impuls momenti) kvantlangan bolib quyidagi shart bilan aniqlanadi:

$$m_e \cdot v_n \cdot r_n = n \cdot \hbar \quad (7-2)$$

Bu yerda: m_e – elektronning massasi; r_n – n-orbitaning radiysiy; v_n – elektronning shu orbitadagi tezligi; $m_e \cdot v_n \cdot r_n$ – elektronning shu orbitadagi inpuls momenti; n – nolga teng bo'lmagan (no) butunsan,unga bosh kvant soni deyiladi; $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ (h – Plank doimiysi).

Demak, Borning birinchi postulatiga ko'ra, atomdagi elektron istalgan orbita bo'ylab emas, balki statsionar orbita deb ataluvchi ma'lum orbitalar bo'ylab harakatlanishi mumkin. Bu harakat davomida nurlanmaydi, ya'ni energiyasi kamaymaydi. Energiyasi kamaymasa, yadroga tushmaydi va atom yo'qolmaydi. Shunday qilib, ushbu postulat Rezerford modelining birinchi kamchiligini bartaraf qiladi.

2. **Chastotalar haqidagi postulat:** elektron bir statsionar orbitadan ikkinchisiga o'tgandagina, energiyasi shu statsionar holatlardagi energiyalarining farqiga teng bo'lgan bitta foton chiqaradi (yoki yutadi):

$$h\nu = E_n - E_m, \quad (7-3)$$

bu yerda: E_n va E_m – mos ravishda elektronning n - va m - statsionar orbitalardagi energiyalari.

Agar $E_n > E_m$ bo'lsa, foton chiqariladi. Bunda, elektron katta energiyali holatdan kichikroq energiyali holatga, ya'ni yadrodan uzoqroqda bo'lgan statsionar orbitadan yadroga yaqinroq bo'lgan statsionar orbitaga o'tadi.

Agar $E_n < E_m$ bo'lsa, foton yutiladi va yuqoridagi mulohazalarga teskari hol ro'y beradi.

(7-2) ifodadan nurlanish ro'y beradigan chastotalarni, ya'ni atomning chiziqli spektrini aniqlash mumkin:

$$\nu = \frac{E_n - E_m}{h}. \quad (7-4)$$

Borning ikkinchi postulatiga ko'ra, elektron istalgan chastotali nurlanish chiqarmay, chastotasi (7-4) shartni qanoatlantiruvchi nurlanishnigina chiqarishi mumkin. Shu sababli, atomning nurlanish spektri uzluksiz bo'lmay, uzlukli (chiziqli) ko'rinishga ega. Demak, Borning ikkinchi postulati Rezerford modelining ikkinchi kamchiligini bartaraf qiladi.

Elektron orbitasining radiusi quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$r_n = n^2 \frac{h^2 \epsilon_0}{\pi m_e e^2}, \quad (7-5)$$

bu yerda: n – elektron statsionar orbitasining (aniqrog'i atomning statsionar holatining) tartib raqamini ko'rsatadi. Masalan, $n=1$ deb olsak, elektronning vodorod atomidagi birinchi statsionar orbitasi radiusining qiymatini hosil qilamiz. Bu radiusga birinchi *Bor radiusi* deyiladi va atom fizikasida uzunlik birligi sifatida foydalaniladi:

$$r_B = 0,529 \cdot 10^{-10} \text{ m.}$$

Atomning istalgan energetik sathdagi energiyasi E_n quyidagicha aniqlanadi:

$$E_n = - \frac{m_e e^4}{8h^2 \epsilon_0^2} \cdot \frac{1}{n^2}. \quad (7-6)$$

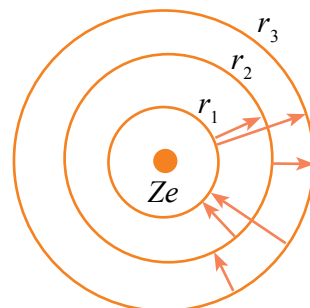
Ushbu ifodadan ko'rinib turibdiki, vodorod atomining to'la energiyasi manfiy bo'lib, u elektron va protonni erkin zarralarga aylantirish uchun qancha energiya sarflash kerakligini ko'rsatadi. Boshqacha aytganda, aynan shu energiya bu ikki zarrani bir butun atom sifatida saqlab turadi. Shuning uchun ham $n=1$ holat eng turg'un holat hisoblanib, bu holatda atom eng kam energiyaga ega bo'ladi va u *asosiy energetik holatda* deyiladi. Bu holatdagi vodorod atomini ionlashtirish uchun eng ko'p energiya sarflash taqozo qilinadi. $n > 1$ holatlar esa *g'alayonlangan (uyg'ongan) holatlar* deyiladi

va ulardagi atomning energiyasi kamroq bo'lib, bunday holatdagi atomni ionlashtirish uchun kamroq energiya sarflanadi.

Borning ikkinchi postulatiga ko'ra, elektron bir energetik sathdan ikkinchisiga o'tganida energiyali foton chiqariladi yoki yutiladi.

$$h\nu = E_2 - E_1 = \frac{m_e e^4}{8h^2 \epsilon_0^2} \cdot \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \quad (7-7)$$

Agar elektron ikkinchi orbitadan ($n_2=2$) birinchisiga o'tsa ($n_1=1$), foton chiqariladi (7.1-rasm). Teskari holda – yutiladi. Elektronni $n_1=1$ orbitadan $n_2 \rightarrow \infty$ ga o'tkazish uchun, boshqacha aytganda, elektronni atom yadrosidan ajratib olish (atomni ionlashtirish) uchun eng katta energiya sarflanadi. Bu energiyaning qiymati 13,6 eV ga teng bo'lib, vodorod atomini ionlashtirish energiyasidir.



7.1-rasm.

Demak, vodorod atomining asosiy holatidagi elektronning energiyasi $-13,6$ eV ga teng. Yuqorida ta'kidlaganimizdek, energiyaning manfiyligi elektronning bog'langan holatda ekanligini ko'rsatadi. Erkin holatdagi elektronning energiyasi nolga teng deb qabul qilingan.

(7-7) ifoda yordamida chiqariladigan yoki yutiladigan fotonning chastotasini yoki to'lqin uzunligini aniqlash mumkin:

$$\nu = \frac{m_e e^4}{8h^3 \epsilon_0^2} \cdot \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right). \quad (7-8)$$

Bu Balmer formulasi bo'lib, $R = \frac{m_e e^4}{8h^3 \epsilon_0^2}$ –Ridberg doimiysidir.



1. Rezerford modelining kamchiliklari nimalardan iborat edi?
2. Bor o'z nazariyasini qanday g'oyaga asoslanib yaratdi?
3. Statsionar holatlar haqidagi postulat nimadan iborat?
4. Borning birinchi postulati Rezerford modelining qanday kamchiligini bartaraf qiladi?

Masala yechish namunasi

1. Vodorod atomining elektroni uchinchi orbitadan ikkinchi orbitaga o'tgandagi nurlanish to'lqin uzunligi elektron ikkinchi orbitadan birinchi orbitaga o'tgandagi nurlanish to'lqin uzunligidan necha marta katta?

Berilgan:	Formulasi va yechilishi:
$n_1 = 3,$ $n_2 = 2,$ $n_3 = 1,$ $R = 1,097 \cdot 10^7 \text{m}^{-1}.$	$\nu = R \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \cdot \lambda_{21} = \frac{n_1^2 n_2^2 c}{(n_2^2 - n_1^2) R};$
Topish kerak:	$\lambda_{32} = \frac{n_3^2 n_2^2 c}{(n_3^2 - n_2^2) R}.$
$\frac{\lambda_{32}}{\lambda_{21}} = ?$	$\frac{\lambda_{32}}{\lambda_{21}} = \frac{9 \cdot 4}{\frac{(9 \cdot 4)}{1 \cdot 4}} = \frac{36}{5} \cdot \frac{3}{4} = \frac{27}{5} = 5,4.$
	<i>Javobi:</i> $\frac{\lambda_{32}}{\lambda_{21}} = 5,4.$

38-mavzu. LAZER VA ULARNING TURLARI

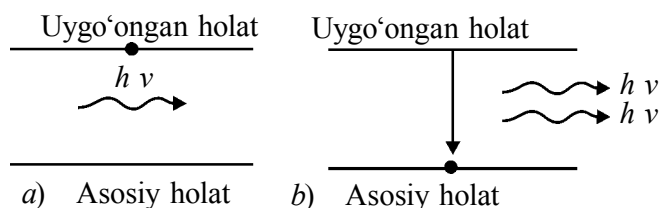
Lazer nima? Lazer deb ataluvchi optik kvant generatorlarining paydo bo'lishi fizika fanining yangi sohasi – kvant elektronikasining ulkan yutug'idir. *Lazer deganda, juda aniq yo'naltirilgan kogerent yorug'lik nurining manbasi tushuniladi.*

Lazer so'zining o'zi inglizcha «majburiy tebranish natijasida yorug'likning kuchaytirilishi» so'zlaridagi birinchi harflaridan olingan («Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation»).

Birinchi kvant generatorlari rus fiziklari N. Basov, A. Proxorov va amerikalik fizik Ch. Taunson tomonidan yaratilgan (Ushbu sohadagi ishlari uchun 1964-yilda Nobel mukofotiga sazovor bo'lishgan). Bunday generatorlarning ish prinsipini tushunish uchun nurlanish jarayoni bilan batafsilroq tanishaylik.

Atomning majburiy nurlanishi. Oldingi mavzuda qayd etilganidek, atom asosiy holatda bo'lganida nurlanmaydi va unda cheksiz uzoq vaqt davomida turadi. Ammo atom boshqa ta'sirlar natijasida uyg'ongan holatga o'tishi mumkin. Odatda, atom uyg'ongan holatda uzoq bo'lmay, yana qaytib, asosiy holatga o'tadi va bunda energetik sathlarning farqiga teng energiyali foton chiqaradi. Bunday o'tish o'z-o'zidan ro'y bergani uchun chiqariladigan nurlanish *spontan nurlanish* deyiladi va chiqarilgan nurlar kogerent bo'lmaydi. Ammo A.Eynshteynning ta'kidlashicha, bunday o'tishlar nafaqat o'z-o'zidan,

balki majburiy ham bo'lishi mumkin. Bunday majburiy o'tish uyg'ongan atom yonidan o'tayotgan foton ta'sirida ro'y berishi mumkin (7.2-rasm).

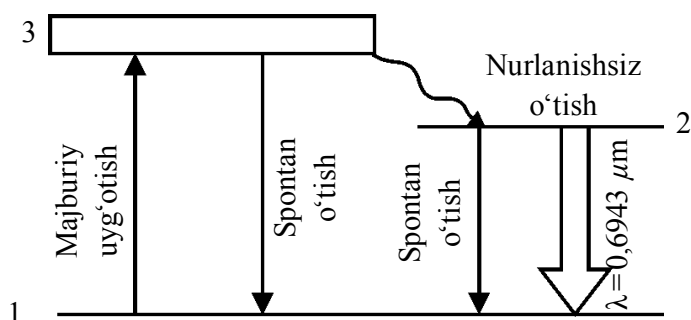


7.2-rasm.

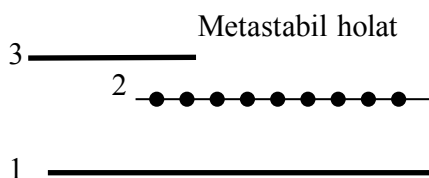
Natijada atom uyg'ongan holatdan asosiy holatga o'tishida chiqariladigan foton, bu o'tishni vujudga keltiradigan foton bilan bir xil bo'ladi. Boshqacha aytganda, har ikkala foton ham bir xil chastotaga, harakat yo'nalishiga, fazaga va qutblanish yo'nalishiga ega bo'ladi. Rus fizigi V. Fabrikant majburiy nurlanish yordamida yorug'likni kuchaytirish usulini taklif qildi. Bu usulning mohiyatini tushunish uchun quyidagi misolni ko'raylik. Ayrim moddalarning atomlarida shunday uyg'ongan holatlar mavjudki, atomlar bu holatlarda uzoq vaqt davomida bo'lishlari mumkin. Bunday holatlar *metastabil holatlar* deyiladi. Metastabil holatlar bilan yoqut kristali misolida batafsil tanishaylik.

Xrom atomining uyg'ongan holatda yashash davri juda kichik (10^{-7} s) bo'lganligi uchun u yoki spontan ravishda (o'z-o'zidan) 1 asosiy holatga o'tishi yoki nurlanishsiz 2 holatga o'tishi (metastabil holat) mumkin (7.3-rasm). Bunda energiyaning ortiqcha qismi yoqut kristalining panjarasiga beriladi. 2 holatdan 1 holatga o'tishning tanlov qoidalariga muvofiq man qilinganligi xrom atomlarining 2 holatda to'planishiga olib keladi. Agar majburiy uyg'otish juda katta bo'lsa, 2 holatdagi atomlarning konsentratsiyasi 1 holatdagidan juda katta bo'lib, 2 holatda elektronlarning juda zich joylashuvi ro'y beradi (7.4-rasm). Agar yoqutga xrom atomining metastabil holati (E_2) va asosiy holati (E_1) energiyalarining ayirmasiga teng, $E_2 - E_1 = h\nu$ energiyali birorta foton tushsa, unda ionlarning 2 holatdan 1 holatga majburiy o'tishlari ro'y berib, energiyasi dastlabki fotonning energiyasiga teng bo'lgan fotonlar chiqariladi.

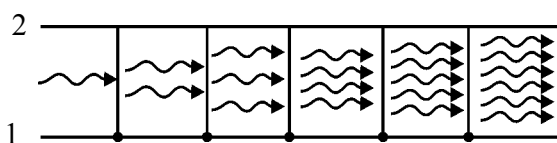
Yoqut lazeri. Yoqut kristali aluminiy oksid Al_2O_3 dan iborat bo'lib, Al ning ba'zi atomlari o'rnini xromning uch valentli Cr^{3+} ionlari egallagan bo'ladi. Kuchli yoritilish natijasida xrom atomlari 1 asosiy holatdan 3 uyg'ongan holatga majburiy ravishda o'tkaziladi (7.3-rasm).



7.3-rasm.



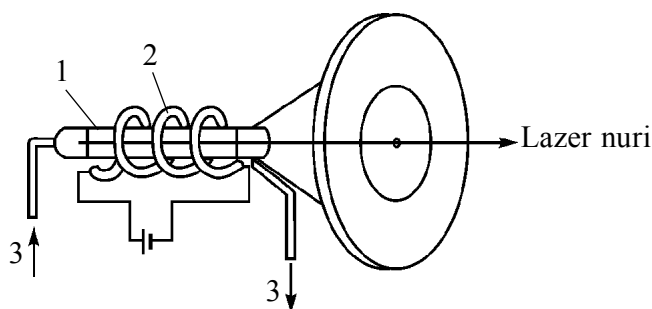
7.4-rasm.



7.5-rasm.

Bu jarayon ko'chkisimon rivojlanib, fotonlarning soni keskin ortib boradi (7.5-rasm). Bu fotonlarning nafaqat chastotalari, balki fazalari, tarqalish yo'nalishlari va qutblanish tekisliklari ham bir xil bo'ladi. Natijada yoqutdan kuchaygan kogerent yorug'lik dastasi, ya'ni *lazer nuri* chiqadi.

7.6-rasmda yoqut lazerini hosil qilish sxemasi ko'rsatilgan. Yoqut tayoqcha 1 xrom atomlarining metastabil holatga o'tishini ta'minlovchi 2 gazli lampa bilan o'ralgan. Yoqutning temperaturasi zarur qiymatda saqlanishini ta'minlash maqsadida sovutish sistemasi 3 ulangan.



7.6-rasm.

Boshqa lazerlarning hosil bo'lish mexanizmi ham shunga o'xshaydi.

Lazerning turlari. Kvant generatorlari kvant mexanikasi qonunlari asosida istalgan (elektr, issiqlik, yorug'lik, kimyoviy va h.k.) energiyani

kogerent yorug'lik nuri energiyasiga aylantirib beradi. Bu ajoyib xossaga egaligi lazer nurining juda keng qo'llanilishiga sabab bo'lmoqda.

Lazerlar faollashtiruvchi moddalarning turlariga, ya'ni qanday energiyani kogert yorug'lik nuri energiyasiga aylantirishiga qarab bir nechta turlarga bo'linadi. Bular: qattiq lazerlar, yarim o'tkazgichli lazerlar, gaz lazerlari, kimyoviy lazerlar, tolali lazerlar, rentgent lazerlari va hokazolar.

Ular impuls, uzluksiz va kvaziuzluksiz rejimlarda ishlashi mumkin.

Lazerning xossalari bilan tanishaylik.

Yuqori darajada kogerent, ya'ni fotonlarning fazalari bir xil.

Qat'iy monoxromatik. Dastaga kiruvchi fotonlar to'liq uzunliklarining farqi 10^{-11} m dan oshmaydi, ya'ni $\Delta\lambda < 10^{-11}$ m.

Nurlanish quvvati juda katta. Lazer nurida nurlanish quvvati 10^{16} – 10^{20} W/m² gacha bo'lishi mumkin. Bu juda katta qiymat hisoblanadi. Vaholanki, Quyoshning to'la nurlanish spektri bo'yicha nurlanish quvvati $7 \cdot 10^7$ W/m² ni tashkil qiladi.

Nurning yoyilish burchagi juda kichik. Masalan, Yerdan Oyga yo'naltirilgan lazer Oy sirtida 3 km diametrli joynigina yoritadi. Odatdagi proyektor nuri esa 40 000 km diametrli maydonni yoritgan bo'lardi.

Lazerning qo'llanilishi. Qulayligi va kam energiya sarflanishi lazerning juda qattiq materiallarni qayta ishlash va payvandlashda keng qo'llanilishiga imkon yaratdi. Masalan, oldin olmosdan kichkina teshikcha ochish uchun 24 soat vaqt sarflangan bo'lsa, hozir bu ish lazer yordamida 6–8 minutda amalga oshiriladi.

Soatsozlik sanoati uchun zarur bo'lgan yoqut va olmos toshlarda ochiladigan diametri 1–10 mm, chuqurligi 10–100 μ m bo'lgan nozik teshikchalar lazer yordamida hosil qilinadi.

Lazer juda keng qo'llaniladigan sohalaridan yana biri– materiallarni kesish va payvandlashdir. Bu ishlar nafaqat mikroelektronika, poligrafiya kabi nozik sohalarida, balki mashinasozlik, avtomobilsozlik, qurilish materiallarini ishlab chiqarishda ham bajariladi.

Lazer nurlari buyumlardagi nuqsonlarni aniqlash, kimyoviy reaksiyalar mexanizmini o'rganish va ularni tezlashtirish, o'ta toza materiallarni hosil qilishda ham juda yaxshi yordamchidir. Hozir lazer yordamida izotoplar, jumladan, uran izotoplari ajratib olinmoqda.

Lazer o'lchov ishlarida ham juda keng qo'llaniladi. Ular yordamida uzoqdan turib ko'chishlarni, muhitning sindirish ko'rsatkichini, bosimni,

temperaturani o'lchash mumkin. Lazer nuri Yerdan Oygacha bo'lgan masofani aniqlashtirishga, Oy xaritasiga aniqliklar kiritishga yordam berdi.

Lazer tibbiyotda ham juda keng qo'llanilmoqda. U qon chiqarmaydigan pichoq vazifasini bajarib, kishilarning umrini uzaytirishga, ko'rish qobiliyatini tiklashga xizmat qilmoqda.

Lazer qo'llanadigan istiqbolli sohalardan yana biri – yuqori temperaturali plazma hosil qilishdir. Bu soha termoyadro sintezini lazer bilan boshqarish yo'lida yaxshigina imkoniyatlar ochgani sababli olimlarning diqqat markazida turibdi.

Lazerli disklar tushunchasi kompyuterda ishlovchilar va musiqasevarlar kundalik hayotining ajralmas qismiga aylanib qoldi.

Hozirgi paytda lazerning qo'llanilish sohasi shu qadar ko'pki, ularning hammasiga to'xtalib o'tishning imkoni ham yo'q. Ammo bizning izlanuvchan o'quvchimiz bu ishni mustaqil amalga oshiradi, degan umiddamiz.



1. Lazer nima?

2. Spontan nurlanish deb qanday nurlanishga aytiladi?

3. Majburiy o'tish qanday hosil qilinadi?

4. Metastabil holat deb qanday holatga aytiladi?

5. Lazerning o'lchov ishlarida, fanda, tibbiyotda qo'llanilishiga misollar keltiring.

39-mavzu. ATOM YADROSINING TARKIBI.

BOG'LANISH ENERGIYASI. MASSA DEFEKTI

Atom yadrosi. Rezerford o'z tajribalari natijasida atomning musbat zaryadlangan yadrosi (o'zagi) bor degan xulosaga keladi. Atomning kattaligi 10^{-10} m bo'lgan bir paytda yadroning kattaligi 10^{-14} – 10^{-15} m ni tashkil qiladi. Boshqacha aytganda, yadro atomdan 10 000–100 000 marta kichikdir.

Shu bilan birga, atom massasining qariyb 95 foizi yadroda mujassamlashgan. Agar biror jism massasining 95 foizi u egallab turgan hajmdan 100 000 marta kichik hajmda mujassamlashganini e'tiborga olsak, barcha moddalar, asosan, bo'shliqdan iborat ekanligiga hayratlanishdan boshqa ilojimiz qolmaydi. Endi yadroning o'zi qanday tuzilishga ega, degan masalani qaraylik.

Rus fizigi D. I. Ivanenko va nemis fizigi V. Geyzenberg *atom yadrosi – proton va neytronlardan tashkil topgan*, degan g'oyani olg'a surganlar.

Proton (p)–vodorod atomining yadrosi, 1919-yilda Rezerford va uning xodimlari tomonidan kashf qilingan. Elektronning zaryadiga teng musbat zaryadga ega. Tinchlikdagi massasi $m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \approx 1836 m_e$ bu yerda m_e – elektronning massasi. (Proton – grekcha – “birinchi”).

Neytron (n) – 1932-yilda ingliz fizigi J.Chedvik tomonidan kashf qilingan. Elektr neytral zarra. Tinchlikdagi massasi $m_n = 1,6749 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \approx 1839 m_e$ (*Neytron* – lotincha u ham emas, bu ham emas).

Proton va neytronlarni birgalikda *nuklonlar* deyishadi (lotincha *nucleus* – *yadro* soʻzidan olingan). Atom yadrosidagi nuklonlarning umumiy soni *massa soni* (A) deyiladi.

Atom yadrosi Ze zaryad miqdori bilan xarakterlanadi. Bu yerda: $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ga teng boʻlib protonning zaryadini xarakterlaydi. Z – yadroning zaryad soni deyilib, u yadrodagi protonlar soniga teng va Mendeleyev elementlar davriy sistemasida kimyoviy elementning tartib raqami bilan mos keladi.

Yadro neytral atom qanday belgilansa, xuddi shunday belgilanadi: ${}_Z^AX$, bu yerda: X – kimyoviy elementning belgisi, Z – atomning tartib raqami (yadrodagi protonlar soni); A – massa soni (yadrodagi nuklonlar soni). Atom elektr neytral boʻlgani uchun ham yadrodagi protonlar soni atomdagi elektronlar soni bilan teng boʻladi.

Izotoplar. (*Izotop* – grekcha izos – teng, bir xil; topos – joy) Tartib raqami (Z) bir xil, lekin massa soni (A) turlicha boʻlgan elementlar *izotoplar* deyiladi. Izotoplar yadrosidagi neytronlar soni ($N = A - Z$) bilan farq qiladi.

Izobarlar. Massa soni (A) bir xil, lekin tartib raqami (Z) turlicha boʻlgan elementlar *izobarlar* deyiladi. Izobarlar yadrosidagi protonlar soni ($Z = A - N$) bilan farq qiladi.

Yadroning kattaligi. Yadroning radiusi tajriba natijasi asosida yozilgan

$$R = R_0 A^{\frac{1}{3}} \quad (7-9)$$

formula bilan aniqlanadi. Bu yerda: $R_0 = (1,2-1,7) \cdot 10^{-15} \text{ m}$. Shuni taʼkidlash zarurki, atom yadrosining radiusi deganda, yadro kuchlarining taʼsiri namoyon boʻladigan sohaning chiziqli kattaligi tushuniladi. Yadroning hajmi unga kiruvchi nuklonlar soni A ga bogʻliq boʻlsa-da, barcha yadrolarda nuklonlarning zichligi bir xil. Yadroning zichligi juda katta boʻlib, $\rho = 2 \cdot 10^{11} \text{ kg/m}^3$ atrofida. Boshqacha aytganda, *1 m³ yadro materialining massasi 200 million tonna boʻladi*. Bu qadar katta massa qanday qilib bogʻlanib turar ekan?

Yadroni kulon kuchi ta'sirida parchalanib ketishdan saqlab turadigan bunday tortishish kuchlari yadro kuchlari deyiladi.

Yadroning bog'lanish energiyasi. Tekshirishlarning ko'rsatishicha, atom yadrosi ancha mustahkam tuzilishga ega. Demak, yadrodagı nuklonlar orasida ma'lum bog'lanish mavjud. *Yadroni alohida nuklonlarga ajratish uchun zarur bo'ladigan energiya yadroning bog'lanish energiyasi deyiladi.* Yadroning bog'lanish energiyasi uning barqarorligi o'lchovidir. Energiyaning saqlanish qonuniga ko'ra, yadroni parchalash uchun qancha energiya sarflansa, yadro hosil bo'lganda ham shuncha energiya ajralib chiqadi.

Xo'sh, bu energiya nimaga teng va u qanday vujudga keladi?

Massa defekti. Yadro massasini *mass-spektrometrlar* deb ataluvchi asbob yordamida katta aniqlikda o'lchash mumkin. Bunday o'lchashlarning ko'rsatishicha, yadroning massasi uning tarkibiga kiruvchi nuklonlar massalarining yig'indisidan kichik ekan. Boshqacha aytganda, nuklonlardan yadro hosil bo'lishida

$$\Delta m = [Z \cdot m_p + (A - Z)m_n] - m_{ya} \quad (7-10)$$

ga teng massa yetishmovchiligi vujudga keladi. Bu yerda: m_p , m_n , m_{ya} – mos ravishda proton, neytron va yadroning massalari. Massaning yetishmagan bu qismi *massa defekti* deyiladi. Bizga ma'lumki, massaning har qanday Δm o'zgarishiga energiyaning Δmc^2 o'zgarishi mos keladi. Aynan shu energiya yadroni bir butun tutib turadi va bog'lanish energiyasiga teng:

$$E_{bog'} = \Delta mc^2 = [Z \cdot m_p + (A - Z)m_n - m_{ya}]c^2. \quad (7-11)$$

Tabiiyki, turli yadrolar uchun bog'lanish energiyasi ham turlicha. Ularni taqqoslab, qaysilari barqaror, qaysilari esa beqarorroq ekanligini qanday aniqlashimiz mumkin? Buni aniqlashning yagona yo'li har bir nuklonga to'g'ri keluvchi bog'lanish energiyasini solishtirishdir.

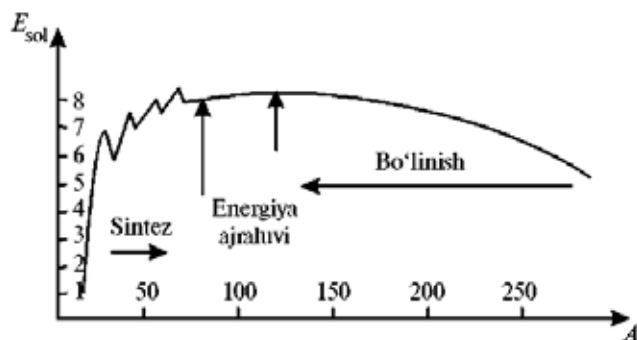
Solishtirma bog'lanish energiyasi E_{sol} deb, har bir nuklonga to'g'ri keluvchi bog'lanish energiyasiga aytiladi, ya'ni:

$$E_{sol} = \frac{E_{bog'}}{A}, \quad (7-12)$$

bu yerda: A – yadrodagı nuklonlar soni.

7.7-rasmda solishtirma bog'lanish energiyasi E_{sol} ning massa soni A ga bog'liqlik grafigi keltirilgan. Ko'rinib turibdiki, E_{sol} ning turli yadrolar uchun qiymatlari ham turlichadir. Mendeleyev elementlar davriy sistemasining o'rtasida joylashgan

elementlarning yadrolari ancha barqaror. Bunday yadrolar uchun bog‘lanish energiyasi 8,7 MeV ga yaqin. Yadrodagi nuklonlarning soni ortishi bilan bog‘lanish energiyasi kamaya boradi. Davriy sistemaning oxiridagi elementlar (masalan, uran uchun) u 7,6 MeV atrofida bo‘ladi. Bunga sabab – yadrodagi protonlarning soni ortishi bilan ular orasidagi itarishish kuchining ortishidir.



7.7-rasm.

Elektronning atomga bog‘lanish energiyasi 10 eV atrofida bo‘ladi. Demak, nuklonning yadroga bog‘lanish energiyasi, elektronning atomga bog‘lanish energiyasidan million marta katta ekan.

Xuddi shuningdek, yengil yadrolar uchun ham solishtirma bog‘lanish energiyasi ancha kichik. Deyteriy uchun u bor-yo‘g‘i 1,1 MeV ni tashkil qiladi.

Shuning uchun ham yadro energiyasini ajratib olishning ikki xil usuli va demak, yadro energetikasining ham ikki xil yo‘nalishi mavjud. Bulardan birinchisi, yengil yadrolarni sintez qilish bo‘lsa, ikkinchisi, og‘ir yadrolarning parchalanishidir.



1. Atom yadrosining massa soni nimani ko‘rsatadi?
2. Yadroning bog‘lanish energiyasi deb qanday energiyaga aytiladi?
3. Massa defekti nima?
4. Atom massasining qancha qismi yadroda mujassamlangan?
5. Yadroning zaryad soni deganda nimani tushunamiz?

Masala yechish namunalari:

Natriy $^{23}_{11}\text{Na}$ va fluor $^{19}_9\text{F}$, yadrolarining tarkibi qanday?

Javobi: $^{23}_{11}\text{Na} \rightarrow Z = 11; N = A - Z = 23 - 11 = 12;$

$^{19}_9\text{F} \rightarrow Z = 9; N = A - Z = 19 - 9 = 10;$

40-mavzu. RADIOAKTIV NURLANISHNI VA ZARRALARNI QAYD QILISH USULLARI

Zarralarni qayd qiluvchi asboblarning turlari. Radioaktiv moddalarning nurlanishini o'rganishdan asosiy maqsad – radioaktiv yemirilishda chiqariladigan zarralarning tabiatini, energiyasini va nurlanish intensivligini (radioaktiv modda bir sekundda chiqaradigan zarralar sonini) aniqlashdan iborat. Ularni qayd qilishning eng keng tarqalgan usullari zarralarning ionlashtirishiga va fotokimyoviy ta'sirlariga asoslangandir. Bu vazifani bajaruvchi asboblarda ham ikki turga bo'linadi:

1. Zarralarni fazoning biror qismidan o'tganligini qayd qiluvchi va ba'zi hollarda ularning ba'zi xarakteristikalarini, masalan, energiyasini aniqlashga imkon beruvchi asboblarda. Bunday asboblarga sintillatsion (chaqnovchi) hisoblagich, Cherenkov hisoblagichi, gaz razryadli hisoblagich, yarimo'tkazgichli hisoblagich va impulsli ionlashtiruvchi kamera misol bo'la oladi.

2. Zarraning moddadagi izini kuzatishga, masalan, suratga tushirishga imkon beruvchi asboblarda. Bunday asboblarga Vilson kamerasi, diffuziyali kamera, pufakli kamera, fotoemulsiya usuli misol bo'la oladi. Biz quyida ularning ba'zilarini bilan tanishib o'tamiz.

Umuman olganda, ikki xil gaz razryadli hisoblagich mavjud. Birinchisi, *proporsional hisoblagich* deyilib, unda gaz razryadi nomustaqil bo'ladi. *Geyger – Myuller hisoblagichi* deb ataluvchi ikkinchi xil hisoblagichda esa gaz razryadi mustaqil bo'ladi. Geyger – Myuller hisoblagichlarining ajrata olish vaqti 10^{-3} – 10^{-7} s ni tashkil qiladi, ya'ni shunday vaqt oralig'ida tushgan zarralar qayd qilinadi.

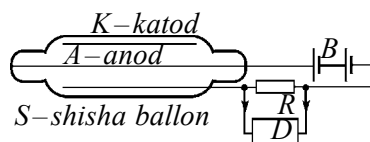
Geyger hisoblagichi – gazning ionlashishiga asoslangan.

U faqat zarralarning o'tishinigina qayd etadi.

Geyger hisoblagichi ichki tomoni metall qatlami (katod) bilan qoplangan shisha ballon va ballonning o'qi bo'ylab tortilgan ingichka metall tola (anod) dan iborat. Shisha ballon S past bosim sharoitida gaz bilan to'ldiriladi. Buni silindrik kondensator deb qarash mumkin. Kondensatorga B batareyadan R qarshilik orqali kuchlanish beriladi.

Agar kondensatorga zaryadlangan zarra uchib kirsang, gaz molekulalarini ionlashtirib, gaz razryadini vujudga keltiradi.

Natijada hisoblagich orqali tok o'ta boshlaydi va R qarshilik bo'ylab potensial kamayadi. Kuchlanishning bunday tebranishi D kuchaytirgich va mexanik hisoblagichdan iborat qayd qiluvchi qurilmaga uzatiladi.



7.8-rasm.

Shunday qilib, Geyger hisoblagichi har bir ionlashtiruvchi zarrani qayd qiladi. Uning sezgirligi katta bo'lib, sekundiga 10000 zarrani qayd qila oladi.

Pufakli kamera – qizdirilgan suyuqlikning zarra trayektoriyasi bo'ylab qaynashiga asoslangan va uning trayektoriyasini qayd qiladigan asbob. U suyuq vodorod solingan, yoritish va rasmga olish mumkin bo'lgan shisha kameradan iborat. Uning hajmi 3 sm^3 dan bir necha metr kublargacha bo'lishi mumkin. Pufakli kamerani kashf qilgani uchun Gleyzerga 1960-yilda Nobel mukofoti berilgan.

Boshlang'ich holatda kameradagi suyuqlik yuqori bosim ostida bo'ladi, shuning uchun suyuqlikning temperaturasi atmosfera bosimidagi qaynash temperaturasidan yuqori bo'lsa-da, u qaynab ketmaydi.

Tekshirilayotgan zarra kameradan uchib o'tishida suyuqlik molekullarini ionlashtiradi. Xudda shu vaqtda suyuqlikning bosimi kengaytiruvchi qurilma yordamida keskin pasaytiriladi. Suyuqlik o'ta isitilgan holatga o'tadi va qaynaydi. Bu vaqtda ionlarda juda kichik bug' pufakchalari paydo bo'ladi. Shuning uchun zarraning butun yo'li pufakchalar bilan qoplangan bo'ladi. Kamerani yoritib, izlarni kuzatish yoki fotosuratga olish mumkin.

Pufakli kameraning Vilson kamerasidan afzalligi, unda ishchi modda zichligining katta bo'lishidadir. Buning natijasida zarralar kuchli tormozlanadi va nisbatan qisqa yo'lni o'tib to'xtaydi. Shu sababli pufakli kamera yordamida juda katta energiyali zarralarni ham tekshirish mumkin.

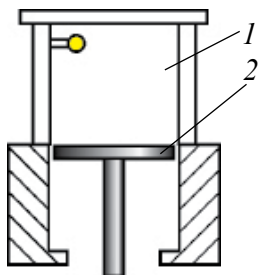
Sintillatsion hisoblagich. Ish prinsipi tez zarralarning fluoressiyalanuvchi ekranga tushishida ro'y beradigan chaqnash – sintillatsiyaning kuzatilishiga asoslangan. Hosil bo'lgan kuchsiz yorug'lik chaqnashi elektr impulslariga aylantiriladi va kuchaytirilib, maxsus apparatlar yordamida qayd qilinadi. α –zarra birinchi marta aynan shunday hisoblagich yordamida (1903-yil) qayd qilingan edi.

Vilson kamerasi zarralarning iziga qarab (*trek*–inglizcha–*iz*) qayd qiladi.

Kamera 1911-yilda ingliz fizigi Ch. Vilson tomonidan yaratilgan. U tez uchib kelayotgan zarralarning bug'simon holatdagi moddadan o'tganida, shu modda molekullarini ionlashtirishiga asoslangan.

Vilson kamerasing sxemasi 7.9-rasmda tasvirlangan. Kameraning ishchi hajmi (1) suvning yoki spirtning to'yingan bug'i bo'lgan havo yoki gaz bilan to'ldirilgan. Porshen (2) pastga qarab tez harakatlanganda 1 hajmdagi gaz adiabatik ravishda kengayadi va soviydi. Natijada gaz o'ta to'yingan holatga keladi. Kameradan uchib o'tgan zarra o'z yo'lida ionlarni vujudga keltiradi va hajm kengayganda kondensatsiyalangan bug'lardan tomchilar hosil bo'ladi. Shunday qilib, zarra orqasida ingichka tuman yo'l ko'rinishidagi iz qoladi. Bu izni kuzatish yoki rasmda tushirish mumkin.

Alfa-zarra gazni kuchli ionlashtiradi va shuning uchun Vilson kamerasida qalin iz qoldiradi (7.10-rasm). Beta-zarra – juda ingichka iz qoldiradi. Gamma-nurlanish esa Vilson kamerasidagi gaz molekulalaridan urib chiqargan fotoelektronlari yordamida qayd etilishi mumkin.



7.9-rasm.



7.10-rasm.

Fotoemulsiya usuli. 1927-yilda rus fizigi L. Misovski yaryadlangan zarralar izini qayd qilishning oddiy usulini taklif qildi. Zaryadlangan zarralar fotoemulsiya orqali o'tganda, unda tasvir hosil qiluvchi ionizatsiyani vujudga keltiradi. Surat ochilgandan keyin zaryadlangan zarralarning izlari ko'rinib qoladi. Emulsiya juda qalin bo'lganligi uchun ham zarraning unda qoldirgan izi juda ham qisqa bo'ladi. Shuning uchun, fotoemulsiya usuli juda katta energiyali tezlatkichlardan chiqayotgan zarralar va kosmik nurlar vujudga keltiradigan reaksiyalarni o'rganish maqsadida ishlatiladi.



1. Zarralarni qayd qilishning asosiy usullari ularning qanday ta'sirlariga asoslangan?
2. Gaz razryadli hisoblagichning ish prinsipi qanday?
3. Geyger – Myuller hisoblagichining ish prinsipi va unumdorligi qanday?
4. Fotoemulsiya usuli nimadan iborat?

Masala yechish namunasi:

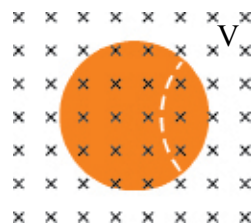
1. Agar Vilson kamerasiga uchib kirgan (7.9-rasmga qarang) elektron treki (izi)ning radiusi 4 sm, magnit maydon induksiyasi 8,5 mT bo'lsa, elektronning tezligi qanday?

Berilgan:
 $R = 4 \text{ sm} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ m}$
 $B = 8,5 \text{ mT} = 8,5 \cdot 10^{-3} \text{ T}$

Topish kerak:
 $= ?$

Yechilishi:

$$\begin{aligned} F_{\lambda} &= F_{mi} & (1) \\ e[\vec{v} \cdot \vec{B}] &= \frac{mv^2}{R}, \quad evB = \frac{mv^2}{R}, \\ v &= \frac{ReB}{m}. & (2) \end{aligned}$$



$$\text{Berilganlardan olamiz } v = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 8,5 \cdot 10^{-3} \text{ T} \cdot 4 \cdot 10^{-2} \text{ m}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}} = 6 \cdot 10^7 \text{ m/s}.$$

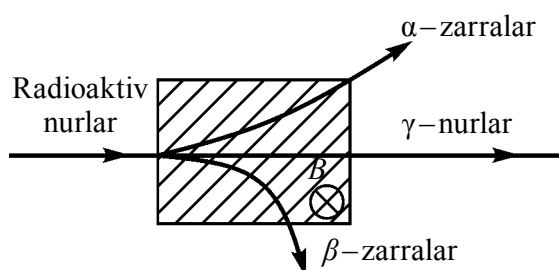
Javobi: $6 \cdot 10^7 \text{ m/s}$.

41-mavzu. RADIOAKTIV YEMIRILISH QONUNI

Fransuz fizigi A. Bekkerel 1896-yilda uran tuzlarida luminessensiya hodisasini o'rganayotib, g'aroyib hodisaga duch keldi. Uran tuzini fotoplastinka ustida qoldirgan Bekkerel plastinkani ochganida plastinkaga tuzning surati o'tib qolganini ko'rdi. Tajribani bir necha bor takrorlagan Bekkerel, bunday tuzlar qog'ozdan, yupqa metallardan oson o'tuvchi, havoni ionlashtiruvchi, luminessensiya hodisasini vujudga keltiruvchi noma'lum nur chiqaradi, degan xulosaga keldi.

Ushbu nurlar *radioaktiv nurlar* (lotincha *radius* – nur so'zidan olingan), radioaktiv nurlarni chiqarish esa *radioaktivlik* deb nomlandi.

Rezerford tajribalar yordamida radioaktiv nurlar bir jinsli emas, balki bir necha nurlardan iborat ekanligini aniqladi. Rasm tekisligiga perpendikular yo'nalgan magnit maydondan o'tkazilgan nur (7.11-rasm) uchta: α , β , γ – nurlarga ajralib ketdi.



7.11-rasm.

Ularning birinchisi – geliy yadrosining oqimi, ikkinchisi – elektronlar oqimi, uchinchi esa γ – kvantlar (fotonlar) oqimidir.

Tabiiy radioaktivlik. Uran radioaktiv nur chiqaradigan yagona element emas. Radioaktivlikni har tomonlama chuqur o'rgangan er-xotin Mariya va Pyer Kyurilar uran rudasidan ikkita radioaktiv element– poloniy (Po) va radiy (Ra)larni ajratib olish sharafiga muyassar bo'ldilar. Tabiiy radioaktiv elementlar yerning istalgan joyida mavjud. U havoda, suvda, tuproqda, jonli organizmning hujayralarida, oziq-ovqatlarda istalgancha topiladi. Tabiatda eng ko'p tarqalgan radioaktiv izotoplar ^{40}K , ^{14}C , uran va toriy izotoplari oilasidir.

Shuni alohida ta'kidlash lozimki, radioaktivlik izotopning sof holda yoki biror birikma tarkibiga kirishiga, qanday agregat holatda bo'lishiga mutlaqo bog'liq emas. Shu bilan birga, na bosim, na temperatura, na elektr maydon va na magnit maydon tabiiy radioaktivlikka ta'sir ko'rsata olmaydi. Demak, radioaktivlik yadro ichidagi jarayonlargagina bog'liq, degan xulosaga kelishdan boshqa ilojimiz yo'q.

Tabiiy radioaktivlik deb, nostabil izotoplar atomi yadrolarining turli zarralar chiqarish va energiya ajratish bilan stabil izotoplarga aylanishiga aytiladi.

Shunday qilib, radioaktivlik atom yadrosi va unda bo'ladigan jarayonlar haqida ma'lumot beruvchi manbalardan biridir.

Radioaktiv yemirilish qonuni. Yadroning radioaktiv nur chiqarish bilan boshqa yadroga aylanishi *radioaktiv yemirilish* yoki soddagina *yemirilish* deyiladi. Radioaktiv yemirilgan yadro ona yadro, hosil bo'lgan yadro esa bola yadro deyiladi. Xo'sh, bu yemirilish biror qonunga bo'ysunadimi? Ko'plab tajribalarning ko'rsatishicha, qaralayotgan hajmdagi radioaktiv atomlar soni vaqt o'tishi bilan kamaya boradi. Ba'zi elementlarda bu kamayish minutlar, hatto sekundlar davomida ro'y bersa, ba'zilarida milliardlab yil davom etadi. Umuman olganda, yadroning yemirilishi tasodifiy hodisadir. Shuning uchun, u yoki bu yadroning berilgan vaqt oralig'ida yemirilishi statistika qonunlariga bo'ysunadi. Radioaktiv elementning asosiy xarakteristikalaridan bittasi har bir yadroning bir sekund davomida yemirilish ehtimoli bilan aniqlanadigan kattalikdir. U λ harfi bilan belgilanadi va radioaktiv yemirilish doimiysi deyiladi.

Agar boshlang'ich moment $t=0$ da N_0 ta radioaktiv atom mavjud bo'lsa, t momentda qolgan radioaktiv atomlarning soni

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \quad (7-12)$$

qonunga muvofiq aniqlanadi. Bu yerda: $e \approx 2,72$ -natural logarifmning asosi. (7–12) ifoda radioaktiv yemirilish qonuni deyiladi.

Yarim yemirilish davri. Radioaktiv yemirilish intensivligini xarakterlovchi kattaliklardan biri yarim yemirilish davridir. Yarim yemirilish davri T deb, boshlang'ich yadrolarning soni o'rtacha ikki marta kamayishi uchun zarur bo'ladigan vaqtga aytiladi.

Agar $t = T$ bo'lsa, unda $N = \frac{N_0}{2}$ va radioaktiv yemirilish qonuniga muvofiq:

$$\frac{N_0}{2} = N = N_0 e^{-\lambda T}.$$

Ushbu formulani potensirlab quyidagini olamiz:

$$\lambda T = \ln 2 \text{ yoki } T = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda} \quad (7-13)$$

ni hosil qilamiz.

Turli izotoplar uchun yarim yemirilish davri juda keng intervalda o'zgaradi. U uran uchun 4,56 mlrd. yilga teng bo'lsa, poloniy izotopi uchun bor-yo'g'i $1,5 \cdot 10^{-4}$ s ni tashkil qiladi.

Radioaktiv yemirilish qonuni quyidagicha ham ifodalanishi mumkin:

$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}, \quad (7-14)$$

bu yerda T – yarim yemirilish davri.

Aktivlik. Radioaktiv manbaning aktivligi (A) deb, 1 s dagi parchalanishlar soniga aytiladi:

$$A = \frac{dN}{dt}, \quad (7-15)$$

Aktivlikning SI dagi birligi – Bekkerel (Bk): deb, 1 s da 1 ta parchalanish ro'y beradigan aktivlikka aytiladi. $1 \text{ Bk} = 1 \text{ parch./1 s} = 1 \text{ s}^{-1}$. Hozirgacha yadro fizikasida sistemaga kirmaydigan nuklid aktivligining birligi – kyuri (Cm) qo'llaniladi: $1 \text{ Cm} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bk}$.

Radioaktiv elementlar oilasi. Tartib raqami 83 dan katta bo'lgan elementlar izotoplarining barchasi radioaktivdir. Tabiiy radioaktiv elementlar, odatda, to'rt qatorda joylashtiriladi. Dastlabki elementdan boshqa barchasi oldingisining radioaktiv yemirilishi natijasida hosil bo'ladi.

$^{238}_{92}\text{U}$ uran oilasi qo'rg'oshinning stabil izotopi $^{206}_{82}\text{Pb}$ bilan tugaydi. Toriy $^{232}_{90}\text{Th}$ ning oilasi esa qo'rg'oshinning boshqa stabil izotopi $^{208}_{82}\text{Pb}$ bilan,

aktiniy ${}^{235}_{89}\text{Ac}$ ning oilasi qo'rg'oshinning stabil izotopi ${}^{207}_{82}\text{Pb}$ bilan, neptuniy ${}^{237}_{93}\text{Np}$ ning oilasi esa vismutning stabil izotopi ${}^{209}_{83}\text{Bi}$ bilan tugaydi.

Masala yechish namunasi:

1. Uran ${}^{233}_{92}\text{U}$ nechta α va β zarralar chiqargandan keyin vismut ${}^{209}_{83}\text{Bi}$ ga aylanadi?

Javobi:
$$\begin{aligned} & {}^{233}_{92}\text{U} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^{229}_{90}\text{Th} \rightarrow {}^{229}_{90}\text{Th} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^{225}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{225}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^4_2\text{He} + \\ & {}^{221}_{86}\text{Rn} \rightarrow {}^{221}_{86}\text{Rn} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^{217}_{84}\text{Po} \rightarrow {}^{217}_{84}\text{Po} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^{213}_{82}\text{Pb} \rightarrow {}^{213}_{82}\text{Pb} \rightarrow {}^4_2\text{He} + \\ & {}^{209}_{80}\text{Hg} \rightarrow \text{va h.k. } 6 \text{ ta } \alpha \text{ va } 3 \text{ ta } \beta. \end{aligned}$$

42-mavzu. YADRO REAKSIYALARI. SILJISH QONUNI

Yadro reaksiyalari. Yadro reaksiyalari atom yadrolarining o'zaro birlari bilan yoki yadro zarralari bilan ta'sirlashishlari natijasida boshqa yadrolarga aylanishidir.

Yadro reaksiyalarida: elektr zaryadining, nuklonlar sonining, energiyaning, impulsning, impuls momentining saqlanish qonunlari bajariladi. Barcha reaksiyalar reaksiya jarayonida ajraladigan yoki yutiladigan energiya bilan xarakterlanadi. Energiya ajralishi bilan ro'y beradigan reaksiyalarga **ekzotermik**, energiya yutilishi bilan ro'y beradigan reaksiyalarga esa **endotermik** reaksiyalar deyiladi.

Yadro reaksiyalarining turlari. Yadro reaksiyalari quyidagi belgilariga qarab turlarga bo'linadi:

1. Unda ishtirok etadigan zarralarning turlariga qarab, neytronlar, γ -kvantlar, zaryadlangan zarralar (proton, deytion, α -zarra va h.k.) ta'sirida ro'y beradigan reaksiyalar.

Reaksiyada ishtirok etuvchi zarralarning energiyasiga qarab, kichik energiyali (≈ 100 eV); o'rta energiyali (≈ 1 MeV) va yuqori energiyali (≈ 50 MeV) reaksiyalar.

Ishtirok etuvchi yadrolarning turiga qarab, yengil yadrolarda ($A < 50$); o'rta yadrolarda ($50 < A < 100$); og'ir yadrolarda ($A > 100$) o'tadigan reaksiyalar.

Yadroviy aylanishlarning xarakteriga qarab, neytron chiqaruvchi; zaryadlangan zarralar chiqaruvchi; zarra yutuvchi reaksiyalar bo'ladi.

Reaksiyada energiya ajralishi. Yadro reaksiyasida energiya ajralishi deb, reaksiyagacha va undan keyin yadrolar va zarralarning tinchlikdagi energiyalari farqiga aytiladi. Shuningdek, yadro reaksiyasida energiya ajralishi reaksiyada ishtirok etadigan va reaksiyadan keyingi kinetik energiyalarining farqiga teng. Agar reaksiyadan keyin yadro va zarralarning kinetik energiyalari reaksiyagacha bo'lganidan katta bo'lsa, unda energiya ajralgan bo'ladi. Aks holda energiya yutiladi. Masalan,



Reaksiyada hosil bo'lgan geliy yadrolarining kinetik energiyalari reaksiyaga kirishgan protonning kinetik energiyasidan 7,3 MeV ga ko'p.

Bor nazariyasi. Bor taklif qilgan nazariyaga muvofiq, yadro reaksiyasi ikki bosqichda ro'y beradi. Birinchi bosqichda nishon yadro A unga yo'naltirilgan zarra bilan qo'shib ketadi va yangi g'alayonlangan holatdagi C yadroni hosil qiladi: $A + a \rightarrow C$. Ikkinchi bosqichda esa g'alayonlangan yadro C yadro reaksiyasi mahsulotlariga parchalanib ketadi: $C \rightarrow b + B$. Shunday qilib, yadro reaksiyasi quyidagi sxemaga muvofiq ro'y beradi:



Alfa-nurlanish. Atom yadrosidagi nuklonlar doimo harakatda va o'zaro aylanishda bo'ladi. Yadro ichida hosil bo'ladigan eng barqaror mahsulot ikkita proton va ikkita neytrondan iborat bo'lgan mahsulotdir. Yadro ichidagi energiya taqsimotida aynan shu zarra yadroning asosiy energiyasini o'ziga olishi va ma'lum sharoitlarda α -zarra sifatida uni tark etishi mumkin.

Atom yadrosining α -zarra chiqarish bilan boshqa yadroga aylanishi **alfa-nurlanish** (yemirilish) deyiladi.

Agar AZX ona yadro bo'lsa, α -nurlanish natijasida bu yadroning boshqa yadroga aylanishi quyidagi sxema asosida ro'y beradi:



bu yerda: ${}^{A-2}_{Z-2}Y$ –bola yadroning belgisi, ${}^4_2\alpha$ –geliy (${}^4_2\text{He}$) atomining yadrosi (α -zarra), $h\nu$ –g'alayonlangan ${}^{A-2}_{Z-2}Y$ –yadro chiqaradigan kvant.

(7–18) dan ko'rinib turibdiki, α -nurlanish natijasida yadroning massa soni 4 ga, zaryadi esa 2 ta elementar musbat zaryadga kamayadi. Boshqacha aytganda, α -nurlanish natijasida kimyoviy elementning Mendeleyev elementlar davriy sistemasidagi o'rni ikki katak chapga siljiydi. Bu hol **siljish qoidasi** deyiladi. U elektr zaryadi va massa soni saqlanish qonunlarining natijasidir.

Beta-nurlanish. Yadroda nuklonlarning bir-birlariga aylanishi bilan bog'liq bo'lgan boshqa o'zgarishlar ham ro'y beradi. Masalan, yadro elektronlar oqimini chiqarishi mumkin. Bu hol ***β-nurlanish*** (yemirilish) deb nomlanadi.

Siljish qoidasiga muvofiq, β-nurlanishda yadroning massa soni o'zgar-maydi:



Ushbu ifodadan ko'rinib turibdiki, β-nurlanish natijasida kimyoviy element Mendeleyev davriy sistemasida bir katakka o'ngga siljiydi.

Radioaktiv aylanishlar. Yuqoridagi reaksiyalardan ko'rinib turibdiki, ular yordamida bir kimyoviy elementlarni boshqasiga aylantirish va shu yo'l bilan sun'iy ravishda radioaktiv elementlarni hosil qilish mumkin. Bunday reaksiyalarga radioaktiv aylanishlar deyiladi.

Umuman olganda, sun'iy va tabiiy radioaktivlik o'rtasida hech qanday farq yo'q. Chunki, izotopning xossalari uning hosil bo'lish usuliga mutlaqo bog'liq emas va sun'iy izotop tabiiy izotopdan hech qanday farq qilmaydi.

Gamma-nurlanish. Fransuz fizigi P. Villar 1900-yilda qo'rg'oshinni α va β-zarralar bilan nurlantirilganda qandaydir qoldiq nurlanish bo'lishini aniqlagan. Bu nurlanish magnit maydon ta'sirida o'z yo'nalishidan og'magan. Ionlashtirish qobiliyati ancha kichik, singish qobiliyati esa rentgen nurlarinikidan ham ancha kuchli bo'lgan. Uni γ-nurlanish deb ataganlar.

γ-nurlanish ham rentgen nurlari kabi elektromagnit to'lqinlardir. Ular faqat hosil bo'lishi va energiyalari bilan bir-biridan farq qiladi. Agar rentgen nurlari orbital elektronlarning g'alayonlanishi va tez elektronlarning tormozlanishining natijasi bo'lsa, γ-nurlanish yadrolarning bir-biriga aylanishida hosil bo'ladi.

Umuman olganda, yadro radioaktiv yemirilish yoki sun'iy ravishda yadrolarning bir-biriga aylanishi natijasida g'alayonlangan holatga o'tadi. U g'alayonlangan holatdan asosiy holatga o'tganida γ-nurlanish chiqaradi. Uning energiyasi bir necha kiloelektron-volt dan, bir necha million elektron-voltgacha bo'lishi mumkin. γ-nurlanish modddan o'tganda uning dastlabki intensivligi ancha kamayadi. Bunga sabab – fotoeffekt, kompton effekti va elektron-pozitron juftligining hosil bo'lishi.



1. Yadro reaksiyalarida qanday saqlanish qonunlari bajariladi?
2. Alfa-nurlanish deb nimaga aytiladi?
3. β -nurlanish deb nimaga aytiladi?
4. γ -nurlar qanday nurlar? U rentgen nurlaridan nimasi bilan farq qiladi?

Masala yechish namunasi:

Quyidagi reaksiyada noma'lum mahsulot X ni toping.

$${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \Rightarrow {}^{17}_8\text{X} + {}^1_1\text{H}$$

Javobi: ${}^{17}_8\text{O}$.

43-mavzu. ELEMENTAR ZARRALAR

Elementar zarralar. «Elementar» so'zining lug'aviy ma'nosi «eng sodda» demakdir. Garchi bugungi kungacha ma'lum zarralarni elementar deb atash uncha to'g'ri bo'lmasa-da, dastlabki paytlarda kiritilgan bu iboradan hamon foydalaniladi. Umuman olganda, zarralar endigina kashf qilina boshlanganda materiyaning eng kichik bo'lakchasi sifatida qabul qilingan va chindan ham elementar deb hisoblangan. Lekin ularning ba'zilarining (jumladan, nuklonlarning) murakkab tuzilishga ega ekanligi keyinroq ma'lum bo'lib qolgan. Hozirgi paytda 300 dan ortiq elementar zarralar mavjud. Ularning ko'pchiligi nostabil bo'lib, asta-sekin yengil zarralarga aylanadi.

Elektron. Birinchi kashf qilingan elementar zarra elektron hisoblanadi. Katod nurlarining xossalarini o'rganayotgan J. Tomson, bu manfiy zaryadlangan zarra elektronlar oqimidan iborat ekanligini aniqladi. Bu voqea 1897-yil 29-aprelda ro'y bergan edi va shu sana birinchi elementar zarra kashf qilingan kun hisoblanadi.

Foton. 1900-yilda M.Plank yorug'likning foton deb ataluvchi zarralar oqimidan iborat ekanligini ko'rsatdi. Foton elektr zaryadiga ega emas, tinchlikdagi massasi nolga teng, ya'ni foton yorug'lik tezligiga teng tezlik bilan harakat holatidagina mavjud bo'lishi mumkin.

Proton. 1919-yilda E. Rezerford tajribalarida, azotning α -zarralar bilan bombardimon qilinishi natijasida, vodorod atomining yadrosi proton kashf qilingan. U zaryadining miqdori elektronning zaryadiga teng bo'lgan, musbat zaryadlangan zarradir. Massasi elektronning massasidan 1836 marta katta.

K-mezonlar. 1950-yillardan boshlab kashf qilinadigan zarralarning soni keskin ortib bordi. Bular qatoriga K-mezonlar ham kiradi. Ularning zaryadi musbat, manfiy, nol bo'lishi mumkin. Massalari esa 966–974 m_e atrofida.

Giperonlar. Keyingi zarralar guruhi giperonlar deyiladi. Ularning massalari 2180 m_e dan 3278 m_e gacha oraliqda bo'ladi.

Rezonanslar. Keyingi paytlarda yashash davrlari juda kichik bo'lgan rezonanslar deb ataluvchi zarralar kashf qilindi. Ularni bevosita qayd qilishning iloji bo'lmay, vujudga kelganini parchalanishida hosil bo'lgan mahsulotlarga qarab aniqlanadi.

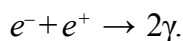
Umuman olganda, dastlabki paytlarda bor-yo'g'i bir nechtagina va materiyaning eng jajji g'ishtchalari deb hisoblangan elementar zarralar keyinchalik, shu qadar xilma-xil va shu qadar murakkab bo'lib chiqdi.

Antizarralar. Birinchi antizarra – elektronning antizarrasi (qarama-qarshi zarrasi) – pozitron kashf qilingandan so'ng, boshqa zarralarning ham antizarrasi yo'qnikan, degan savol tug'ildi. Antiproton 1955-yilda mis nishonni protonlar bilan bombardimon qilish natijasida hosil qilindi. 1956-yilda esa antineutron kashf qilindi. Hozirgi paytda har bir zarraning o'z antizarrasi, ya'ni massasi va spini teng, zaryadi esa qarama-qarshi bo'lgan zarra mavjudligi aniqlangan.

Elektron va protonlarning antizarralari zaryadining ishorasi bilan farq qilsa, neytron va antineutron xususiy magnit momentlarining ishorasi bilan farq qiladi. Zaryadsiz zarralar foton, π^0 -mezonlarning o'zlari va antizarralarining fizik xossalari bir xil.

Antizarralar to'g'risida ma'lumotga ega bo'lgandan keyin o'quvchida zarra va antizarra uchrashib qolsa, nima bo'ladi, degan savol tug'ilishi tabiiy. Ushbu savolga javobni keyingi satrlarda topasiz.

Modda va maydonning bir-biriga aylanishi. Elektronning o'z antizarrasi – pozitron bilan uchrashuvi ularning elektromagnit nurlanish kvantiga aylanishiga va energiya ajralishiga olib keladi. Bu hodisa annigilatsiya deyiladi:



Nafaqat elektron va pozitron, balki barcha zarralar ham o'z antizarralari bilan uchrashganda annigilatsiyaga kirishadi. Boshqacha aytganda, ular elektromagnit maydon kvantlariga (fotonlarga) aylanadi.

Ushbu holda annigilatsiya so'zi uncha qulay tanlanmagan. Chunki u lotincha «yo'qolish» degan ma'noni anglatadi. Aslida esa zarra va antizarra

uchrashganda hech qanday yo'qolish ro'y bermaydi. Barcha saqlanish qonunlari to'la bajariladi. Materiya modda ko'rinishidan elektromagnit maydon kvantlari ko'rinishiga o'tadi, xolos.

Energiyasi elektron va pozitronning tinchlikdagi energiyalari yig'indisidan katta bo'lgan γ -kvant $E_\gamma > 2m_0c^2 = 1,02 \text{ MeV}$ yadroning yonidan o'tganida elektron-pozitron juftligiga aylanishi mumkin:

$$\gamma \rightarrow e^- + e^+.$$

Elektron-pozitron juftligining paydo bo'lishi va ularning annigilatsiyasi materiyaning ikki shakli (modda va maydon) o'zaro bir-biriga aylanishlarini ko'rsatadi.

Elementar zarralar ta'sirlashuvining turlari. Zamonaviy tasavvurlarga ko'ra, tabiatda to'rt xil fundamental ta'sirlashuv mavjud. Bular kuchli, elektromagnit, kuchsiz va gravitatsion ta'sirlashuvlardir. Bu ta'sirlashuvlarning har birini amalga oshiruvchi zarralar va har biriga mos keluvchi o'z maydonlari mavjud. Adronlar – barcha turdagi fundamental ta'sirlashuvlarda ishtirok etadilar. Bu sinfga barionlar va π -mezonlar kiradi. Barionlar +1 barion zaryadiga, antizarralari esa –1 barion zaryadiga ega. Mezonlarning barion zaryadi nolga teng. Barionlarning spini yarim sonli, mezonlarniki esa butun son. Nuklonlar va nuklonlarga bo'linadigan og'irroq zarralar ham barionlarga kiradi. Massasi nuklonning massasidan katta bo'lgan barionlarga giperonlar deyiladi.

Leptonlar – kuchli ta'sirlashuvdan boshqa har uchchala ta'sirlashuvlarda ham ishtirok etadi. Leptonlar (“leptos” yunoncha – yengil) elektronlar, pozitronlar, μ – mezonlar va neytrinolardir. Leptonlar +1 lepton zaryadiga, antizarralari esa –1 lepton zaryadiga ega.

Fotonlar – gravitatsion va elektromagnit ta'sirlashuvlarda ishtirok etadigan zarralar.

Gravitonlar – faqat gravitatsion ta'sirlashuvda ishtirok etadi deb hisoblanuvchi zarralar. Garchi oxirgi tajribalar gravitatsion to'liqlarni qayd etishayotgan bo'lsa-da, gravitonlarning mavjudligi oxirigacha tasdiqlanmagan.

Barcha elementar zarralar bir-birlariga aylanib turishadi va bu aylanishlar ular mavjudligining asosiy omili bo'lib hisoblanadi.

1964-yilda amerikalik fiziklar M. Gel-Man va J. Sveyglar kvarklar deb ataluvchi faraziy zarralar mavjudligini bashorat qilishdi. Ularning fikricha, adronlar kvarklardan tashkil topgan. Hozirgi kunda ularning mavjudligini tasdiqlovchi tajriba natijalari mavjud.

Kvarklar kuchli, kuchsiz va elektromagnit ta'sirlashuvlarda ishtirok etishadi. Hammasi bo'lib kvarklar oltita. Ular lotin harflari bilan belgilanib, uchta (u,d), (c,s), (t,b) oilaga bo'linadi. Oltita kvarkning har biri o'z "hidi" bilan ajratiladi va ular uchta – sariq, ko'k va qizil "rangda" bo'ladi. Dastlab u, d, s kvarklar kiritildi. Keyinchalik esa ularga "maftunkor" c (charm), "go'zal" b (beauty) va "haqiqiy" t (truth) kvarklari qo'shildi. u, c, t kvarklarning elektr zaryadi elektron zarralarining $+2/3$ qismiga, qolganlariniki esa $1/2$ qismiga teng. Antikvarklar mos ravishda qarama-qarshi elektr zaryadiga ega. Kvarklarning spini $\hbar$ birligida beriladi. Kvarkning kattaligi 10^{-18} dan oshmaydi, ya'ni kvark protondan kamida 10^3 (ming) marta kichik. Protonni $E \approx 2 \cdot 10^4$ MeV energiyali elektronlar bilan bombardimon qilish undagi zaryad proton ichida uch joyda mos ravishda $+2/3q_e, +2/3q_e$ va $-1/3q_e$ kabi joylashganini ko'rsatdi.

Neytron ham bitta $u \left(q_u = \frac{2}{3}q_e \right)$ va ikkita $d \left(q_d = -\frac{1}{3}q_e \right)$ kvarklardan tashkil topgan.

Mezonlar kvarklar va antikvarklardan tashkil topgan. Masalan, π^+ -mezon $u\bar{d}$ dek tashkil topgan. Bu yerda: $\bar{d}-d$ – kvarkning antizarrasi.

Nuklonlarning kvarklardan tuzulishi

Nuklon	Elektron zaryad	Tarkibi	Kvarklarning elektr zaryadi
Proton	$+q_e$	u, u, d	$+\frac{2}{3}q_e, +\frac{2}{3}q_e, -\frac{1}{3}q_e$
Neytron	0	u, d, d	$+\frac{2}{3}q_e, -\frac{1}{3}q_e, -\frac{1}{3}q_e$

Zamonaviy nazariyalarga muvofiq yettita asosiy zarralar mavjud bo'lib, qolganlarini ulardan tuzish mumkin. Bular kvark, antikvark, glyuon, graviton va uchta xigson.

Leptonlar va kvarklar yanada maydaroq zarralardan tashkil topgan degan nazariyalar ham yo'q emas.

Hozirgi paytda olimlarning asosiy diqqati elementar zarralarning "Standart modeli"ga qaratilgan. Ayniqsa 2012-yil 4-iyulda Xiggs Bozoni kashf qilingani haqidagi ma'lumotlar e'lon qilingandan so'ng bu modelga qiziqish yanada kuchaydi.

Shu bilan birga “Standart model”da faqat uchta: kuchli, kuchsiz va elektromagnit ta’sirlashuvlarga birlashtirilib, to’rtinchi gravitatsion ta’sirlashuv qaralmaydi.



1. «Elementar» so’zi qanday ma’noni anglatadi?
2. Hozir nechta zarra mavjudligi aniqlangan?
3. Zarra va antizarra uchrashganda qanday hodisa ro’y beradi?
4. Modda va maydon bir-biriga aylanadimi?
5. Kvarklar qanday zarralar?

Masala yechish namunasi:

Elementar zarra pi-nol-mezon (π^0) ikkita γ – kvantga parchalandi. Agar bu zarraning tinchlikdagi massasi 264,3 elektron massasiga teng bo’lsa, γ – nurlanish chastotasini toping.

Berilgan:	Yechilishi:
$\pi^0 \rightarrow 2\gamma$	Energiyaning saqlanish qonuniga muvofiq
$m_\pi = 264,3 m_e$	$E_\pi = 2E_\gamma \Rightarrow m_\pi c^2 = 2h\nu \Rightarrow \nu = \frac{264,3 m_e c^2}{2h}$
Topish kerak:	$m_e c^2 = 0,511 \text{ MeV}$ ligidan
$\nu = ?$	$\nu = \frac{264,3 \cdot 0,511 \cdot 10^6 \text{ eV}}{2 \cdot 4,136 \cdot 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}} = \frac{264,3 \cdot 0,511}{8,272} \cdot 10^{21} \text{ Hz} =$ $= 16,33 \cdot 10^{21} \text{ Hz}.$
	Javobi: $16,33 \cdot 10^{21} \text{ Hz}.$

44-mavzu. ATOM ENERGETIKASINING FIZIK ASOSLARI. YADRO ENERGIYASIDAN FOYDALANISHDA XAVFSIZLIK CHORALARI

Og’ir yadroning bo’linishi. Og’ir yadrolarning bo’linish imkoniyatini, 7.12-rasmda keltirilgan solishtirma bog’lanish energiyasining massa soniga bog’liqlik grafigi asosida tushuntirish mumkin. Bu grafikdan ko’rinib turibdiki, og’ir yadrolarning solishtirma bog’lanish energiyasi Mendeleyev jadvalining o’rta qismidagi elementlarning solishtirma bog’lanish

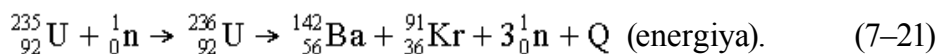
energiyasidan 1 MeV ga kichik. Demak, og‘ir yadrolar o‘rta yadrolarga aylansa, unda har bir nuklon uchun 1 MeV dan energiya ajralib chiqar ekan.

Agar 200 ta nuklonli yadro bo‘linsa, unda ≈ 200 MeV atrofida energiya ajralib chiqadi va uning asosiy qismi (≈ 165 MeV) yadro parchalarining kinetik energiyasiga aylanadi.

Uran yadrosining bo‘linishi. 1938–1939-yillarda nemis fiziklari O.Gan va F.Strassmanlar neytron bilan bombardimon qilingan uran yadrosi ikkita (ba’zida uchta) bo‘lakka bo‘linishi va bunda katta miqdorda energiya ajralishini aniqladilar. Bu bo‘linishda davriy sistemaning o‘rta elementlari hisoblanmish bariy, lantan va boshqalar hosil bo‘ladi.

Tajriba natijalari quyidagicha tahlil qilindi. Neytronni yutgan uran yadrosi g‘alayonlangan holatga o‘tadi va ikkita bo‘lakka parchalanib ketadi. Bunga sabab – protonlar orasidagi kulon itarishish kuchining yadro tortishish kuchlaridan katta bo‘lib qolishidir. Yadro parchalari musbat zaryadlangan bo‘lganligi uchun ham bir-birlarini kulon kuchi ta’sirida itaradi va katta tezlik bilan otilib ketadi. Bir paytning o‘zida 2–3 ta ikkilamchi neytron ajralib chiqadi. Tajribalarning ko‘rsatishicha, ikkilamchi neytronlarning asosiy qismi uchib chiqayotgan, g‘alayonlangan parchalardan ajraladi.

Bo‘linish mahsulotlari turli-tuman bo‘lib, qariyb 200 xil ko‘rinishga ega bo‘lishi mumkin. Massa soni 95 dan 139 gacha bo‘lgan yadrolarning hosil bo‘lish ehtimoli eng katta bo‘ladi. Teng massali bo‘linish ehtimoli ancha kichik va kamdan kam hollardagina ro‘y berishi mumkin. Bo‘linish reaksiyasining quyidagicha holi eng ko‘p ro‘y beradi:



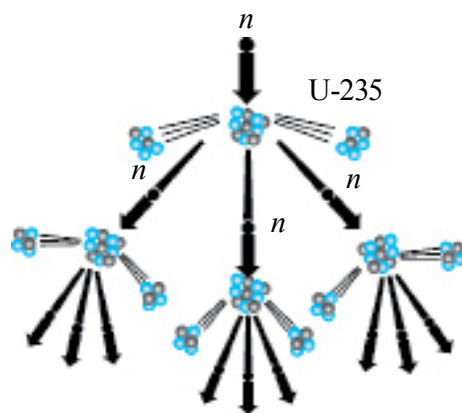
Keyingi izlanishlarning ko‘rsatishicha, neytron ta’sirida boshqa og‘ir elementlarning yadrolari ham parchalanishi mumkin ekan. Bular ${}_{92}^{238}\text{U}$, ${}_{94}^{239}\text{Pu}$, ${}_{90}^{232}\text{Th}$ va boshqalar.

Uzluksiz zanjir reaksiyasi. Yuqorida qayd etilganidek, har bir uran yadrosi bo‘linganda yadro bo‘laklaridan tashqari 2–3 ta neytron ham uchib chiqadi. O‘z navbatida, bu neytronlar ham boshqa uran yadrosiga tushishi va ularning ham parchalanishiga olib kelishi mumkin. Natijada 4–9 ta neytron hosil bo‘ladi va shuncha yadroni parchalab, 8 tadan 27 tagacha neytronlarning hosil bo‘lishiga sabab bo‘ladi. Shunday qilib, o‘z-o‘zining

parchalanishini kuchaytiruvchi jarayon vujudga keladi (7.12-rasm). Bu jarayon uzluksiz *zanjir reaksiyasi* deyiladi.

Zanjir reaksiyasi ekzotermik reaksiyadir, ya'ni reaksiya katta miqdordagi energiya ajralishi bilan ro'y beradi. Biz yuqorida bitta uran yadrosi bo'linganda 200 MeV energiya ajralishi haqida yozgan edik. Endi 1 kg uran parchalanganda qancha energiya ajralishini hisoblaylik (1 kg uranda $2,5 \cdot 10^{24}$ ta yadro mavjud):

$$\begin{aligned} E &\approx 200 \text{ MeV} \cdot 2,5 \cdot 10^{24} = \\ &= 5 \cdot 10^{26} \text{ MeV} = 8 \cdot 10^{13} \text{ J.} \end{aligned} \quad (7-22)$$



7.12-rasm.

Bunday energiya 1800 t benzin yoki 2500 t toshko'mir yonganda ajralishi mumkin. Aynan shu qadar katta energiyaning ajralishi olimlarni zanjir reaksiyasidan amalda (ham tinchlik, ham harbiy maqsadlarda) foydalanish yo'llarini izlashga undadi. Zanjir reaksiyasini amalga oshirish unchalik ham oson emas. Bunga sabab tabiatda mavjud uranning ikkita izotop: 99,3%— $^{238}_{92}\text{U}$ va 0,7% — $^{235}_{92}\text{U}$ dan iboratligidir. Zanjir reaksiyasi faqat Uran – 235 bilangina ro'y beradi.

Shuning uchun uran rudasidan oldin zanjir reaksiyasi ro'y beradigan Uran – 235 izotopini ajratib olish, so'ngra reaksiya o'tadigan sharoitni vujudga keltirish kerak. Bugungi kunda bu murakkab masala muvaffaqiyatli yechilgan.

Neytronlarning ko'payish koeffitsiyenti. Zanjir reaksiyasi ro'y berishi uchun ikkilamchi neytronlarning keyingi yadro bo'linishlaridagi ishtiroki muhim ahamiyatga ega. Shuning uchun neytronlarning ko'payish koeffitsiyenti tushunchasi kiritiladi:

$$k = \frac{N_i}{N_{i-1}}, \quad (7-23)$$

bu yerda: N_i kattalik— i -etapda yadrolar bo'linishini vujudga keltiradigan neytronlar soni bo'lsa, N_{i-1} —undan oldingi etapda yadrolar bo'linishini vujudga keltiradigan neytronlar soni.

Ko'payish koeffitsiyenti nafaqat neytronlar sonini, balki bo'linadigan yadrolar sonini ham ko'rsatadi. Agar $k < 1$ bo'lsa, unda reaksiya tezda so'nadi.

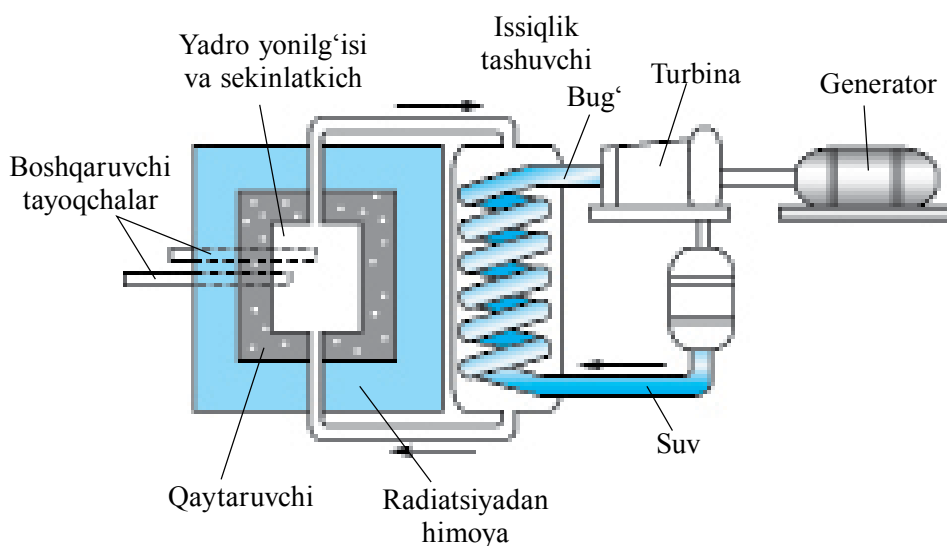
Agar $k=1$ bo'lsa, zanjir reaksiyasi kritik deb ataluvchi doimiy intensivlik bilan davom etadi.

Agar $k>1$ bo'lsa, zanjir reaksiyasi quyunsimon o'sib boradi va yadro portlashiga olib keladi.

Yadro reaktori. Insoniyat uchun zanjir reaksiyasini amalga oshirish emas, balki ajraladigan energiyadan foydalanish uchun uni boshqarish muhim ahamiyatga egadir. Og'ir yadrolarning bo'linish zanjir reaksiyasini amalga oshirish va boshqarish imkoniyatini beradigan qurilma *yadro reaktori* deyiladi.

Birinchi yadro reaktori 1942-yilda E. Fermi rahbarligida Chikago universiteti qoshida qurilgan.

Yonilg'i sifatida 5% gacha uran–235 bilan boyitilgan tabiiy urandan foydalanadigan bu reaktorning sxemasi 7.13-rasmda ko'rsatilgan.



7.13-rasm.

Uran–235 yadrosida zanjir reaksiyasini rivojlantirish issiq neytronlar vositasidagina amalga oshirilishi mumkin (energiyasi 0,005–0,5 eV oralig'ida bo'lgan neytronlar issiq neytronlar deyiladi). Yadro parchalanishida hosil bo'ladigan neytronlarning energiyasi esa 2 MeV atrofida bo'ladi. Shuning uchun, zanjir reaksiyasi borishini ta'minlash uchun ikkilamchi neytronlarni issiq neytronlargacha sekinlatish kerak. Shu maqsadda sekinlatgich deb ataluvchi maxsus moddadan foydalaniladi. Sekinlatgich neytronlarni sekinlatishi, lekin yutmasligi kerak. Sekinlatgich maqsadida og'ir suv, oddiy

suv, grafit va berilliydardan foydalanish mumkin. Og'ir suvni olish juda qiyin bo'lgani uchun, odatda, reaktorlarda oddiy suv yoki grafitdan foydalaniladi.

Reaktorning o'z-o'zini kuchaytiruvchi zanjir reaksiyasi ro'y beradigan faol zonasi grafit silindrdan iborat bo'ladi.

Yadro reaktorini boshqarish. Yadro yonilg'isi (uran) faol zonaga oralarida neytronlarni sekinlatgich joylashtirilgan tayoqchalar sifatida kiritiladi. Zanjir reaksiyasi jarayonida faol zonadagi temperatura 800–900 K gacha ko'tariladi. Issiqlikni olib ketish uchun reaktorning faol zonasidan quvur orqali issiqlik tashuvchi o'tkaziladi. Misol uchun, bunday issiqlik tashuvchi odatdagi suv yoki suyuq natriy metali bo'lishi mumkin. Zanjir reaksiyasini boshqarish bor yoki kadmiydan yasalgan, issiq neytronlarni yaxshi yutadigan tayoqchalar yordamida amalga oshiriladi. Zanjir reaksiyasining rivojlanishi bo'linayotgan yadrolar sonining uzluksiz ortishiga, ya'ni reaktor quvvatining ortishiga olib keladi. Zanjir reaksiyasi jala xarakterini olmasligi uchun neytronlarning ko'payish koeffitsiyentini birga teng qilib turish kerak. Bu esa boshqaruvchi tayoqchalar yordamida amalga oshiriladi. Boshqaruvchi tayoqchalar reaktorning faol zonasidan tortib olinganda $k > 1$, to'la kiritib qo'yilganda $k < 1$ bo'ladi. Tayoqchalar yordamida istalgan paytda zanjir reaksiyasi rivojlanishini to'xtatish mumkin.

Kritik massa. O'z-o'zini kuchaytiruvchi zanjir reaksiyasi ro'y berishi uchun ($k > 1$) faol zonaning hajmi biror kritik qiymatdan kichik bo'lmasligi kerak. Faol zonaning zanjir reaksiyasini amalga oshirish mumkin bo'lgan eng kichik hajmi kritik hajm deyiladi. Kritik hajmda joylashgan yonilg'i massasi *kritik massa* deyiladi. Qurilmaning tuzilishi va yonilg'ining turiga qarab, kritik massa bir necha yuz grammdan, bir necha o'n tonnalargacha bo'lishi mumkin.

O'z-o'zidan bo'ladigan zanjir reaksiyasi ro'y berishi uchun zarur bo'lgan uran massasining minimal qiymatiga kritik massa deyiladi.

$^{238}_{92}\text{U}$ uran bo'lagi uchun kritik massa 50 kg ni tashkil qiladi. Shunday massali urandan 9 sm radiusli shar yasash mumkin.

Yadro reaktorining himoyasi. Zanjir reaksiyasida neytronlar, β - va γ -nurlanishlar manbayi bo'lgan yadro parchalari hosil bo'ladi. Boshqacha aytganda, uran reaktori – turli xil nurlanishlar manbayi. Ularning katta singish qobiliyatiga ega bo'lgan neytronlari va γ -nurlari ayniqsa xavflidir. Shuning uchun, reaktorda ishlovchi xodimlarning himoyasini tashkil qilish

muhim ahamiyatga ega. Bu maqsadda 1 m qalinlikdagi suv, 3 m gacha qalinlikdagi beton va choʻyanning qalin qatlamidan foydalaniladi.

Atom energetikasining qulayliklari. Insoniyat doimo arzon va qulay energiya manbalariga ega boʻlishga intilgan. Yadro reaktorlarining yaratilishi esa yadro energetikasining sanoatda qoʻllanilishiga, yaʼni undan inson ehtiyojlari uchun foydalanishga imkon yaratdi. Yadro yonilgʻisining zaxiralari kimyoviy yonilgʻi zaxiralaridan yuzlab marta koʻp. Shuning uchun elektr energiyaning asosiy qismi atom elektr stansiyalarida (AES) ishlab chiqarilganda edi, bu – bir tomondan, elektr energiyaning tannarxini kamaytirs, ikkinchi tomondan, insoniyatni bir necha yuz yillar davomida energetika muammolaridan xalos qilgan boʻlardi. AESlarning ancha kichik maydonni egallashini ham taʼkidlash lozim. Dunyoda birinchi AES 1954-yilda Obninsk shahrida ishga tushirilgan. Undan keyin esa juda koʻp ulkan AESlar qurildi va muvaffaqiyatli faoliyat koʻrsatib kelmoqda.



1. Nima uchun ogʻir yadrolar oʻrta yadrolarga aylanganda energiya ajralib chiqadi?
2. Uzluksiz zanjir reaksiyasi qanday roʻy beradi?
3. Boshqaruv tayoqchalari reaktorning faol zonasidan chiqarib olinsa, qanday hol roʻy beradi?
4. Kritik massa deb qanday massaga aytiladi?

45-mavzu. OʻZBEKISTONDA YADRO FIZIKASI SOHASIDAGI TADQIQOTLAR VA ULARNING NATIJALARIDAN XALQ XOʻJALIGIDA FOYDALANISH

Oʻzbekistonda yadro fizikasi sohasidagi ishlar oʻtgan asrning 20-yillarida boshlangan. Lekin muntazam tadqiqotlar 1949-yilda Fizika-texnika institutida yoʻlga qoʻyilgan. Akademiklar I.V. Kurchatov, U.O. Orifov va S.A. Azimovlarning tashabbusi bilan 1956-yilda Oʻzbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasining yadro fizikasi instituti tashkil qilingandan keyin, bu tadqiqotlarni yanada kengaytirish imkoni tugʻildi. Hozirgi paytda yadro spektroskopiyasi va yadro tuzilishi; yadro reaksiyalari; maydonning kvant nazariyasi; elementar zarralar fizikasi; relyativistik yadro fizikasi va boshqa yoʻnalishlar boʻyicha ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda.

Radiatsion fizika va materialshunoslik bo'yicha o'tkaziladigan tadqiqotlar nafaqat fan va texnika, balki xalq xo'jaligi uchun ham muhimdir. Bu yo'nalishda radioaktiv nurlarning yarimo'tkazgichlar, dielektriklar, sopollar, yuqori temperaturali o'ta o'tkazuvchan materiallarning elektr o'tkazuvchanligi, mexanik, optik va boshqa xossalarga ta'siri o'rganilmoqda.

O'zbekistonda yuqori energiyalar fizikasi sohasida olib borilayotgan ishlar ham talaygina. Bunday izlanishlar «Fizika-quyosh» ishlab chiqarish birlashmasining Fizika-texnika institutida, O'zbekiston Milliy universitetida va Samarqand davlat universitetida olib borilmoqda.

1970-yilda Cherenkov hisoblagichlari asosida zarralarning yadro bilan o'zaro ta'sirini o'rganuvchi ulkan qurilma yaratilib, hosil bo'lgan zarralarning xarakteristikallari o'rganildi.

Tezlashtirilgan zarralar va yadrolar ta'sirlashuvlarini o'rganish maqsadida pufaksimon kameralardan olingan filmlari axborotlarni qayta ishlash markazi tashkil qilindi. Markazning samarali tadqiqotlari natijasida komulativ izoblarlar hosil bo'lishi o'rganildi va massalari 1903, 1922, 1940, 1951 va 2017 MeV bo'lgan tor, ikki barionli rezonanslar mavjudligi haqida ma'lumotlar olindi.

Quyosh atmosferasida bo'ladigan hodisalar Yerdagi hayotga bevosita ta'sir etishi mumkinligi uchun ham, uni o'rganish sohasidagi tadqiqotlar muhim ahamiyatga egadir. Aynan shuning uchun ham O'zbekiston Fanlar akademiyasining Astronomiya instituti 1980-yillarning o'rtalaridan boshlab fransuz olimlari bilan hamkorlikda, Quyoshning global tebranishini tadqiq etish sohasida izlanishlar olib borilgan.

O'zbek olimlarining yadro fizikasi sohasida olib borayotgan ishlari ko'lamida ancha katta va ularning natijalari xalq xo'jaligida ham muvaffaqiyatli qo'llanilmoqda.

O'zbekistondagi birinchi tadqiqotlarning o'ziyiq bevosita xalq xo'jaligiga aloqador bo'lgan. Bunga U. Orifov tomonidan ishlab chiqilgan «Gamma-nurlar yordamida pilla ichidagi ipak qurtini o'ldirish» usuli misol bo'ladi. Keyinchalik esa suv, tuproq, mevali daraxtlar, yovvoyi va madaniy o'simliklarning tabiiy radioaktivligi o'rganildi.

O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasining Yadro fizikasi instituti radioaktiv izotoplar, jumladan, farmatsevtik radioaktiv preparatlar ishlab chiqarish bo'yicha yetakchi tashkilotlardan biri hisoblanadi. Bu yerda 1995-yilda 60 dan ortiq nomdagi mahsulot ishlab chiqarilgan.

Radioaktiv va gamma-nurlarning o'simliklarga ta'sirini o'rganish ham qishloq xo'jaligi, ayniqsa, urug'shunoslik sohasida muhim ahamiyatga ega.

O'zbekistondagi g'o'za navlarining radioaktiv nurlarga sezgirligini o'rganish, g'o'za seleksiyasida bu usuldan foydalanilayotganligi – yadro fizikasining bevosita ishlab chiqarishga qo'llanilayotganligining yaqqol dalilidir.

Yadro fizikasi sohasidagi tadqiqotlarning tibbiyotda keng qo'llanilayotganligi ham ma'lum. Bunga, ayniqsa, radioaktiv nurlar va zarralar oqimi yordamida saraton kasalligini davolashni ham misol sifatida keltirish mumkin. Rentgenologiya va radiologiya sohasidagi dastlabki ishlar ham Yadro fizikasi institutining radiokimyo laboratoriyasi bilan hamkorlikda boshlangan. Natijada radioaktiv izotoplardan foydalanilgan holda yangi tashxis usullari yaratildi. Hozirgi paytda rentgeno-endovaskular xirurgiya, antiografiya, kompyuter tomografiyasi va yadro-magnit rezonanslari ustida tadqiqotlar olib borilmoqda. Yangi rentgenokonstrast moddalar («Rekon», «MM-75» preparati va boshqalar) ishlab chiqarish yo'lga qo'yildi.



1. O'zbekistonda yadro fizikasi sohasidagi ishlar qachon boshlangan?
2. Hozirgi paytda qaysi yo'nalishlar bo'yicha ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda?
3. Yadro fizikasi institutida nimalar ishlab chiqariladi?
4. Radioaktiv nurlarning qishloq xo'jaligida qo'llanilishiga misollar keltiring.

7-mashq

1. Bir energetik holatdan ikkinchisiga o'tganda $6,56 \cdot 10^{-17}$ m to'lqin uzunlikli yorug'lik chiqarsa, atomning energiyasi qanchaga kamaygan? (Javobi: $E = 3 \cdot 10^{-19}$ J).

2. Litiy atomi yadrosi ${}^7_3\text{Li}$ uchun solishtirma bog'lanish energiyasini toping. (Javobi: $E_{\text{bog}} = 5,6$ MeV).

3. Solishtirma bog'lanish energiyalarini hisoblab, quyidagi yadrolardan ${}^9_4\text{Be}$ va ${}^{27}_{13}\text{Al}$ qaysi biri stabilroq ekanligini aniqlang. (Javobi: ${}^{27}_{13}\text{Al}$).

4. ${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^1_1\text{H} + {}^{17}_8\text{O}$ reaksiyasida energiya yutiladimi yoki ajraladimi? (Javobi: Energiya yutiladi).

5. Quyidagi ${}^2_1\text{H}$ yadrosi uchun yadro bog'lanish energiyasini va solishtirma bog'lanish energiyasini toping. (Javobi: $E_{\text{bog}} = 1,7233$ MeV; $E_{\text{sol}} = 0,8616$ MeV).

6. ${}^{14}_7\text{N}$ azot yadrosini protonlarga va neytronlarga parchalash uchun eng kamida qancha energiya zarur? (Javobi: $E_{\text{bog}} = [7 \cdot 1,00789 + 7 \cdot 1,00866 \text{ a.m.b} - 14]$).

7. Geyger hisoblagichi yaqinida radioaktiv preparat bo'lmasa ham, u ionlashgan zarralar paydo bo'lishini qayd qilaveradi. Buni qanday tushuntirish mumkin? (Javobi: Hisoblagich kosmik nurlarni qayd etadi).

8. Elementning yarim yemirilish davri 2 sutkaga teng. 6 sutka o'tgandan keyin radioaktiv moddaning necha foizi qoladi? (*Javobi*: 12,5%).

9. Radioaktiv elementning faolligi 8 kunda 4 marta kamaydi. Uning yarim yemirilish davri qancha? (*Javobi*: $T=4$ kun).

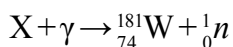
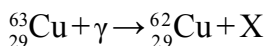
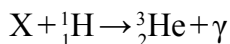
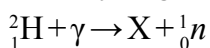
10. γ kvant chiqarganda yadroning massa soni va zaryad soni o'zgarmaydimi? (*Javobi*: O'zgarmaydi).

11. Radon yadrosi $^{220}_{86}\text{Rn}$ α -zarra chiqardi. Qanday yadro hosil bo'ladi? (*Javobi*: $^{220}_{86}\text{Rn} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^{216}_{84}\text{Po}$).

12. Kobalt yadrosi $^{60}_{27}\text{Co}$ β zarra chiqargandan keyin qanday elementning yadrosi hosil bo'ladi? (*Javobi*: $^{60}_{27}\text{Co} \rightarrow ^0_{-1}\text{e} + ^{60}_{28}\text{Ni}$).

13. Nima uchun tabiiy uran atom yoqilg'isi bo'la olmaydi va uning saqlanishi portlash xafini solmaydi?

14. Quyidagi belgilarni to'ldiring:



15. Uglerod $^{12}_6\text{C}$ proton bilan nurlantirilganda uglerodning $^{13}_6\text{C}$ izotopi hosil bo'ldi. Bunda qanday zarra chiqariladi?

16. α zarra elementar zarra bo'la oladimi?

17. Elektron, proton va neytronning anti zarralari qanday zarralar?

18. $^{13}_7\text{N}$ azot atomi yadrosi positron va neytron chiqardi. β sochilish reaksiyasini yozing.

19. Quyidagi reaksiyani to'ldiring. $^0_{-1}\text{e} + x \rightarrow 2\gamma$.

20. Katta energiyali foton og'ir yadro maydonida tormozlanib, bir juft zarraga aylandi. Ulardan biri elektron. Ikkinchisi nima?

VII BOBNI YAKUNLASH YUZASIDAN TEST SAVOLLARI

1. Tomson atomning tuzilishi haqidagi birinchi modelni nechanchi yilda taklif qilgan?

A) 1903-yilda; B) 1905-yilda; C) 1907-yilda; D) 1909-yilda.

2. Ridberg doimiysi qaysi javobda to'g'ri ko'rsatilgan?

A) $R = 1,097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$; B) $R = 3,1 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$;
C) $R = 0,97 \cdot 10^{15} \text{ m}^{-1}$; D) $R = 6,0 \cdot 10^{12} \text{ m}^{-1}$.

3. Lazer deganda, ... tushuniladi?

- A) juda aniq yoʻnaltirilgan kogerent yorugʻlik nurining manbayi;
- B) kogerent boʻlmagan yorugʻlik nurini;
- C) oddiy yorugʻlik nurini;
- D) quyoshdan keladigan har xil nurlarni.

4. Gapni toʻldiring. Atom yadrosi—... tashkil topgan.

- A) proton va neytronlardan;
- B) proton va elektronlardan;
- C) proton va nuklonlardan;
- D) kichik zarralardan.

5. Radioaktivlik nechanchi yilda kim tomonidan kashf qilingan?

- A) 1903-yilda ingliz fizigi J.J. Tomson;
- B) 1911-yilda ingliz fizigi D. Rezerford;
- C) 1896-yilda Fransuz fizigi A. Bekkerel;
- D) 1900-yilda nemis fizigi V. Geyzenberg.

6. Qaysi elementar zarra birinchi kashf qilingan?

- A) Proton;
- B) Elektron;
- C) Neytron;
- D) Foton.

7. Uran $^{238}_{92}\text{U}$ yadrosi tarkibini aniqlang.

- A) 92 ta proton, 238 ta neytron;
- B) 92 ta neytron, 146 ta proton;
- C) 92 ta proton, 146 ta neytron;
- D) 238 ta proton, 92 ta neytron.

8. Erkin neytronning proton, pozitron va antineytrinoga boʻlinishiga qanday saqlanish qonuni yoʻl qoʻymaydi?

- A) massaning saqlanish qonuni;
- B) zaryadning saqlanish qonuni;
- C) energiyaning saqlanish qonuni;
- D) impulsning saqlanish qonuni.

9. Proton qanday kvarklardan tashkil topgan?

- A) u, u, d ;
- B) u, d, d ;
- C) u, d, c ;
- D) d, c, s .

10. Qanday zarralarga antizarralar deyiladi?

- A) massalari teng, lekin zaryadi qaram-qarshi boʻlgan zarralar;
- B) massalar zaryadlari bir xil, lekin spini turlicha boʻlgan zarralar;
- C) Yadrosi manfiy, qobogi musbat zarralardan tashkil topgan atomlar;
- D) Toʻla, taʼrif keltirilmagan.

VII bobda oʻrganilgan eng muhim tushuncha, qoida va qonunlar

Atomning Tomson modeli	Massasi tekis taqsimlangan 10^{-10}m kattalikdagi musbat zaryadlangan shardan iborat bo'lib, uning ichida o'z muvozanat vaziyati atrofida tebranma harakat qiluvchi manfiy zaryadlar mavjud. Musbat va manfiy zaryadlarning yig'indisi o'zaro teng.
Atomning planetar modeli	Elektronlar yadro atrofida orbitalar, atomning elektron qobig'i bo'ylab harakatlanadi va ularning zaryadi yadro-dagi musbat zaryadga teng
Balmerning umum-lashgan formulasi	$\nu = R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right).$
Lazer	Lazer deganda, juda aniq yo'naltirilgan kogerent yorug'-liknurining manbayi tushuniladi. Lazer so'zining o'zi inglizcha «majburiy tebranish natija-sida yorug'likning kuchaytirilishi» so'zlaridagi birinchi harflaridan olingan («Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation»).
Bor postulatları	<i>Statsionar (turg'un) holatlar haqidagi postulat:</i> atomda statsionar holatlar mavjud bo'lib, bu odatlarga elektron-larning statsionar orbitalari mos keladi <i>Chastotalar haqidagi postulat:</i> elektron bir statsionar orbitadan ikkinchisiga o'tgandagina energiyasi shu statsionar holatlardagi energiyalarning farqiga teng bo'lgan bitta foton chiqaradi (yoki yutadi) $h\nu = E_n - E_m$, bu yerda E_n va E_m – mos ravishda elektron-ning n - va m -statsionar orbitalardagi energiyalari
Atom yadrosining tuzilishi	Atom yadrosi proton va neytrondan tashkil topgan. <i>Proton (p)</i> – vodorod atomining yadrosi. Tinchlikdagi massasi: $m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \approx 1836 m_e$ bu yerda: m_e – elektronning massasi. (Proton – grekcha – “birinchi”). <i>Neytron (n)</i> . Elektrneytral zarra. Tinchlikdagi massasi: $m_n = 1,6749 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \approx 1839 m_e$ (<i>Neytron</i> – lotincha u ham emas, bu ham emas)
α – nurlanish	Atom yadrosining α – zarra chiqarishi bilan boshqa yagroga aylanishi

β – nurlanish	Atom yadrosining elektron chiqarishi bilan boshqa yagroga aylanishi
γ – nurlanish	Atom yadrosidan chiqadigan elektromagnit to‘lqinlar
Radioaktiv yemirilish qonuni	$N = N_0 e^{-\lambda t}$ yoki $N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$ T – yarim yemirilish davri

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Физика: 11 кл.: Учебн. для общеобразоват. учреждений. В.А.Касьянов. 4-е изд. стереотип.– М.: «Дрофа», 2004.–416 с.: ил.
2. Физика: Учеб. для 11 кл. шк. с углубл. изучением физики/ А.Т.Глазунов и др.; под ред. А.А.Пинского. 8-е изд. – М.: «Просвещение», 2003.–432 с.: ил.
3. Физика. Энциклопедия/ под. ред. Ю.В. Прохорова.– М.: Большая Российская энциклопедия, 2003. – 944 с.
4. N.Sh. Turdiyev. Fizika. Fizika fani chuqur o'rganiladigan umumta'lim maktablarining 8-sinfi uchun darslik. – T.: G'afur G'ulom nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi, 2016.
5. N. Sh. Turdiyev. Fizika. Umumta'lim maktablarining 8-sinfi uchun darslik. – T.: «Turon-Iqbol», 2006.
6. А.Нигмонхўжаев, К.А. Турсунметов ва б. Физика III. – Т.: «Ўқитувчи», 2001. – 352 б.
7. К.А. Турсунметов ва б. Физикадан масалалар тўплами. – Т.: «Ўқитувчи», 2005. (4 та нашр) – 216 б.
8. Т.М. Оплачко, К.А. Турсунметов. Физика II – Т.: «Илм зиё», 2006–2017. – 208 б.
9. К.А. Турсунметов ва б. Физикани такрорланг. Муқобил маълумотнома. – Т.: «Turon-Iqbol», 2013. – 256 б.
10. К.А. Турсунметов ва б. Физика. Маълумотнома. – Т.: «Ўзбекистон», 2016. – 176 б.
11. А. G. Ganiyev, А. К. Avliyoqulov, G. A. Alimardonova. Fizika. II gism. Akademik litsey va kasb-hunar kollejlari uchun darslik. – Т.: «O'qituvchi» 2013. – 208 b.
12. L. Xudoyberdiyev va boshq. Fizika. Elektrodinamika. Elektromagnit tebranishlar 2-kitob. – Т.: «O'qituvchi» NMIU. – 2004.
13. М.Н. О'лмасова. Fizika optika, atom va yadro fizikasi. Akad. litseylar uchun o'quv qo'llanma/B.M.Mirzahmedov tahriri ostida. – Т.: Cho'lpon nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi., 2007. K.3.–384 b.

MUNDARIJA

Kirish	3
I bob. MAGNIT MAYDON	4
1-mavzu. Magnit maydon. Magnit maydonni tavsiflovchi kattaliklar	4
2-mavzu. Bir jinsli magnit maydonning tokli ramkani aylantiruvchi momenti	7
3-mavzu. Tokli to'g'ri o'tkazgichning, halqa va g'altakning magnit maydoni	10
4-mavzu. Tokli o'tkazgichni magnit maydonda ko'chirishda bajarilgan ish	13
5-mavzu. Tokli o'tkazgichlarning o'zaro ta'sir kuchi	15
6-mavzu. Bir jinsli magnit maydonida zaryadli zarraning harakati. Lorens kuchi	17
II bob. ELEKTROMAGNIT INDUKSIYA	26
7-mavzu. Elektromagnit induksiya hodisasi. Induksiya elektr yurituvchi kuch. Faradey qonuni	26
8-mavzu. O'zinduksiya hodisasi. O'zinduksiya EYuK. Induktivlik	29
9-mavzu. Moddalarning magnit xossalari	32
10-mavzu. Magnit maydon energiyasi	35
III bob. ELEKTROMAGNIT TEBRANISHLAR	41
11-mavzu. Erkin elektromagnit tebranishlar (tebranish konturi). Tebranish konturida energiyaning o'zgarishi	42
12-mavzu. Tebranishlarni grafik ravishda tasvirlash. So'nuvchi elektromagnit tebranishlar	45
13-mavzu. Tranzistorli elektromagnit tebranishlar generatori	48
14-mavzu. O'zgaruvchan tok zanjiridagi aktiv qarshilik	51
15-mavzu. O'zgaruvchan tok zanjiridagi kondensator	55
16-mavzu. O'zgaruvchan tok zanjiridagi induktiv g'altak	57
17-mavzu. Aktiv qarshilik, induktiv g'altak va kondensator ketma-ket ulangan o'zgaruvchan tok zanjiri uchun Om qonuni	59
18-mavzu. O'zgaruvchan tok zanjirida rezonans hodisasi	62
19-mavzu. Laboratoriya ishi: o'zgaruvchan tok zanjirida rezonans hodisasini o'rganish	65
20-mavzu. O'zgaruvchan tokning ishi va quvvati. Quvvat koeffitsiyenti	66
IV bob. ELEKTROMAGNIT TO'LQINLAR VA TO'LQIN OPTIKASI	76
21-mavzu. Elektromagnit tebranishlarning tarqalishi. Elektromagnit to'lqin tezligi	76
22-mavzu. Elektromagnit to'lqinlarning umumiy xossalari (ikki muhit chegarasida qaytishi va sinishi). To'lqinni xarakterlovchi asosiy tushuncha va kattaliklar	79
23-mavzu. Radioaloqaning fizik asoslari. Eng sodda radioning tuzilishi va ishlashi. Radiolokatsiya	83
24-mavzu. Telekvideniyeining fizik asoslari. Toshkent–televideniye vatani	87
25-mavzu. Yoruq'lik interferensiyasi va difraksiyasi	91

Ijaraga berilgan darslik holatini ko'rsatuvchi jadval

T/r	O'quvchining ismi, familiyasi	O'quv yili	Darslikning olingandagi holati	Sinf rahbarining imzosi	Darslikning topshirilgan-dagi holati	Sinf rahbari-ning imzosi
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Darslik ijaraga berilib, o'quv yili yakunida qaytarib olinganda yuqoridagi jadval sinf rahbari tomonidan quyidagi baholash mezonlariga asosan to'ldiriladi:

Yangi	Darslikning birinchi marotaba foydalanishga berilgandagi holati.
Yaxshi	Muqova butun, darslikning asosiy qismidan ajralmagan. Barcha varaqlari mavjud, yirtilmagan, ko'chmagan, betlarida yozuv va chiziqlar yo'q.
Qoniqarli	Muqova ezilgan, birmuncha chizilib, chetlari yedirilgan, darslikning asosiy qismidan ajralish holati bor, foydalanuvchi tomonidan qoniqarli ta'mirlangan. Ko'chgan varaqlari qayta ta'mirlangan, ayrim betlariga chizilgan.
Qoniqarsiz	Muqovaga chizilgan, yirtilgan, asosiy qismidan ajralgan yoki butunlay yo'q, qoniqarsiz ta'mirlangan. Betlari yirtilgan, varaqlari yetishmaydi, chizib, bo'yab tashlangan. Darslikni tiklab bo'lmaydi.