

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA
MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI**

BUXORO MUHANDISLIK TEXNOLOGIYA INSTITUTI



**“UMUMIY
FIZIKA” kafedrası**

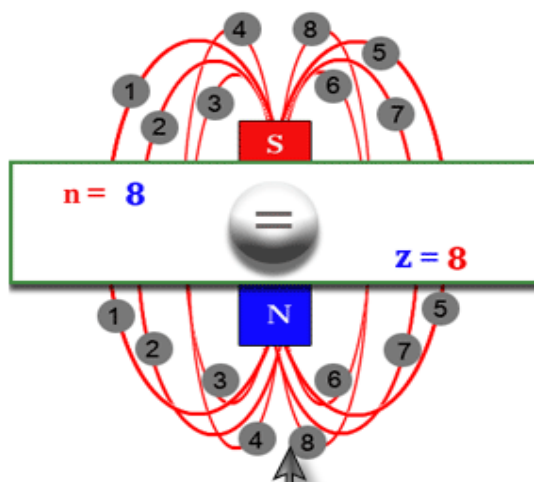


**S.X.Astanov, M.Z.Sharipov, A.R.Fayzullayev,
M.R.Turdiyev**

“FIZIKA”

II-qism

MA'RUZALAR MATNI



BUXORO 2013

Tuzuvchi: professor C.X.Astanov

Taqrizchi: dotsent Z.R.Ashurov

Annotatsiya

Ushbu ma'ruzalar matni O'zbekiston Respublikasi Oliy va O'rta maxsus ta'lim vazirligi tomonidan №104-Б ro'yxatga olingan va №186 raqamli qaror bilan tasdiqlangan, namunaviy dastur asosida tayyorlangan.

Ushbu ma'ruzalar matni "Umumiy fizika" kafedrasining №1, 29 iyun 2013 yilda kafedra yig'ilishida ko'rib chiqildi.

Ma'ruzalar matni institut uslubiy kengashi tomonidan _____ tasdiqlangan.

«Tasdiqlayman»
«Umumiy fizika» kafedrası mudiri
f-m.f.n M.Z.Sharipov _____ «___» 2013 y.

DASTUR BAJARILISHINING KALENDARLI REJASI

Ma'ruza, tajriba, amaliyot mashg'ulotlari (tegishli dars turi tagiga chiziladi).

Fakultet: _____ TJA _____ Kurs: 1 Guruh: MIAT
Fanning nomi: Fizika magnetizm, optika, atom fizikasi _____
Ma'ruza mashg'ulotini olib boruvchi: _____
Tajriba mashg'ulotini olib boruvchi: _____

№	Mavzuning nomi va qisqacha mazmuni	Ajratilgan soat	Bajarilishi haqida belgilar, kun, oy		O'qituvchi-ning imzosi
			rejada	amalda	
1	2	3	4	5	6
1	Magnit maydoni	2			
2	Amper va Lorens qonunlar	2			
3	Amper va Lorens kuchlar qo'llanilishi	2			
4	Dia, para va feromagnetiklar	2			
5	Elektromagnit induksiya, o'zaro induksiya	2			
6	Masvell tenglamasi	2			
7	Elektromagnit tebranishlar	2			
8	Elektromagnit to'lqinlar	2			
9	O'zgaruvchan tok	2			
10	To'lqin optikasi	2			
11	Yorug'lik interferensiyasi	2			
12	Yorug'lik difraksiyasi Yorug'lik sochilishi	2			
13	Yorug'lik qutblanishi	2			
14	Yorug'lik dispersiyasi	2			
15	Yorug'lik yutilishi	2			
16	Issiqlik nurlanishi	2			
17	Kvant nazariyasi	2			
18	Fotoeffekt hodisasi	2			
19	Yorug'lik bosimi. Kompton effekti	2			
20	Modda to'lqin xossasi	2			
21	Noaniqlik ifodasi	2			
22	Atom tuzilishi	2			
23	Ko'p elektronli atomlar	2			
24	Rentgen nurlar	2			
25	Elementar zarralar va ular ta'siri	2			
26	Atom yadrosi termoyadroviy reaksiyalar	2			
	Jami	54			

Fan o'qituvchisi: _____

Imzo

Ilmiy unvoni, F.I.Sh. sana

1 – MA'RUZA: MAGNIT MAYDONI.

Reja:

1. Vakuumba magnit maydoni va uning kuch chiziqlari.
2. Toklarning magnit maydoni.
3. Magnit maydon induksiya vektori va kuchlanganligi.
4. Bio-Savar-Laplas qonuni va uning qo'llanilishi.

Tayanch iboralar: vakuumba magnit maydon, kuch chiziqlari, magnit maydon idkuksiya vektori, kuchlanganlik, Bio – Savar – Laplas qonuni.

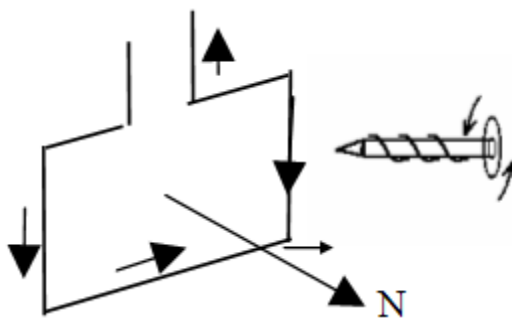
Ko'rgazmali qurollar: slaydlar, plakatlar, animatsion dasturlar.

O'tilgan mavzuni mustahkamlash

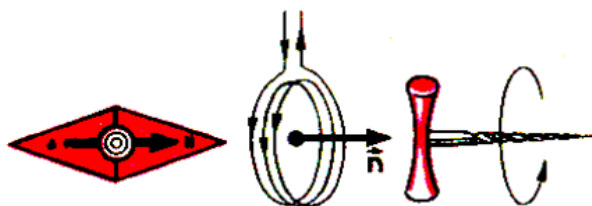
1. O'tkazgich qarshiligi qanday parametrlarga bog'liq?
2. O'tkazgich qarshiligi harorat ortishi bilan kattalashish sababi nima?
3. O'ta o'tkazuvchanlik hodisasi qaysi vaqtda sodir bo'ladi?
4. Qattiq jismlarning energiya sathi deb nimaga aytiladi.?
5. $\Delta W < 3eV$ bunday holatlarda qanday elektrklar deyiladi?
6. $\Delta W > 3eV$ bunday holatlarda – chi ?

Mavzuning borishi

1. Vakuumba magnit maydoni va uning kuch chiziqlari. Magnit maydon yo'nalishini xarakterlash uchun ramka tekisligiga normal o'tkazamiz.



Normalning uchidan qaraganimizda ramkadagi tok soat strelkasiga teskari yo'nalgan holda ko'rinsa, bu yo'nalish normalning musbat yo'nalishi deb qabul qilamiz.



Boshqacha aytganda, normalning musbat yoʻnalishi deb, dastasi ramkada oqayotgan tok yoʻnalishi boʻylab aylanayotgan parmaning ilgarilanma harakati yoʻnalishini qabul qilamiz.

Ushbu keltirilgan namoyishlar hamda ramka tekisligiga oʻtkazilgan normal yoʻnalishlariga asosan, har qanday tokli oʻtkazgichlar atrofidagi magnit maydon yoʻnalishi parma yoki oʻng vint qoidasiga binoan topilishi koʻrinadi.

Agar parmaning ilgarilanma harakati toʻgʻri shakldagi oʻtkazgichdan oʻtayotgan tok bilan bir xil yoʻnaltirsak, u holda parma dastasining aylanish yoʻnalishi magnit maydon induksiya vektori yoʻnalishini koʻrsatadi.

Agar tok aylana yoki solenoid koʻrinishidagi oʻtkazgichdan oʻtayotgan boʻlib, tok kuchi yoʻnalishi bilan parma dastasining harakat yoʻnalishga mos tushsa, parma tigʻining ilgarilanma harakati yoki oʻng vint uchining harakat yoʻnalishi oʻtkazgich atrofida hosil boʻladigan magnit maydon induksiya vektori yoʻnalishini koʻrsatadi.

Magnit maydonni xarakterlovchi ikkinchi parametr bu magnit maydon kuch chiziqlari hisoblanadi. Kuch chiziqlarining zichligi magnit maydon induksiya vektoriga toʻgʻri proporsional boʻladi va bu kuch chiziqlarining yoʻnalishi parma qoidasiga asosan aniqlanadi.

2. Toklarning magnit maydoni.

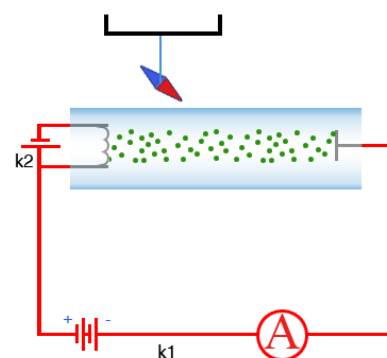
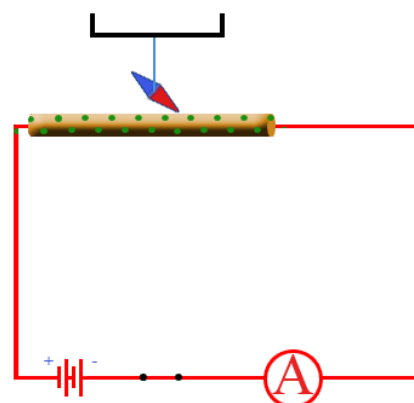
Tajribalar koʻrsatadiki, magnit strelkasi tokli oʻtkazgichga yaqinlashtirilsa, magnit strelkasi oʻz oʻqi atrofida aylanishi kuzatilgan. Bu hodisani birinchi boʻlib, Eyxenvald kuzatgan.

Har qanday oʻtkazgich atrofida magnit maydon hosil boʻladi, bu maydon oʻzgarmas magnit maydoni bilan taʼsirlanishi mumkin.

Elektr toki zaryadlangan zarrachalarning tartibli harakati boʻlganligi uchun, zaryadlangan zarrachalar oqimi oldiga magnit strelkasi joylashtirilganda, uning oʻz oʻqi atrofida kuzatilishini birinchi boʻlib, tajriba yoʻli bilan Ioffe kuzatdi.

Har qanday harakatlanuvchi zaryadlangan zarrachalar atrofida magnit maydon hosil boʻladi, bu maydon doimiy magnit maydoni bilan taʼsirlanishi lozim. Bu taʼsirlanishning kattaligi va yoʻnalishi quyidagicha aniqlanadi:

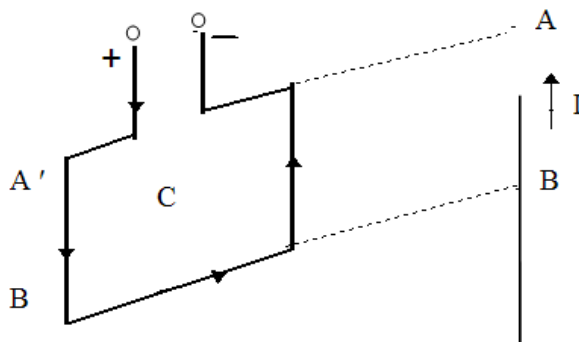
Tokli oʻtkazgich yaqinida va tartibli harakatdagi zaryadlangan zarrachalar yaqiniga magnit strelkasi yaqinlashtirilganda (yaʼni ular orasida maʼlum masofa boʻlishiga qaramasdan) strelka tomonidan taʼsirning sezilishi maʼlum maydon hosil boʻlganligini koʻrsatadi.



Har qanday tokli o'tkazgich yoki tartibli harakatdagi zaryadlar oqimi atrofida magnit maydoni hosil bo'ladi.

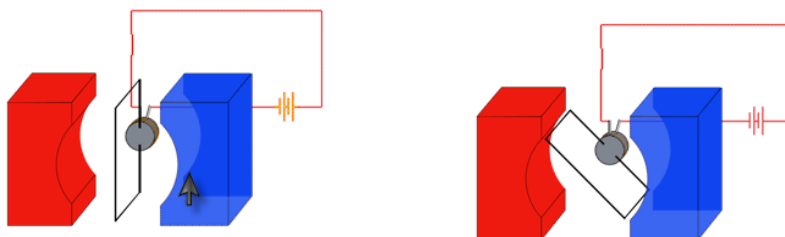
3. Magnit maydon induksiya vektori va kuchlanganligi. Magnit maydon xossalarini tekshirish uchun buralish deformatsiyasini seza oladigan, ingichka ipga osib qo'yilgan ramkadan foydalanamiz.

Agar tokli ramka, tok o'tayotgan o'tkazgichga yaqin keltirilsa, u o'z o'qi atrofida aylanishi kuzatiladi.



Tokli o'tkazgich va ramkaning o'zaro ta'siri

Ushbu tajribani magnit maydonida joylashgan ramka misolida ham kuzatiladi.



Magnit maydoniga kiritilgan tokli ramka Animatsiyasidan fragment.

Ushbu o'tkazilgan tajribalar va animatsiya namoyishlaridan ko'rinadiki, tokli ramka magnit maydoniga kiritilganda u o'z o'qi atrofida aylanadi. Demak, magnit maydonidagi tokli ramkaga ma'lum kuch momenti ta'sir etadi va bu kuch momentining kattaligi o'tkazgichdan o'tayotgan tok kuchi va ramkaning kesim yuzasiga to'g'ri proporsional bo'ladi.

$$M \sim IS$$

Tenglamaga proporsionallik koeffitsiyenti B ni kiritamiz va B magnit maydon xossasini xarakterlovchi fizikaviy parametr hisoblanadi va unga magnit maydon induksiya vektori deyiladi. Uning qiymati

$$B = \frac{M}{P_m}$$

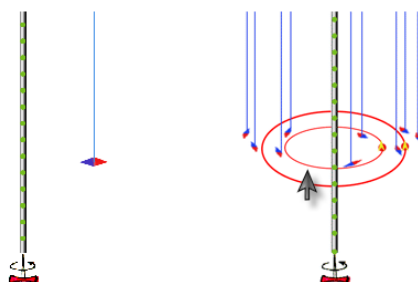
Bu yerda P_m ramkaning magnit momenti hisoblanadi va u

$$P_m = IS \quad \text{ga teng.}$$

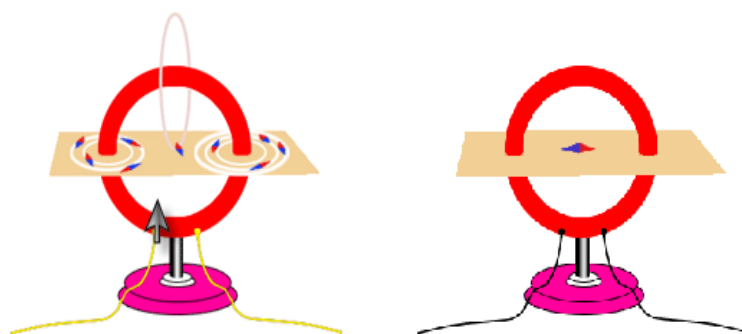
Har bir sinov konturga ta'sir etuvchi aylantiruvchi kuch momentining ramkani magnit momentiga nisbati magnit maydonning ayni nuqtasi uchun o'zgarishsiz kattalik bo'ladi. Magnit maydonning miqdoriy xarakteristikasi vazifasini bajaradigan bu nisbat magnit induksiya B deb ataladigan vektor kattalikni ifodalaydi. SI tizimida magnit induksiya birligi sifatida magnit maydon shunday nuqtasining magnit induksiya qabul qilinishi kerakki, bu nuqtaga kiritilgan magnit momenti $1 \text{ A} \cdot \text{m}^2$ bo'lgan yassi konturga magnit maydoni tomonidan ta'sir etadigan aylantiruvchi momentining maksimal qiymati $1 \text{ N} \cdot \text{m}$ ga teng bo'lishi lozim. Bu birlik Tesla (Tl) deb ataladi:

$$1 \text{ Tl} = \frac{1 \text{ N} \cdot \text{m}}{1 \text{ A} \cdot \text{m}^2} = \frac{\text{N}}{\text{mA}}$$

Har qanday ko'rinishdagi o'tkazgichlardan elektr toki o'tganda, uning atrofida hosil bo'ladigan magnit maydon yo'nalishini aniqlash uchun quyidagi tajribalarni amalga oshiramiz



To'g'ri shakldagi o'tkazgichdan tok o'tganda magnit maydon kuch chiziqlari yo'nalishini tavsiflovchi animatsiyadan fragment



Aylana shakldagi o'tkazgichdan tok o'tganda magnit maydon kuch chiziqlari yo'nalishini tavsiflovchi animatsiyadan fragment



Solenoiddan tok o'tganda magnet maydon kuch chiziqlari yo'nalishini tavsiflovchi animatsiyadan fragment

4. Bio-Savar-Laplas qonuni va uning qo'llanilishi. Ixtiyoriy shakldagi o'tkazgichdan tok o'tganda uning atrofida hosil bo'ladigan magnet maydon induksiya vektorini Bio – Savar – Laplas qonuniga asosan hisoblash mumkin.

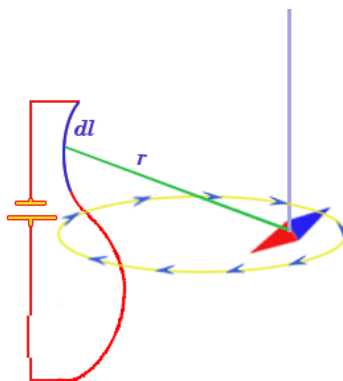
Tokli o'tkazgichdan r masofada joylashgan biror nuqtaning magnet induksiya o'tkazgichdagi tok kuchi I ga to'g'ri proporsional bo'lib, tokli o'tkazgich elementidan magnet maydon induksiya aniqlanishi lozim bo'lgan radius vektorning kvadratiga teskari proporsional bo'ladi.

$$dB = k \frac{I[dl \cdot r]}{r^3}$$

Magnet induksiya vektorining modul qiymati

$$dB = k \frac{Idl \cdot \sin \alpha}{r^2}$$

bu yerda α - dl va r vektorlar orasidagi burchak. SI sistemasida $k = \frac{\mu_0}{4\pi}$ ga teng, bu yerda μ_0 – magnet doimiysi.



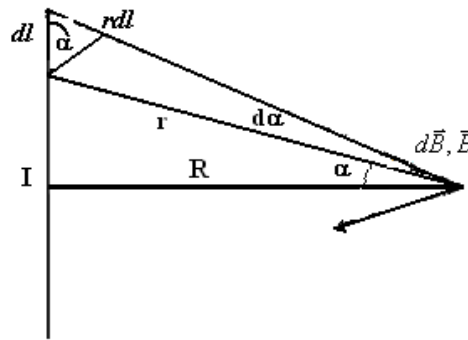
Bio – Savar Laplas qonuniga asosan magnet maydon kuchlanganligini hisoblash **animatsiyasidan** fragment.

Bio – Savar – Laplas qonunining qo'llanilishi. Ixtiyoriy shakldagi tokli o'tkazgich hosil qilayotgan maydonning biror nuqtasidagi magnet induksiya uning ayrim qismlari hosil qilayotgan magnet induksiylarining vektor yig'indisidan iborat bo'ladi, ya'ni

$$\vec{B} = \sum_{i=1}^n d\vec{B}_i = \int_e d\vec{B}$$

a) To'g'ri tokning magnit maydoni

Cheksiz uzun, ingichka o'tkazgich o'zidan R masofada joylashgan biror A nuqtada hosil qilgan magnit induksiya kattaligi dB ni hisoblaylik.



$$r = R/\cos\alpha, \quad dl = r \cdot d\alpha/\cos\alpha$$

Bu ifodalarni qo'yib tok elementi hosil qilgan magnit induksiya kattaligini topamiz.

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi R} \sin\alpha \cdot d\alpha$$

burchak α qiymatlari 0 dan π ga qadar o'zgargani uchun:

$$B = \int dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I}{R} \int_0^\pi \sin\alpha \cdot d\alpha = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{2I}{R}$$

Demak, to'g'ri tokning magnit induksiya

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{2I}{R}$$

to'g'ri tok hosil qilgan magnit induksiya kattaligi tok kuchiga proporsional ekan.

Mavzuni mustahkamlash uchun savollar

1. Magnit maydonni xarakterlovchi fizik kattalik sifatida nimani bilasiz?
2. Magnit maydon induksiya vektorining o'lchov birligi nima?
3. To'g'ri shakldagi o'tkazgichdan tok o'tganda hosil bo'ladigan magnit maydon qanday yo'nalishga ega?
4. Bio – Savar – Laplas qonuniga ko'ra, tokli o'tkazgichdan ma'lum masofadagi magnit induksiya vektori qanday fizik parametrlarga bog'liq?
5. To'g'ri shakldagi o'tkazgichdan tok o'tganda unga ma'lum masofadagi magnit induksiya qanday fizik parametrlarga bog'liq?
6. Aylana shaklidagi o'tkazgich markazidagi magnit induksiya vektori qanday fizik parametrlarga bog'liq?

Uyga vazifa

Aylanma tok markazidagi magnit maydoni

2 - MA'RUZA. AMPER VA LORENS QONUNLAR

Reja:

1. Amper qonunlari.
2. Paralel toklarning o'zaro tasiri.
3. Lorens kuchi.
4. Xoll effekti.

Tayanch iboralar: Amper kuchi, chap qo'l qoidasi, parallel toklar, Lorens kuchi, xoll efekti.

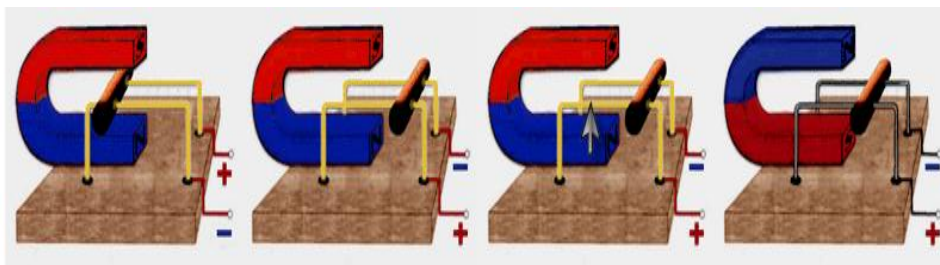
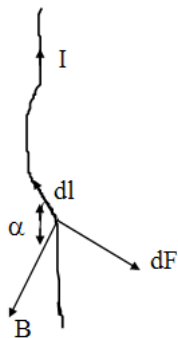
Ko'rgazmali qurorllar: Amper va Lorens kuchlari animatsion dasturi, slaydlar, plakatlar.

O'tilgan mavzuni takrorlash

1. Magnit maydonni xarakterlovchi fizik kattalik sifatida nimani bilasiz?
2. Magnit maydon induksiya vektorining o'lchov birligi nima?
3. To'g'ri shakldagi o'tkazgichdan tok o'tganda hosil bo'ladigan magnit maydon qanday yo'nalishga ega?
4. Bio – Savar – Laplas qonuniga ko'ra, tokli o'tkazgichdan ma'lum masofadagi magnit induksiya vektori qanday fizik parametrlarga bog'liq?
5. To'g'ri shakldagi o'tkazgichdan tok o'tganda unga ma'lum masofadagi magnit induksiyasi qanday fizik parametrlarga bog'liq?
6. Aylana shaklidagi o'tkazgich markazidagi magnit induksiya vektori qanday fizik parametrlarga bog'liq?

Mavzuning borishi

1. Amper qonunlari. Magnit maydonda joylashgan tokli o'tkazgichga maydon tomonidan ta'sir etuvchi kuch shu maydonning magnit induksiyasi B ga, o'tkazgichning geometrik o'lchamlariga va undan o'tayotgan tok kuchi I ga bog'liq bo'ladi.



Magnit maydonda joylashgan o'tkazgichning dl elementiga ta'sir etuvchi kuchni

$$d\vec{F} = I \cdot \left[d\vec{l} \times \vec{B} \right]$$

ifoda bilan, uning modulini esa

$$dF = IdlB\sin\alpha$$

ifoda bilan aniqlanadi. Amper qonunini ifodalaydi. B - maydonning dl element joylashgan sohasidagi magnit induksiya, α - dl va B vektorlar orasidagi burchak.

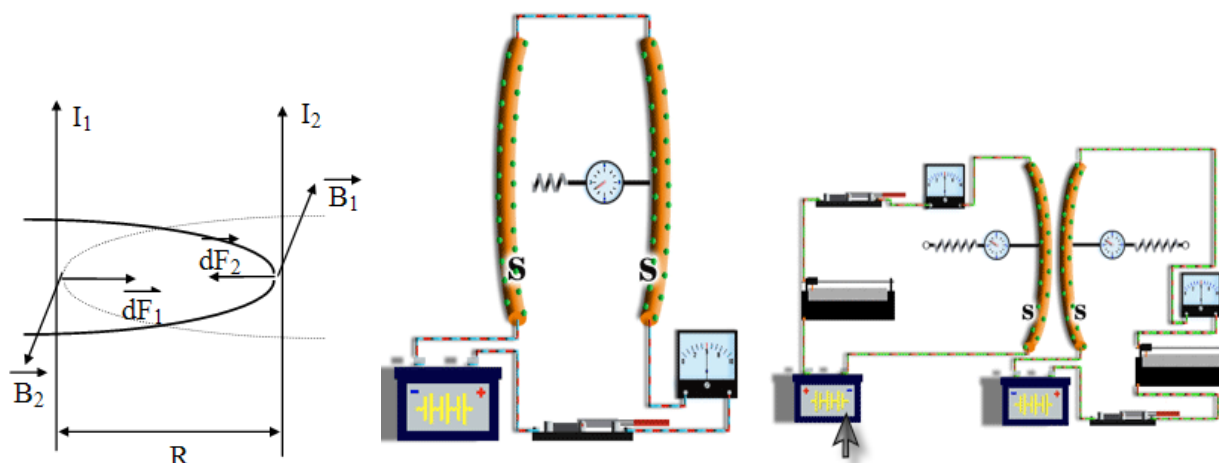
Ta'sir etuvchi kuchni (Amper kuchi) yo'nalishini chap qo'l qoidasi bilan aniqlanadi.

Qoida: Chap qo'limizni shunday joylashtirish kerakki, bunda B induksiya chiziqlari kaftimizga kirsin, to'rtala ochilgan barmoq tok yo'nalishiga mos kelsa, 90° ga ochilgan bosh barmoq Amper kuchining yo'nalishini ko'rsatadi.

Amper qonuni tok oqayotgan ikkita parallel o'tkazgichlarni o'zaro ta'sir kuchlarini aniqlashda qo'llaniladi.

2. Parallel toklarning o'zaro ta'siri. Eysenvald tajribasidan ma'lumki, har qanday o'tkazgich atrofida magnit maydon hosil bo'ladi, bu maydon o'zgaras magnit maydoni bilan ta'sirlanishi mumkin.

O'zaro parallel, oralaridagi masofa R bo'lgan I_1 va I_2 toklar oqayotgan (toklar yo'nalishi cheksiz uzunlikdagi tokli o'tkazgichlarni ko'raylik.

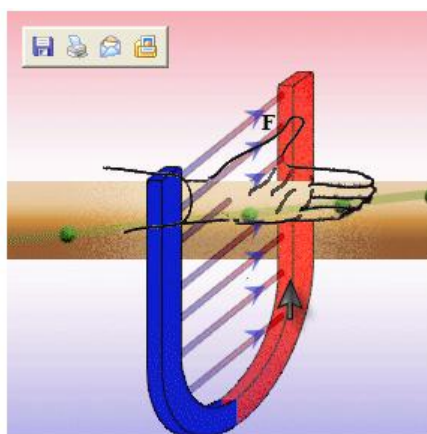
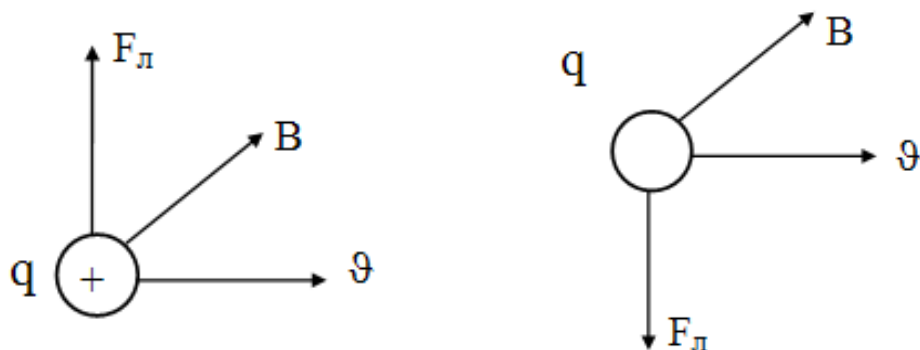


3. Lorens kuchi. Magnit maydoni faqat tok oqayotgan o'tkazgichlargagina ta'sir qilib qolmasdan, balki harakatdagi zaryadlangan zarrachalarga ham ta'sir qiladi. Magnit maydonida q tezlikda harakatlanayotgan q zaryadga

$$\vec{F}_L = q[\vec{v} \times \vec{B}]$$

kuch taʼsir etadi. Bu kuchni Lorens kuchi deyiladi. Lorens kuchini yoʻnalishi chap qoʻl qoidasi bilan aniqlanadi.

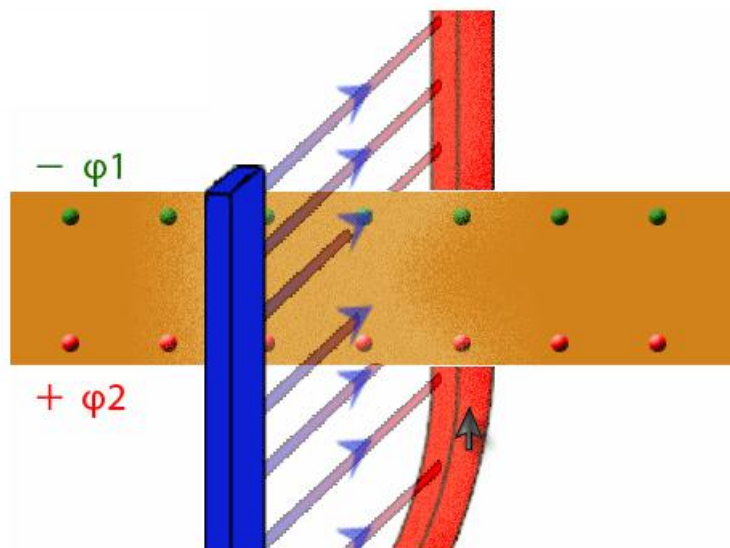
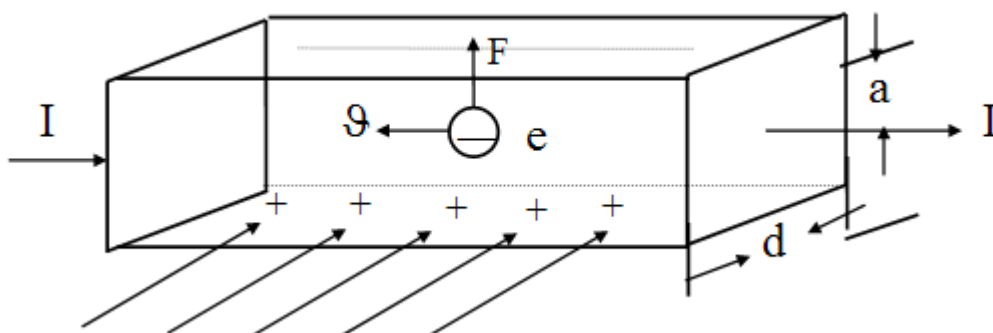
Agar kaftga B induksiya chiziqlari kirs, toʻrtala ochilgan barmoq musbat zaryadning tezlik, $\vec{v}$ - vektor yoʻnalishiga mos kelsa, bosh barmoq Lorens kuchi yoʻnalishini koʻrsatadi.



Lorens kuchining (F_L) modul boʻyicha ifodasi

$F_L = qvB\sin\alpha$ $\vec{B}$ va $\vec{v}$ orasidagi burchak. Lorens kuchi zarracha yoʻnalishiga tik, demak unga markazga intilma tezlanish beradi va zarracha harakat yoʻnalishini oʻzgartiradi, xolos.

4. Xoll effekti. Xoll effektining mohiyati shundan iboratki, metall yoki yarim oʻtkazgichdan yasalgan plastinka magnit maydoniga joylashtirilib undan tok oʻtkazilsa, ($\vec{B}$ va tok yoʻnalishiga tik yoʻnalishda) plastinkaning qarama-qarshi yoqlarida noldan farqli boʻlgan potentsiallar ayirmasi hosil boʻladi.



Metall plastinka (eni d , qalinligi a) magnit induksiya chiziqlariga (B) perpendikulyar joylashgan bo'lsa, Lorens kuchlari ta'sirida elektronning harakat yo'nalishi o'zgaradi va natijada plastinkaning yuqori qirrasida ortiqcha manfiy zaryadlar, qarama-qarshi qirrasida ortiqcha musbat zaryadlar to'planadi. Shu sababli plastinkaning qarama-qarshi yoqlarida pastdan yuqoriga yo'nalgan ko'ndalang elektr maydoni hosil bo'ladi. *Elektr kuchlari Lorens kuchlariga teng bo'lganda plastinkaning qarama-qarshi yoqlarida hosil bo'lgan Xoll potentsiallar ayirmasi magnit induksiya kattaligiga (B), tok kuchi (I) ga to'g'ri proporsional bo'lib, plastinkaning qalinligiga (a) teskari proporsional bo'ladi.*

$$\Delta\varphi = R \cdot \frac{IB}{a}$$

$R = 1/ne$ (n – 1 sm^3 dagi zaryadlar soni, e – elektron zaryadi) Xoll doimiysi bo'lib moddaning turiga bog'liq bo'ladi. O'lchangan Xoll doimiysining qiymatlariga ko'ra, o'tkazgichdagi elektronlar sonini va R ning ishorasiga qarab tekshirilayotgan o'tkazgichning qanday o'tkazuvchanlikka ega ekanligini aniqlash mumkin.

Mavzuni takrorlash uchun savollar.

1. Amper qonunlarni tushuntiring.
2. Parallel toklar qanday hosil bo'ladi?
3. Parallel toklarni tushuntiring?
4. Xoll effektini tushuntiring.
5. Lorens kuchini tushuntiring?

Uyga vazifa.

Magnit oqimi uchun Gauss teoremasi.

3- MA'RUZA: AMPER VA LORENS KUCHLARINING QO'LLANISHI.

Reja:

1. Elektron mikroskopning tuzilishi.
2. Elektron nurli trubka. Mass spektrometr.
3. MGD generator.
4. Zaryadlangan zarrachalarning magnit maydoni.
5. Tezlatgichlar.

Tayanch iboralar: zaryadlangan zarracha, magnit maydon, tezlatgichlar, mikroskopning tuzilishi, nurli trubka, MGD generator.

Ko'rgazmali qurollar: MGD generator animatsion dasturi, mavzuga oid slaydlar va plakatlar.

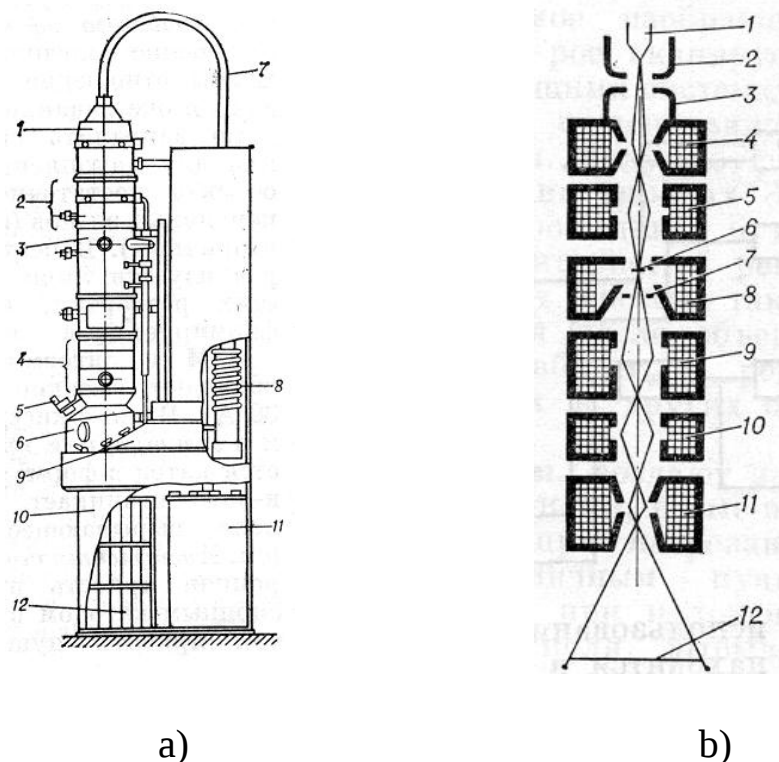
O'tilgan mavzuni takrorlash.

1. Amper qonunlarni tushuntiring.
2. Parallel toklar qanday hosil bo'ladi?
3. Parallel toklarni tushuntiring.
4. Xoll effektini tushuntiring.
5. Lorens kuchini tushuntiring?

Mavzuning borish.

1. Elektron mikroskopning tuzilishi. Optik mikroskoplarda kichik buyumlarning tasvirini kattalashtirish uchun yorug'lik nurlaridan foydalaniladi. Elektron mikroskoplarda esa yorug'lik nuri o'rnida vakuumda yuqori energiyaga ega bo'lgan elektronlar oqimidan foydalaniladi. Bunday qurilmalarda katta tezlikli elektronlar olish uchun magnit linzalar qo'llaniladi. Magnit linza deganda, kichik tirqishli metall g'ilof ichiga joylashtirilgan va katta magnit maydonga ega bo'lgan solenoid tushuniladi.

Elektron mikroskopning sxemasi quyidagi rasmda berilgan. Uning tarkibiy qismlari: tok manbai yordamida qizdiriluvchi katod K, anod trubkasi A, nazoratchi to'r C, ikkita magnit linza M_1 , M_2 va ekran S dan iboratdir. Birinchi magnit linza M_1 o'zidan qizdirish yoki yoritish natijasida elektronlar chiqaruvchi (yoki sochuvchi) buyumning haqiqiy tasvirini kattalashtirib beradi. Ikkinchi magnit linza M_2 birinchi linzadan kelgan tasvirni yanada kattalashtirib, ekran S yoki fotoplastinkaga tushiradi. Elektron mikroskopda buyumning umumiy kattalashtirilishi har bir linzadagi kattalashtirishlarning ko'paytmasiga teng bo'ladi. Hozirgi zamon elektron mikroskoplarda buyumlar tasvirini 10^5 martagacha kattalashtirish mumkin.



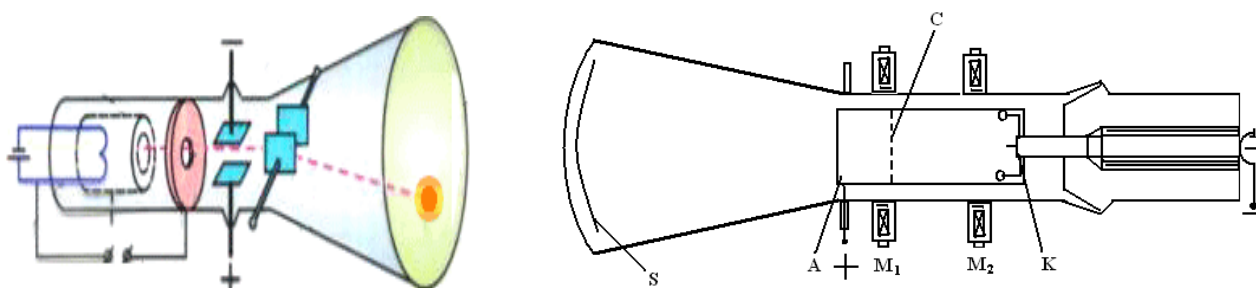
Elektron mi kroskop. a) umumiy ko'rinishi, b) optik sxemasi

2.16 – a) rasmda tasvirlangan elektron mikroskop quyidagi asosiy qismlardan iborat: 1- elektron pushka, 2- kondensorli linzalar, 3 - ob'yektiv linzalari, 4-proyeksion linzalar, 5 - ekranda namoyon bo'ladigan tasvirni qo'shimcha kattalashtiradigan yorug'lik mikroskopi, 6 – tubus, 7- yuqori kuchlanishli kabel, 8-vakuumli tizim, 9 - boshqaruv pulti, 10-stend, 11-yuqori kuchlanish manbai qurilmasi.

2.16 – b) rasmdagi elektron mikroskopning optik sxemasi quyidagicha tuzilgan:

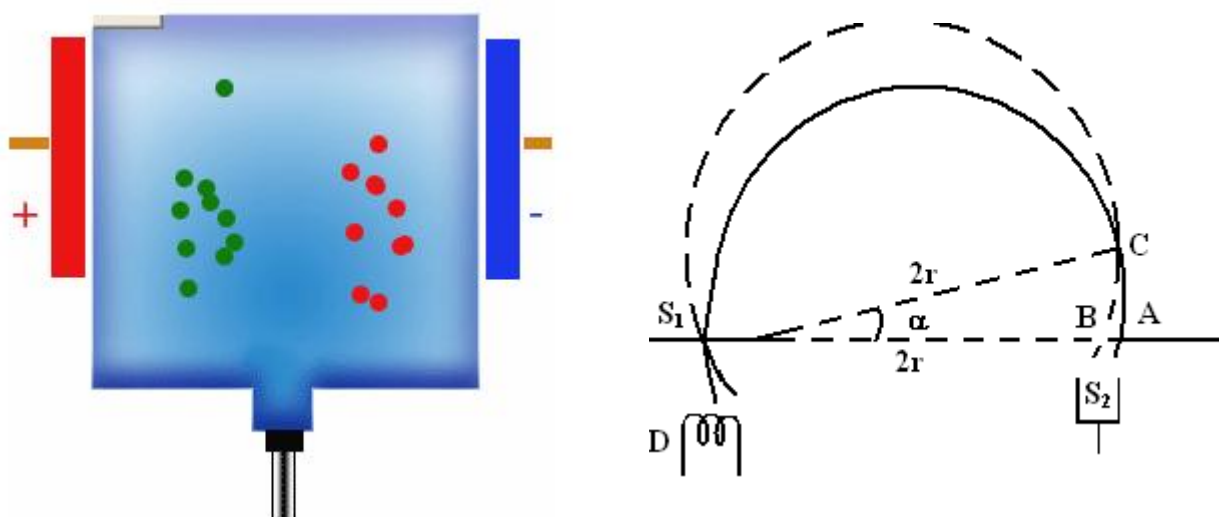
1-katod, 2-fokuslovshi silindr, 3-anod, 4-birinchi (qisqa fokuslovchi) kondensor, 5- ikkinchi (uzun fokuslovchi) kondensor, 6-ob'yekt, 7-aperturli diafragma, 8- ob'yektiv, 9, 10, 11 – linzaning proyeksiyalovchi tizimi, 12-katodli lyuminessirlovchi ekran.

2.Elektron nurli trubka. Elektron nurli trubka elektronlarning elektr maydoni ta'sirida ma'lum bir burchakka egilishi natijasida va maydon kuchlanganligining qiymatiga bog'liq ravishda egilish burchagining o'zgarishi lyuminisensiyalanuvchi ekranning turli nuqtalarida nuqtaviy yoritilishlar vujudga kelishini ta'minlaydi. Bu nuqtaviy yoritilishlar majmuasi elektron nurli trubkada tok kuchi va yo'nalishiga bog'liq ravishda grafiklarni hosil qilish mumkin. Shu asnoda posilograf ishlaydi. Televideniya trubkasida esa yoritgichlar majmuasi tasvirini vujudga keltiradi.



Elektron nurli trubka

Mass spektrometr. Masspektrofotometrlar deb ataluvchi fizikaviy qurilmalardan odatda moddalarning tarkibiy elementlari molyar massasi aniqlash maqsadida masspektrlar olinadi.

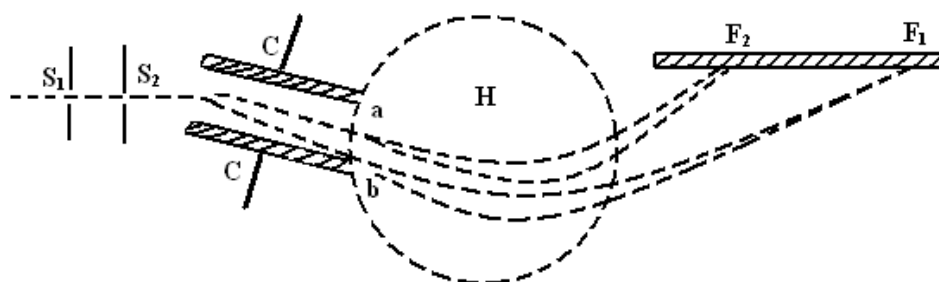


Misol tariqasida mirzoi qizil sabzi olindi, asosiy bo'yovchi modda spektri keltirilgan. β - karotinoid bo'yog'i tarkibidagi bo'yovchi modda mass spektrlarini ko'rib o'tib hamda bu spektrlarni tahlil qilib β -karotinoidning molyar massasi 568,428 a.m.b. ga tengligi isbotlandi.

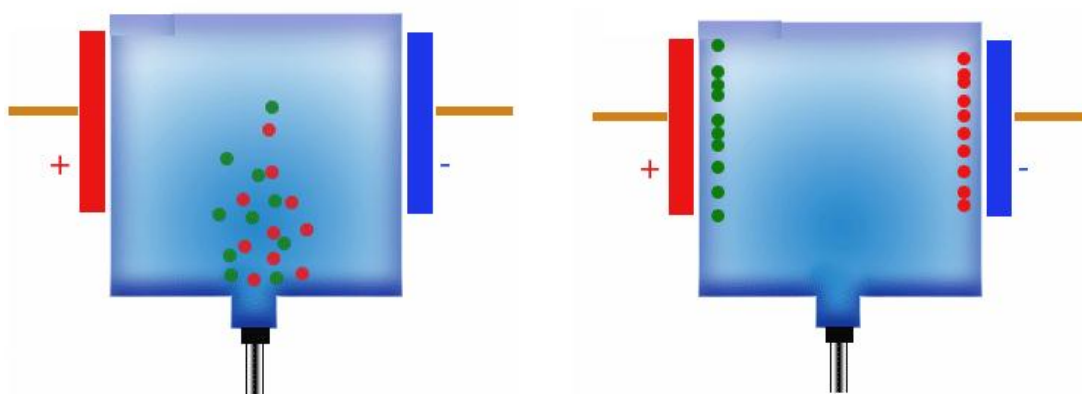
Ikkinchi misol sifatida MAT-311 masspektrometri yordamida o'tkazilgan kuzatishlar shuni ko'rsatdiki, modda tarkibiga kiruvchi elementlar spektrlari ularning molyar massalariga mutanosib bo'lishi lozim.

Haqiqatdan ham, hisoblashlar natijasiga ko'ra 3,5-diglyukozid sianidin moddasining molyar massasi 631,4 a.m.b. ga teng bo'ldi. Shu asosida O'rta Osiyo olxo'risi bo'yog'ining asosiy bo'yovchi pigmenti sifatida 3,5-diglyukozid sianidin ekanligi aniqlangan.

Ko'rib o'tganimizdek, masspektrofotometrlar zamonaviy texnologiyalar asosida moddalar tarkibiy elementlarini yuqori darajadagi aniqlik bilan o'lchashda katta yordam beruvchi qurilmadir.



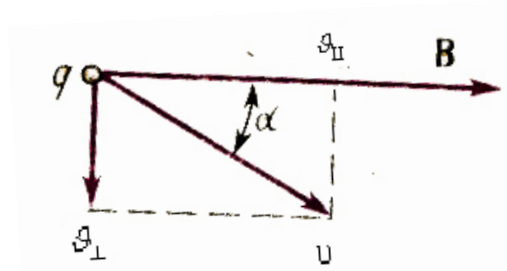
MGD generator. MGD generatorining ishlash prinsipi. MGD generator yuqori darajada zaryadlangan gaz molekulalarining ya'ni ionlarning magnit maydoni ta'sirida turli yo'nalishlarda harakat qilib, generatorning qoplamalarida musbat va manfiy zaryadlar to'plamini vujudga keltiradi. Bu zaryadlar to'plami esa qoplamalar orasida potensial farqini vujudga keltiradi va bu potensial farqi elektr tok ko'rinishida foydalanishi mumkin. Shuning uchun bunday qurilmalarga Magnito Gidro Dinamik generatorlar (MGD).



3. Zaryadlangan zarrachalarning magnit maydoni. Agar zaryadga magnit maydonidan tashqari, kuchlanganlik vektori $\vec{E}$ ga teng bo'lgan elektr maydoni ham ta'sir etsa, natijaviy kuch Lorens va elektr kuchlarining vektor yig'indisidan iborat bo'ladi.

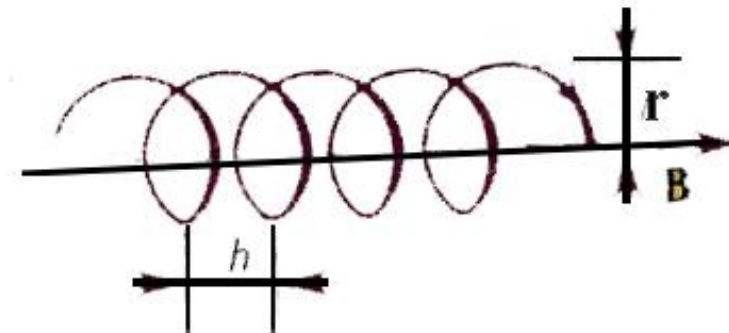
$$\vec{F} = \vec{F}_{el} + \vec{F}_l = q \vec{E} + q[\vec{v} \vec{B}]$$

Lorens formulasi deyiladi.



Bu yerda q – harakatlanuvchi zarrachaning zaryad miqdori, $B_{\parallel}$ – zarrachaninag magnit maydon induksiya yoʻnalishidagi tezlik tashkil etuvchisi, $B_{\perp}$ – magnit maydon induksiyasi yoʻnalishiga perpendikulyar yoʻnalishda tezlik tashkil etuvchisi v – magnit maydonda zaryadlangan zarrachaning harakat tezligi.

Bunday harakat natijasida zarracha spiralsimon trayektoriya boʻylab harakat qiladi.



Bu yerda trayektoriya radiusi

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

Zarrachaning aylanish davri

$$T = \frac{2\pi}{B} \frac{m}{q}$$

Spiral qadami

$$h = \frac{2\pi m v \cos \alpha}{B}$$

4. Tezlatgichlar. Harakatlanayotgan zaryadlarga yuqoridagi taʼsirlarga asoslanib tezlatgichlar qurilgan. Tezlatgichlar yordamida zaryadli zarrachalarga (elektronlar, protonlar, mezonlar, ionlar va h.) juda katta energiya berish mumkin.

Chiziqli tezlatgich. Zarrachalar yuqori kuchlanishli generator yordamida hosil qilingan elektrostatik maydon yordamida tezlatiladi. Bunda Q zaryad $\phi_1 - \phi_2$ potentsiallar ayirmasi orqali oʻtganda $W = Q \cdot (\phi_1 - \phi_2)$ energiya oladi. Shunday qilib, zarracha ≈ 10 meV energiyaga qadar tezlatiladi.

Chiziqli rezonansli tezlatgich. Oʻta yuqori chastotali oʻzgaruvchan elektr maydonida protonlar bir necha megoelektronvoltgacha, elektronlar oʻn

gigaelektron volt energiyagacha tezlatiladi. Siklotron - og'ir zarrachalar (proton, ion) ni tezlatuchi qurilmadir. Qurilmaning prinsipial sxemasi 2.11-rasmda ko'rsatilgan. (Siklotron rezonans hodisasini 1953-yilda AQSh fizigi Charlz Kittel kashf qildi).

Siklotronning asosiy qismi kuchli elektromagnit bo'lib, uning qutblari orasida duant deb ataladigan vakuum kamerasi 1 va 2 joylashgan. Duantlar o'zgaruvchan kuchlanishli yuqori chastotali generator qutblariga ulanganligi uchun navbatma-navbat goh manfiy, goh musbat zaryadlanib turadi.



Agar zaryadlangan zarrachani duantlar orasidagi markazga kiritilsa, zarracha elektr maydonida tezlanish olib, uning trayektoriyasi magnit maydon ta'sirida egrilanadi va duant 1 ga tortiladi. Zarracha yarim aylanani bosib o'tgach, yana duantlar orasidagi tirqishga yotib keladi va duant 2 ga tortilib tezlashadi. Shu tariqa zarrachaning tezligi va orbitasining radiusi ortib boradi. Zarrachaning trayektoriyasi spiralsimon shaklda yoyilib boradi va nihoyat, yetarli energiyaga ega bo'lgach, maxsus qurilma orqali tashqariga chiqadi. Bunday qurilmalar yordamida protonlarni 20 MeV energiyaga qadar tezlatish mumkin.

Mustahkamlash uchun savollar

1. Elektron – nurli trubka qanday tuzilgan?
2. Elektron – nurli trubka qayerlarda ishlatiladi?
3. Elektron nurlar dastasi qanday hosil qilinadi?
4. Elektron nurlar dastasi qanday boshqariladi?
5. Elektron mikroskop qanday tuzilishga ega?
6. Tezlatgichlar nechi turga bo'linadi?

Uyga vazifa

Informatsiya va axborotlarni magnit tasmlarda yozish va saqlash.

4- MA'RUZA: MAGNIT DIPOL MOMENTI. DIA, PARA VA FEROMAGNETIKLAR

Reja:

1. Muhitning magnit maydoni.
2. Magnit singdiruvchanligi.
3. Dia va para magnetiklar.
4. Ferromagnetiklar va ularning magnitlanishi.
5. Ferromagnetizmga gisterezis hodisasi. Ferromagnetiklarda domenlar prinsipi.

Tayanch iboralar: sindiruvchanligi, dia-para magnetiklar, muhitning magnit maydoni, ferromagnetiklar, gisterezis, domenlar prinsipi,

Ko'rgazmali qurollar: mavzuga oid slaydlar, animatsion dasturlar, plakatlar.

O'tilgan mavzuni takrorlash

1. Elektron – nurli trubka qanday tuzilgan ?
2. Elektron – nurli trubka qayerlarda ishlatiladi?
3. Elektron nurlar dastasi qanday hosil qilinadi?
4. Elektron nurlar dastasi qanday boshqariladi?
5. Elektron mikroskop qanday tuzilishga ega?
6. Tezlatgichlar nechi turga bo'linadi?

1. Muhitning magnit maydoni. Har xil muhitlarni magnit singdiruvchanligi moddalarning magnit xossalarni ularni tashkil etgan atom va molekulalarning hosil qiladigan mikrotoklariga bog'liq bo'lgani haqidagi birinchi ta'limot Amperga tegishli. Amper gipotezasiga asosan moddalarni magnit xossasini, ushbu moddani tashkil etgan atomlar elektronlarini yadro atrofida orbital harakati vujudga keltiradi. Bu vaqtdagi orbital tok

$$J = ev = ev/2\pi r$$

e - elektron zaryadi, v - uning aylanish chastotasi, v - elektronning chiziqli tezligi, r- esa orbita radiusi.

Aylanma tokda orbital magnit moment hosil bo'ladi.

$$P_m = J \cdot S = \frac{1}{2} e v r$$

$S = \pi r^2$ orbital yuzasi.

Elektronning aylanishidagi impuls momenti

$$H = m[r v] \quad L_C = m v r$$

LC bilan P_m vektorlar qarama-qarshi yo'nalishga ega. Tenglama birgalikda yechsak

$$P_m = \gamma L_C$$

$$\lambda = \frac{P_m}{L_C}$$

Elektronning gidromoment orbital momentlar nisbati deyiladi. Elektronning yadro atrofida aylanishida uning pretsessiyalanishi vujudga keladi va unga Larmor pretsessiyalanishi deyiladi.

Tizimga yo'nalishi aylanish o'qi bilan mos tushuvchi bir jinsli kuchsiz doimiy magnit maydon kiritilishi natijasida yuzaga keluvchi bir xilda zaryadlangan zarrachalar tizimining qo'shimcha aylanishi Larmor pretsessiyasi deyiladi. Bu hodisani birinchi bo'lib, 1895 yilda ingliz fizigi J.Larmor kuzatgan. Uning nomi bilan ataluvchi teorema ko'ra, bir jinsli magnit maydon kiritilganda elektronlar sistemasining harakat tenglamasi o'z

shaklini saqlaydi, agar $\omega_L = \frac{eH}{2mc}$ (bu yerda e – elektronning zaryadi, m – massasi) chastota bilan maydon yo'nalishi bo'ylab tekis aylanayotgan korrdinata sistemasiga o'tilsa, pretsessiya sodir bo'ladi. ω_L chastota Larmor chastotasi deb aytiladi. Maydon ω_L chastotali har bir elektron atomi orbitasining maydon yo'nalishi bo'ylab pretsessiyasi hosil bo'lishiga olib keladi.

Larmor pretsessiyasi zaryadlangan zarrachalarga Lorens kuchi ta'sir qilishiga asoslangan va girooskop harakatida uning aylanish o'qi yo'nalishini o'zgartirishga intiladigan kuch ta'siridagi pretsessiyasiga o'xshash.

Agar ω_L chastota magnit maydon bo'lmaganda zarrachalarning aylanish chastotasi bilan solishtirilganda kichik bo'lsa, Larmor teoremasi o'rinli bo'ladi. Elektronlar uchun hattoki juda kuchli magnit maydonda

($H \sim 10^6$ E) $\omega_L \sim 10^{13} \text{ s}^{-1}$, negaki atomda elektronlarning aylanish chastotasi

$(\frac{4Z^2}{n^3}) \cdot 10^{16} \text{ s}^{-1}$ tartibga ega. Bu yerda Z – yadro zaryadi, n – atomning bosh

kvant soni. Buning natijasida Larmor teoremasi juda keng qo'llanilish sohasiga ega. Elektronlar sistemasining qo'shimcha aylanishi natijasida (Larmor pretsessiyasi) magnit maydonda sistemaning magnit momenti yuzaga keladi. Shuning uchun Larmor pretsessiyasi asosida diamagnetizm, Zeyeman effekti kabi hodisalarni tushuntirish mumkin bo'ladi.

2. Magnit singdiruvchanligi. O'tkazgichlardan elektr toki o'tganda hosil qiladigan magnit induksiyasi B_0 bo'ladi. Ushbu magnit maydon induktsiyasining qiymati tokli o'tkazgich biron muhitda joylashganda o'zgaradi. Chunki magnit maydon ta'sirida muhitlarning magnitlanish xossasi mavjud. Bu hodisani xarakterlash maqsadida magnitlanish vektori tenglamasi kiritiladi.

$$j = \frac{\varepsilon P_i}{\Delta V}$$

Bu yerda ΔV muhitdan ajratib olingan kichik hajm p - muhit alohida molekulasining hosil qiluvchi magnit moment. Magnitlanish vektorining magnit induktsiyasi orqali emas magnit maydon kuchlanganligi "H" bilan bog'laydilar.

$$J = \varepsilon H$$

ε - magnit qabul qiluvchanlik bo'lib muhitning magnit xossalarini xarakterlaydi.

ε - o'lchov birligisiz fizik kattalik magnit maydon kuchlanganligi bilan magnit induksiya vektori o'zaro quyidagicha bog'lanishga ega.

$$\frac{B}{\mu_0} = H + \varepsilon H = (1 + \varepsilon)H$$

bunda μ - muhitning magnit singdiruvchanligi

$$\mu = (1 + \varepsilon)$$

magnit induktsiyasi bilan magnit maydon kuchlanganligi

$$H = \frac{B}{\mu \mu_0} \quad B = \mu \mu_0 H$$

bo'ladi.

Magnit maydon kuchlanganligi vakuumda tokli o'tkazgich hosil qiladigan magnit maydon induksiya vektori "B₀" ning μ_0 ga bo'lgan nisbati bilan topiladi.

$$H = \frac{B_0}{\mu_0}$$

Muhitda joylashgan ushbu o'tkazgich hosil qiladigan magnit induktsiyasi

$$B = \mu \mu_0 H = \mu \mu_0 \frac{B_0}{\mu_0} = \mu B_0$$

Shunday qilib muhit magnit singdiruvchanligi ushbu muhitda tokli o'tkazgichni hosil qiladigan magnit induktsiyasi vakuumdagi shunday qiymatda necha marta ortiq bo'lishini ko'rsatadi.

$$\mu = \frac{B}{B_0};$$

3. Diamagnetiklar. Diamagnit effekt atomlarining magnit momentlari nolga teng bo'lgan moddalarda namoyon bo'ladi. Magnit maydon ta'sirida esa, diamagnit effekt tufayli atom tarkibidagi ayrim elektronlar erishadigan qo'shimcha magnit momentlarning qo'shilishi natijasida atomda tashqi

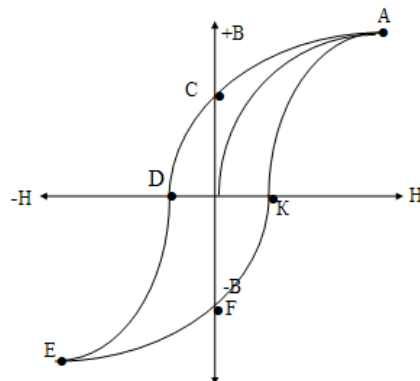
maydonga teskari yo'nalgan magnit moment vujudga keladi. Bu magnit moment o'zini vujudga keltirayotgan tashqi maydonni susaytiradi. Shuning uchun bunday moddalarning magnit qabul qiluvchanligi manfiy bo'ladi. Bunday moddalar diamagnetiklar deb ataladi.

Paramagnetiklar. Paramagnit effekt sodir bo'ladigan moddalarda tashqi magnit maydonning kuchayishi kuzatiladi. Lekin bu kuchayish temperaturaga teskari proportsional bo'ladi. Bunday moddalar paramagnetiklar deb ataladi.

4. Ferromagnetiklar magnitlanishi. 1. Ferromagnetiklarning magnit qabul qiluvchanligi k_m tashqi magnit maydonga bog'liq. k_m ning H ga bog'liqligi bilan xarakterlanadi.

2. Ferromagnetikdagi magnit maydon induksiyasining tashqi maydon kuchlanganligiga bog'liq ravishda o'zgarishi OA egri chiziq bo'ylab sodir bo'ladi. Shundan keyin H ni kamayтира boshlasak, ferromagnetikdagi B ning qiymati AO chiziq bo'ylab kamaymasdan, balki yangi AB egri chiziq bo'ylab kamayadi. $H = 0$ bo'lganda ham ferromagnetikdagi magnit maydon yo'qolmaydi, OB_k kesma bilan ifodalanuvchi qoldiq induksiya saqlanib qoladi.

5. Ferromagnetizmga gisterezis hodisasi. Ferromagnetiklarning magnit sindiruvchanligi μ tashqi maydon kuchlanganligi H ga bog'liqligini ko'rdik. Endi magnit induksiyasi B va H orasidagi bog'lanishni ko'raylik. Magnitlanishda ferromagnetik ichidagi magnit maydon O dan H ning ma'lum qiymatigacha ortib boradi. Ferromagnetikdagi induksiya qiymati-ning o'zgarishi OL chiziq bilan xarakterlanadi. Agar H kamaysa, induksiyaning kamayishi LM chiziq bilan ifodalanadi. $H=0$ bo'lganda ham induksiya noldan farqli bo'ladi. Qoldiq magnitlanishni yo'qotish uchun esa



oldingisiga teskari yo'nalishda maydon qo'yish kerak bo'ladi. Maydon kuchlanganligining $B=0$ dagi qiymati tutuvchi yoki koersitiv kuch H_k deyiladi. Maydon o'zgarishi bilan induksiya ham o'zgaradi. Hosil bo'lgan chiziqqa gisterezis deyiladi. Koersitiv kuchlarning qiymatiga qarab ferromagnetiklar yumshoq va qattiq ferromagnetiklar bo'ladi. Yumshoq ferromagnetiklar uchun gisterezis sirtmog'i ingichka va koersitiv kuchlarning qiymati kichik bo'ladi. Ularga temir, permallay va boshqalar misol bo'ladi. Yumshoq ferromagnetiklardan transformator, generator, elektrodvigatellarning o'zaklari yasaladi.

Qattiq ferromagnetiklar uchun gisterezis sirtmog'i keng va koersitiv kuchlarning qiymatlari ham katta bo'ladi. Shuni ta'kidlash lozimki, gisterezis sirtmog'ining yuzasi ferromagnetikni magnitlanish uchun barajarish kerak bo'lgan ishni xarakterlaydi.

Qattiq ferromagnetiklarga po'lat va uning qotishmalari kirib, odatda ulardan doimiy magnetiklar tayyorlashadi.

Ferromagnetiklarda domenlar prinsipi. Ferromagnetiklar tashqi maydon bo'lish – bo'lmasligidan qat'iy nazar, o'z – o'zidan magnitlanib qolish xususiyatga ega bo'ladilar. Bu hodisani tushuntirish uchun frazsuz fizigi P.Veys (1865 – 1940) domenlar nazariyasini olg'a surdi. Ushbu nazariyaga muvofiq, ferromagnit – juda ko'p miqdordagi kichik mikroskopik sohalar – domenlarga ajratilib, ular o'z – o'zidan magnitklanadilar. Tashqi magnit maydon bo'lmaganda domenlarning magnit momentlar ham betartib joylashgan bo'lib, bir – birlarini yo'qotadilar. Tashqi maydonga kiritilganda esa maydon alohida atom va molekulalarni emas, balki domenlarni maydon bo'ylab yo'naltiradi. Aynan shu sababli maydon kuchlanganligi ortishi bilan magnitlanish juda tez ortadi. Domenlar o'z – o'zidan maydon bo'ylab joylashib qolishi mumkin. Diamagnetiklardan va paramagnetiklarda farqli ravishda ferromagnetiklarning magnit sindiruvchanligi tashqi maydon kuchlanganligiga bog'liqdir.

Ferromagnetiklarning magnit kirituvchanligi ancha katta bo'ladi. Masalan, temir uchun $\mu = 5000$, supermalloy qotishmasi uchun $\mu = 800000$ va hokazo. Ferromagnetiklar hodisasi birinchi bo'lib temirda o'rganilgan. Ferromagnetizm atamasining kelib chiqishi ham shundan.

Mavzuni mustahkamlash uchun

1. Diamagnetiklar deb qanday moddalarga aytiladi?
2. Diamagnetikning xususiyatlari temperaturaga bog'liqmi?
3. Paramagnetiklarning molekulalari xususiy magnit momentiga egami?
4. Paramagnetiklarning xususiy maydoni tashqi maydonni qanday o'zgartiradi?
5. Muhitning magnit sindiruvchanligi deb qanday kattalikka aytiladi?
6. Magnit sindiruvchanlikning SI dagi birligi va vakumdagi qiymati qanday?
7. Ferromagnetiklarning alohida xossalari ayting.
8. Ferromagnetiklar magnitlanishi tashqi maydonga bog'liqmi?
9. Domenlar nazariyasi nimani tushuntirish maqsadida kiritilgan?
10. Domenlar deb nimaga aytiladi?
11. Ferromagnetiklarga misollar keltiring.
12. Gisterezis chizig'i deb qanday chiziqqa aytiladi?
13. Gisterezis sirtmog'i barcha ferromagnetiklar uchun bir xilmi?
14. Gisteresiz sirtmog'ining yuzasi nimani ko'rsatadi?

Uyga vazifa

Magnit maydon kuchlanganligi. Kompyuter monitorida elektron shula ta'sirida axborot tizimini hosil qilish.

5-MA'RUZA. ELEKTROMAGNIT INDUKSIYA HODISASI. O'ZARO INDUKSIYA.

Reja:

1. Magnit oqimi.
2. Elektromagnit induksiyasida Faradey tajribasi. Faradey qonuni.
3. Lens qoidasi.
4. O'zinduksiya. Induktivlik.
5. O'zaro induksiya.
6. Magnit maydon energiyasi va uning zichligi.

Tayanch iboralar: magnit oqim, induksiyada Faradey tajribasi va qonuni. Lens qoidasi, o'zinduksiya, induktivlik, o'zaro induksiya, energiyasi, zichligi.

Ko'rgazmali qurollar: slaydlar, animatsiyalar, plakatlar.

O'tilgan mavzuni takrorlash

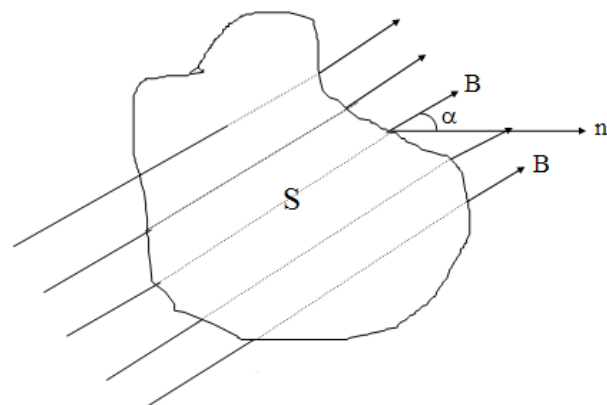
1. Ferromagnetiklarning alohida xossalarini ayting.
2. Ferromagnetiklar magnitlanishi tashqi maydonga bog'liqmi?
3. Domenlar nazariyasi nimani tushuntirish maqsadida kiritilgan?
4. Domenlar deb nimaga aytiladi?
5. Ferromagnetiklarga misollar keltiring.
6. Gisterezis chizig'i deb qanday chiziqqa aytiladi?
7. Gisterezis sirtmog'i barcha ferromagnetiklar uchun bir xilmi?
8. Gisteresiz sirtmog'ining yuzasi nimani ko'rsatadi?
9. Magnit oqimi deb qanday kattalikka aytiladi?
10. Magnit oqimi qanday kattalik, skalyarmi yoki vektormi?
11. Magnit oqimining SI dagi birligi va u qanday oqim?
12. Lorens kuchi nima?
13. Lorens kuchining yo'nalishi qanday aniqlandi?
14. Faradey tajribasini tushuntiring.
15. Elektromagnit induksiya uchun Faradey qonuni tushuntirish.

Mavzuning borishi

1. **Magnit oqimi.** Magnit maydon induksiyasining shu induksiya chiziqlari o'tayotgan yuzaga ko'paytmasi magnit oqimi deyiladi.

$$d\Phi_B = \mathbf{B}_n \cdot d\mathbf{S} = B \cdot dS$$

$B_n = B \cdot \cos \alpha$ bo'lib, normal n bo'yicha yo'nalgan B vektorning proyeksiyasi. α - B va n orasidagi burchak. Tokli kontur hosil



qilgan magnit induksiya oqimi doimo musbat bo`ladi. Ixtiyoriy S yuza orqali o`tuvchi magnit induksiya oqimi

$$\Phi_B = \int_S \vec{B}_n \cdot d\vec{S} = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{S}$$

bo`ladi. Bir jinsli magnit maydon uchun magnit oqimi

$$\Phi_B = BS \cos \alpha$$

bo`yicha magnit oqimi Veberda o`lchanishi kelib chiqadi. Bir Veber magnit induksiyasi 1 Tesla (Tl) bo`lgan bir jinsli magnit maydoniga tik bo`lgan $1m^2$ yuzadan o`tayotgan magnit oqimni bildiradi.

Magnit maydon induksiyasi B uchun Gauss teoremasi quyidagicha ta`riflanadi:

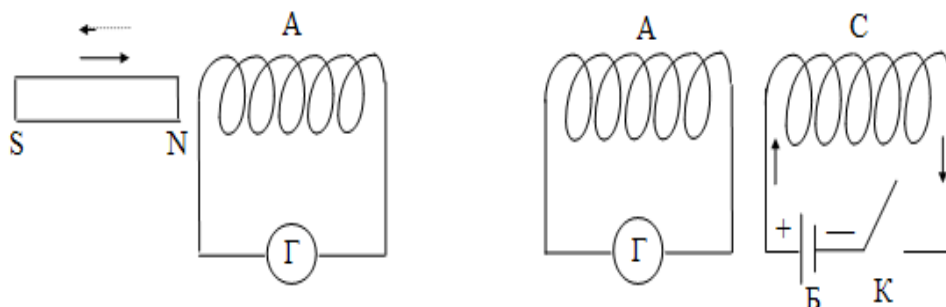
Teorema: Har qanday berk yuzadan o`tuvchi magnit induksiya oqimi nolga tengdir:

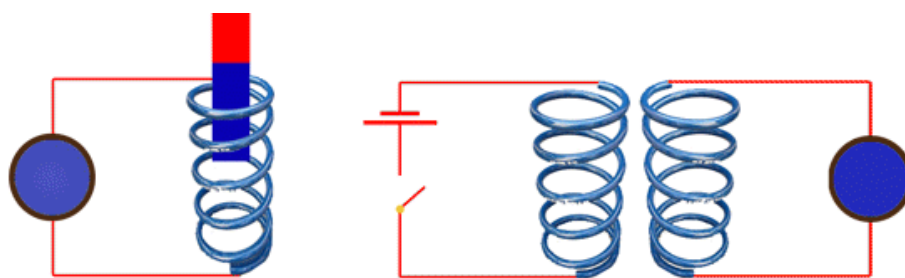
$$\oint_S \vec{B} d\vec{S} = \int_S \vec{B}_n \cdot d\vec{S} = 0$$

Gauss teoremasi tabiatda magnit zaryadlarining mavjud emasligini va induksiya chiziqlari doimo berk bo`lishini ko`rsatadi. Bundan kontur yuzasiga qancha induksiya chiziqlari kirs, shunchasi chiqishi kelib chiqadi.

2. Elektro induksiyasida Faradey tajribasi. Elektromagnit induksiya hodisasini 1831-yili Faradey kashf qilgan. Hodisa shundan iboratki, har qanday berk o`tkazgich konturi bilan chegaralangan yuz orqali o`tayotgan magnit induksiya oqimi o`zgargan vaqtda shu konturda elektr tok paydo bo`ladi. Bu tokka **induksion tok** deyiladi. Ushbu induksion toklarning yo`nalishini aniqlash qoidasini 1831-yilda italiyalik fizik Nobili Leopardo taklif qildi. Nemis fizigi Neyman esa 1846-yilda induksiya qonunini matematik tenglamasini berdi.

Galvanometr ga ulangan A solenoidning bir uchiga o`zgarmas magnitni yaqinlashtirsak, solenoidda elektr toki paydo bo`ladi. S - solenoidni k - kalit orqali B tok manbaga ulasak, A solenoidda qisqa muddatli tok paydo bo`ladi.

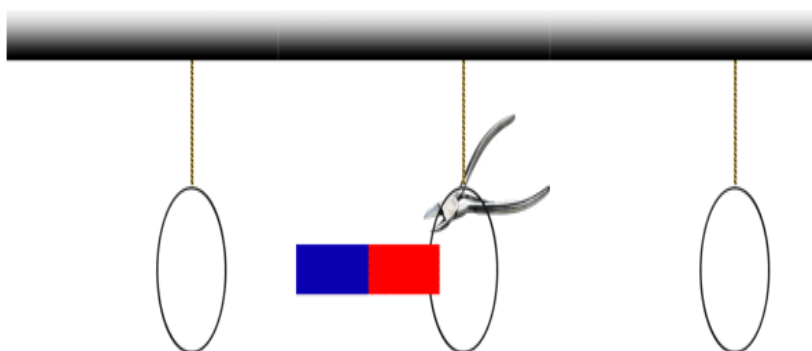




Induksion tokning hosil bo'lishi

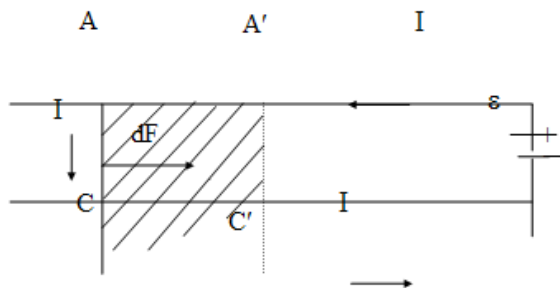
Faradey qonuni. Tajribalarni tahlil qilsak, birinchi tajribada shu narsa xarakterlidirki, A solenoidda tok magnit unga yaqinlashayotgan yoki undan uzoqlashayotgan paytdagina, ya'ni solenoid yaqinida magnit maydon o'zgargan vaqtda yoki solenoidning o'zi magnit maydonida ko'chgan vaqtda paydo bo'ladi xolos. Magnitning solenoidga nisbatan harakati yoki solenoidning magnitga nisbatan harakati to'xtashi bilan solenoid yaqinidagi magnit maydon o'zgaras bo'lib qoladi va solenoiddan tok o'tmaydi. Ikkinchi tajribadagi hodisa ham birinchidagiga o'xshashdir - bunda o'zgaruvchan magnit maydonni S solenoidda hosil bo'lgan yoki yo'qalayotgan tok hosil qiladi. Ikkala holda ham o'tkazgich konturi yaqinidagi magnit maydonning kattaligi o'zgaradi, demak, kontur bilan chegaralangan sirt orqali o'tuvchi magnit induksiya oqimi ham o'zgaradi.

Peterburg universitetining professori Lens induksion tokning yo'nalishi uchun quyidagi qoidani topdi: *berk konturda hosil bo'lgan tok shunday yo'nalganki, bu tok kontur bilan chegaralangan yuz orqali o'tuvchi va uning o'zini hosil qiluvchi magnit oqimi induksiyasining o'zgarishini kompensatsiyalovchi xususiy magnit induksiya oqimini yaratadi* Birinchi tajribada solenoidga magnitning shimoliy qutbini yaqinlashtirganimizda soleniodda soat strelkasiga teskari yo'nalgan tok paydo bo'ladi. Bu holda magnit hosil qilayotgan induksiya oqimi soleniodning ichiga qarab yo'nalgan bo'lib, magnit yaqinlashgan sari orta boradi. Solenoiddagi induksion tokning magnit maydoni tashqi magnit maydonni o'sishini kompensatsiyalaydi.



Magnitning shimoliy qutbi uzoqlashtirilganda solenoidda soat strelkasi yo`nalishidagi tok paydo bo`ladi. Tashqi maydonda magnit induksiya oqimi kamaya boradi. Solenoiddagi induksion tokning magnit maydoni solenoid ichiga qarab yo`nalgan bo`ladi demak, magnit maydonni kamayishini kompensatsiyalaydi.

3. Lens qoidasi Ma`lumki o`zgaruvchan magnit induksiya oqimi ochiq konturda o`zgaruvchan E.YU.K. hosil qiladi. E.YU.K kattaligi bilan magnit induksiya oqimining o`zgarish tezligi orasidagi bog`lanishni energiyaning saqlanish qonuniga asosan aniqlash mumkin.



Agar qo`zg`aluvchan AC qismga ega bo`lgan berk konturga E.YU.K.  $i \varepsilon$  ga teng bo`lgan B galvanik element ulangan bo`lsa, bu manbani dt vaqt ichida bajarilgan ishi

$$A = \varepsilon I dt \quad \text{ga teng bo`ladi.}$$

Agar kontur magnit maydondan tashqarida turgan bo`lsa, bajarilgan butun ish Joul - Lens issiqligiga sarflanadi.

$$A_1 = Q = I^2 R dt$$

Agar kontur bir jinsli magnit maydoniga joylashtirilsa, konturni AC qismiga o`ng tomonga qarab unga tik yo`nalgan F kuch ta`sir etadi va uni A'C' holatga siljitadi. Bunda bajarilgan mexanik ish

$$A_2 = I \cdot dF \quad \text{bo`ladi.}$$

dF - konturning shtrixlangan ACA'C' qismi orqali o`tayotgan magnit induksiya oqimi, I esa kontur harakat qilgan vaqtda shu konturda oqadigan tokning kuchi. Energiyaning saqlanish qonuniga asosan B galvanik elementni bajargan ishi:

$$A = A_1 + A_2 \quad \text{yoki} \quad \varepsilon I dt = I^2 R dt + I dF$$

tenglikni har ikkala tomonini $I dt$ ga bo`lamiz.

$$\varepsilon = IR + dF/dt \quad \text{bu tenglikdan}$$

$$I = \frac{\varepsilon - \frac{d\Phi}{dt}}{R}$$

dF/dt ifoda kontur yuzi (shtrixlangan) orqali o`tuvchi induksiya oqimining o`zgarishi tufayli hosil bo`lgan qo`shimcha E.YU.K. ni ifodalaydi.

$$E_i = - \frac{d\Phi}{dt}$$

Elektromagnit induksiya qonunini (Faradey qonuni) ifodalaydi. Bu tenglikdagi manfiy ishoraning ma'nosi quyidagicha: induksiya oqimining ortishi ($d\Phi/dt > 0$) konturni aylanib chiqishdagi manfiy yo'nalish bo'ylab ta'sir etuvchi E.YU.K. ni, induksiya oqimining kamayishi ($d\Phi/dt < 0$) esa konturni aylanib chiqishdagi musbat yo'nalish bo'ylab ta'sir etuvchi E.YU.K. ni hosil qiladi.

Induksiya E.YU.K. ning SI tizimidagi birligini ko'raylik:

$$E_i = - d\Phi/dt = Vb/S = Tl \cdot M^2/S,$$

$$\text{lekin } Tl = N \cdot M / A \cdot M^2 = J / A \cdot M^2 = A \cdot VS / A \cdot M^2 = V \cdot S / M^2.$$

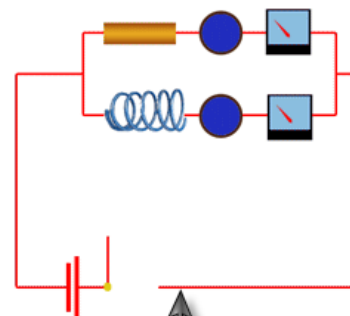
Shuning uchun $[E_i] = V \cdot S / M^2 \cdot M^2 / S = V$ kelib chiqadi.

Demak, kontur yuzi orqali o'tuvchi magnit oqim 1 Vb/S tezlik bilan o'zgarsa, konturda vujudga kelayotgan E.Yu.K. 1 V ga teng bo'ladi.

4. O'zinduksiya. Elektromagnit induksiya hodisasining asosiy qonuniga asosan, kontur yuzi orqali o'tayotgan magnit oqimi o'zgarayotgan barcha hollarda induksiya E.YU.K. si hosil bo'ladi. *Shuning uchun konturdan oqayotgan tok kuchining o'zgarishi natijasida xuddi shu konturning o'zida induksion E.YU.K. ni hosil qiladi.* Bu hodisani o'zinduksiya hodisasi deyiladi.

Masalan, konturni (g'altakni) o'zgarms tok manbaiga ulash yoki uzish vaqtida shu konturning o'zida o'zinduksiya hodisasi kuzatiladi.

Kalit K ulanganda, g'altakdan o'tayotgan tok o'zining to'liq qiymatiga birdaniga erishmaydi. Binobarin, g'altak atrofida hosil bo'layotgan magnit oqimi ham o'zining to'liq qiymatiga birdaniga erishmaydi. Lens qoidasiga binoan, hosil bo'layotgan induksion tok induksiya oqimini hosil qiladi, bu oqim dastlabki magnit oqimini ortishiga qarshilik qiladi. Hosil bo'lgan induksion tok ulanayotgan tokka teskari yo'nalgan bo'ladi (tok yo'nalishi punktir chiziqli strelka bilan ko'rsatilgan). Bu tokni ulanish ekstra toki deyiladi. Ulanish ekstra toki konturdagi tokni kamaytiradi.



Zanjirni uzganimizda ham shunga o'xshash hodisa ro'y beradi. Agar konturda tok kuchi kamayotgan bo'lsa, konturni yuzi orqali o'tuvchi magnit induksiya oqimi ham kamayadi. Bunday holda asosiy tok bilan bir tomonga yo'nalgan tok induksiyalanadi. Bu induksion tok uzilish ekstra toki deyiladi. Bu tok asosiy tok bilan bir tomonga yo'nalgan bo'ladi.

Konturning kuchli yoki kuchsizroq o'zinduksiya hodisasini namoyon qilishi o'zinduksiya koeffitsiyenti deb ataladigan fizik kattalik bilan xarakterlanadi.

Konturdan o'tayotgan tok tufayli vujudga kelayotgan magnit oqim tok kuchiga proporsional, ya'ni:

$$\Phi = LI,$$

bu yerda L - konturning induktivligi bo'lib SI tizimda Genrida o'lchanadi.

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

Demak, 1 Gn shunday elektr zanjirining induktivligiki, zanjirdan 1 A o'zgaras tok o'tkanda vujudga keladigan magnit oqim.

Induktivlik. Bio – Savar – Laplas qonuniga binoan, berk kontur bo'ylab oqadigan elektr toki hosil qiladigan magnit oqimi tok kuchiga proporsional bo'ladi, ya'ni:

$$\Phi = LI$$

bu yerda L – proporsionallik koeffitsiyenti bo'lib, konturning induktivligi deyiladi.

Induktivlik deganda, konturdan bir birlik tok oqib o'tganda yuzaga keladigan magnit oqimi tushuniladi va u konturning shakli, o'lchamlari va kontur joylashgan muhitning magnit singdirvchanligiga bog'liq.

SI sistemasida induktivlikning o'lchov birligi

$$1 \text{ Gn} = \frac{1 \text{ Vb}}{1 \text{ A}}$$

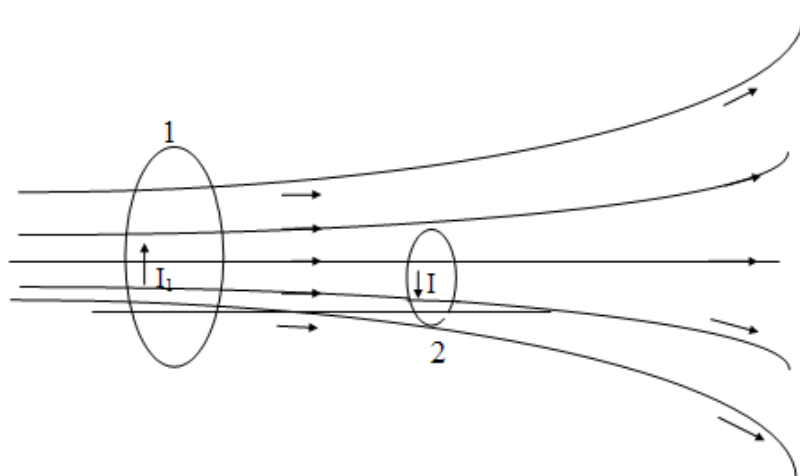
5. O'zaro induksiya. O'zaro induksiya hodisasi shundan iboratki, biror konturdagi tokning kuchi o'zgarganda bu tokning o'zgaruvchan magnit maydoni qo'shni konturlarda E.YU.K. ni hosil qiladi. Ikkita (1 va 2) konturlarni olaylik.

Konturdagi tok kuchi I_1 bo'lsin. Bu tok hosil qilayotgan magnit induksiya oqimi F tok kuchi I_1 ga proporsional bo'ladi. Φ oqimning 2 konturni kesib o'tayotgan qismini Φ_{21} bilan belgilasak, u vaqtda

$$\Phi_{21} = L_{21} \cdot I_1$$

1-konturdagi tok kuchi I_1 o'zgarsa, F_{21} ham o'zgarib 2-konturda ε_2 E.YU.K. hosil bo'ladi. Bu kattalik:

$$\varepsilon_2 = - d\Phi_{21}/dt$$



Agar konturning o'lchamlari, bir-birlariga nisbatan vaziyatlari o'zgarmasa, L_{21} koeffitsiyent o'zgaras bo'ladi va

$$d\Phi_{21}/dt = L_{21} (dI_1/dt),$$

bo`ladi

$$\varepsilon_2 = - L_{21} (dI_1/dt)$$

L_{21} koeffitsent 2 kontur bilan 1 konturning o`zaro induksiya koeffitsiyenti deyiladi.

6. Magnit maydon energiyasi va uning zichligi. Tok oqayotgan o`tkazgichlar atrofida doimo magnit maydon hosil bo`ladi va tok o`tishi to`xtashi bilan magnit maydoni ham yo`qoladi. Demak, tok energiyasining ma`lum bir qismi o`tkazgich atrofida magnit maydonni hosil qilishga sarflanadi.

Induktivligi L bo`lgan konturdan  $I$  tok kuchi oqayotgan bo`lsin. O`tkazgich atrofidagi oqim tokka proporsional bo`ladi, ya`ni  $d\Phi = L \cdot dI$ . Magnit oqimi  $d\Phi$  ga ortishi uchun  $dA = Id\Phi = LI dI$  ish bajariladi. U holda  $\Phi$  magnit oqimini hosil qilishda bajarilgan ish quyidagicha bo`ladi:

$$A = \int_0^I LI dI = L \cdot \frac{I^2}{2}.$$

Kontur bilan bog`liq bo`lgan magnit maydonning energiyasi

$$W = L \cdot \frac{I^2}{2}.$$

Solenoid ichida hosil bo`lgan magnit maydon energiyasi

$$W = \frac{BH}{2} \cdot V$$

bu yerda $Sl = V$ solenoid hajmi. Solenoid hosil qilgan magnit maydon bir jinsli bo`lib, solenoid o`rtasida yig`ilgani uchun maydonning hajmiy zichligi

$$\omega = \frac{BH}{2} = \frac{1}{2} \mu \mu_0 H^2$$

kattalik bilan ifodalanadi.

Mavzuni mustahkamlash uchun savollar

1. Magnit oqimi deb qanday kattalikka aytiladi?
2. Magnit oqimi qanday kattalik, skalarmi yoki vektormi?
3. Magnit oqimining SI dagi birligi va u qanday oqim?
4. Lorens kuchi nima?
5. Lorens kuchining yo`nalishi qanday aniqlandi?
6. Faradey tajribasini tushuntiring.
7. Elektromagnit induksiya uchun Faradey qonuni tushuntiring.
8. Induktivlik nima?
9. Induktivlik konturdan oqayotgan tok kuchiga bog`liqmi?
10. Induktivlikning SI dagi birligi va u qanday induktivlik?

11. O'zinduksiya deb qanday induksiyaga aytiladi?
12. O'zinduksiya EYK nimaga teng?
13. Magnit maydon energiyasi bajargan ishiga tengmi?
14. Magnet maydon energiyasining hajmiy zichligi nimaga teng?

Uyga vasifa

Elektromagnit induksiya hodisasi. Transformatorlar

6- MA'RUZA. MAKSVELL TENGLAMALARI (INTEGRAL KO'RINISHDA).

Reja:

1. Maksvellning differensial va integral ko'rinishidagi tenglamalari.
2. Maksvellning tenglamalarning mohiyati.

Tayanch iboralar: magnitoelektrik induksiya, elektromagnit induksiya, o'tkazuvchanlik toki va zichligi, elektr induksiya vektori, induksion E.YU.K, Maksvell nazariyasi, to'liq tok zichligi, elektromagnit to'lqin tenglamasi, energiya zichligi, energiya oqimi zichligi, Umov-Poynting vektori, Lorens almashtirishlari, maxsus nisbiylik nazariyasi, inertsial sanoq sistemasi, elektromagnit maydon invariantlari, parametrlari, tebranishlar, so'nuvchi tebranishlar, majburiy tebranishlar, rezonansi.

Ko'rgazmali qurollar: slaydlar.

O'tilgan mavzuni takrorlash

1. Maksvell tenglamalari elektromagnitizmning qaysi qonunlarini ifodalaydi?
2. Siljish toki nima?
3. Maksvell tenglamalarining integral va differentsial shakllarini yozing.
4. Elektromagnit vektorlar uchun Lorens almashtirishlari qanday?
5. Elektromagnit maydon invariantlarini tushuntiring.

Mavzuning borish

1. Maksvellning differensial ko'rinishidagi tenglamalari. Vektor analizdagi Stoks va Gauss teoremlaridan foydalanib *Maksvell tenglamalarini quyidagicha differentsial ko'rinishda* ifodalash mumkin:

$$\text{rot } \vec{E} = - \frac{d \vec{B}}{dt}$$

$$\text{rot } \vec{H} = \vec{j}_y + \frac{d \vec{D}}{dt}$$

$$\text{div } \vec{D} = \rho$$

$$\text{div } \vec{B} = 0$$

Bu tenglamalarni yechishda ularda qatnashgan $\vec{E}$ va $\vec{D}$, $\vec{B}$ va $\vec{H}$ kattaliklar o'rtasidagi quyidagi moddiy munosabatlardan (izotrop muhit uchun) foydalaniladi:

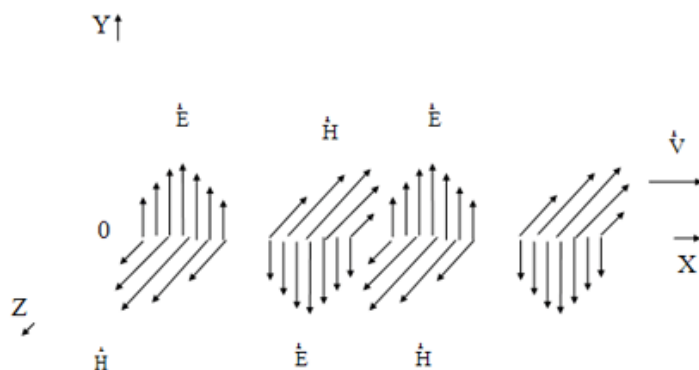
$$\vec{D} = \epsilon_0 \epsilon \vec{E}; \quad \vec{B} = \mu_0 \mu \vec{H}; \quad \vec{D}_y \vec{j}_y = \sigma \vec{E}$$

bu yerda, ϵ_0 - elektr doimiy; ϵ -muhitning dielektrik singdiruvchanligi;

σ - moddaning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi.

Maksvell tenglamalari Nyuton mexanikasining qonunlari, termodinamika bosh qonunlari kabi katta ahamiyatga ega bo'lgan tabiat qonunlaridir. Maksvell nazariyasining eng muhim natijalaridan biri elektromagnit to'lqinlarining ko'ndalang to'lqinlar ekanligidir. $\vec{E}$ va $\vec{H}$ vektorlar o'zaro perpendikulyar bo'lib, ular to'lqinning tarqalish tezligi $\vec{v}$ ga perpendikulyar tekislikda yotadi. elektromagnit to'lqinni ikki o'zaro perpendikulyar tekisliklarda yotuvchi sinusoidalar shaklida tasvirlash mumkin.

Sinusoidalardan biri elektr maydon kuchlanganlik vektori $\vec{E}$ ning, ikkinchisi esa magnit maydon kuchlanganlik vektori $\vec{H}$ ning tebranishlarini ifodalaydi.



Elektromagnit to'lqin chastotasi aynan bir xil saqlansa ($\omega = \text{const}$), uni monoxromatik elektromagnit to'lqin deyiladi. OX o'q yo'nalishida tarqalayotgan ω chastotali elektromagnit to'lqin quyidagicha yoziladi:

$$\vec{E} = \vec{E}_m \sin(\omega t - kx + \varphi_0),$$

$$\vec{H} = \vec{H}_m \sin(\omega t - kx + \varphi_0).$$

Bunda $\vec{E}_m$ va $\vec{H}_m$ - mos ravishda $\vec{E}$ va $\vec{H}$ vektorlarning amplituda qiymatlari, $k = \omega/V = 2\pi/\lambda$ - to'lqin soni, φ_0 - koordinatasi $x = 0$ nuqtadagi tebranishlarning boshlang'ich fazasi.

Maksvellning integral ko'rinishdagi tenglamalari. Maksvell siljish toki tushunchasini qo'llab, elektr va magnit hodisalarining yagona nazariyasini yaratdi. Maksvell nazariyasining asosini to'rtta tenglama tashkil etadi.

1) *Qo'zg'almas zaryad q o'z atrofidagi fazoda elektr maydonini vujudga keltiradi.* Bu maydon *potensial maydondir*. Shuning uchun bu maydon kuchlanganlik vektori $\vec{E}_q$ ning ixtiyoriy berk kontur bo'yicha sirkulyatsiyasi (ya'ni elektrostatik maydon kuchlarining berk yo'lda bajargan ishi) nolga teng:

$$\oint E_{ql} dl = 0$$

Uyurmaviy elektr maydon kuchlanganligi $\vec{E}_B$ vektorining ixtiyoriy berk kontur bo'yicha sirkulyatsiyasi (7) ga asosan noldan farqli:

$$\oint_{\ell} E_B d\ell = - \left(\frac{dB}{dt} \right)_n dS$$

Umumiy holda elektr maydon $\vec{E}_q$ va $\vec{E}_B$ maydonlarning yig'indisidan iborat bo'lishi mumkin, ya'ni $\vec{E} = \vec{E}_q + \vec{E}_B$ deb belgilab, tenglamalarni qo'shsak:

$$\oint_l E_l dl = - \int \left(\frac{dB}{dt} \right)_n dS$$

Maksvellning integral ko'rinishdagi *birinchi tenglamasi* kelib chiqadi. Chap tomonidagi integral ixtiyoriy berk kontur bo'yicha, o'ng tomondagisi esa shu kontur chegaralab turgan ixtiyoriy sirt bo'yicha olinadi.

Har qanday elektr tok atrofida magnit maydon hosil bo'ladi. Magnit maydon kuchlanganligi vektori $\vec{H}$ ning ixtiyoriy berk kontur bo'yicha sirkulyatsiyasi shu kontur o'rab olgan barcha makroskopik toklarning algebraik yig'indisiga teng:

$$\oint_l H_l dl = \sum J = \int_s j_n dS$$

O'zgaruvchan elektr maydon xuddi tok kabi magnit maydoni hosil qiladi. Demak, umumiy holda magnit maydon o'tkazuvchanlik toki $\vec{j}_y$ va siljish toki $\vec{j}_c$ tufayli vujudga kelgan magnit maydonlarning yig'indisidan iborat. Agar o'tkazuvchanlik toki zichligi va siljish toki zichligi $\vec{j}_c = \frac{d\vec{D}}{dt}$ larning yig'indisidan iborat bo'lgan to'liq tok zichligi $\vec{j}_T$:

$$\vec{j}_T = \vec{j}_y + \vec{j}_c = \vec{j}_y + \frac{d\vec{D}}{dt}$$

tushunchasidan foydalansak, quyidagicha yozish mumkin:

$$\oint_{\ell} H_{\ell} d\ell = \int_s \left(\vec{j}_y + \frac{d\vec{D}}{dt} \right) dS$$

Bu ifoda *Maksvellning ikkinchi tenglamasi* deb atalib, u magnit maydon kuchlanganlik vektori $\vec{H}$ ning ixtiyoriy berk kontur bo'yicha sirkulyatsiyasi shu konturga tiralgan ixtiyoriy S sirt orqali o'tuvchi makroskopik va siljish toklarining algebraik yig'indisiga tengligini ko'rsatadi.

Ixtiyoriy berk sirt orqali chiqayotgan elektr siljishi vektori $\vec{D}$ ning oqimi shu sirt ichidagi barcha erkin zaryadlarning algebraik yig'indisiga teng:

$$\oint_S \vec{D}_n dS = \int_V \rho dV$$

bunda ρ - berk sirt ichida uzluksiz ravishda joylashgan zaryadlarning hajmiy zichligi. *Maksvellning uchinchi tenglamasi* deb ataladigan, qo'zg'almas zaryadlar tufayli vujudga kelgan potensial elektr maydon va o'zgaruvchan magnit maydon tufayli vujudga kelgan uyurmaviy elektr maydonlar yig'indisidan tashkil topgan elektr maydon uchun ham o'rinlidir.

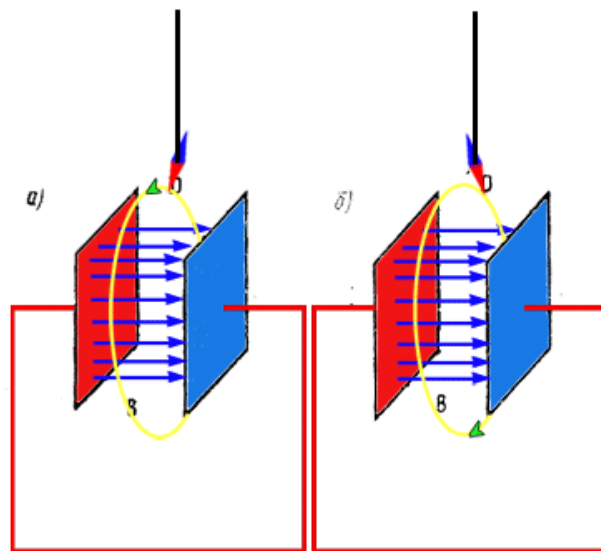
Magnit maydon qanday usul bilan vujudga keltirilganligidan qat'iy nazar magnit induksiya chiziqlari doimo berk bo'ladi. Shuning uchun umumiy holda

$$\oint_S \vec{B}_n dS = 0$$

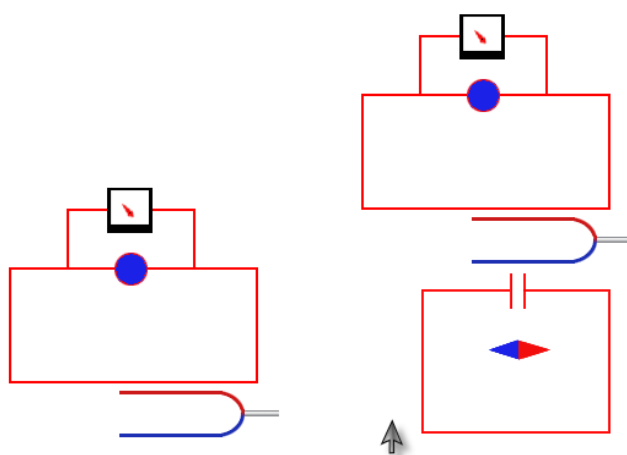
Bu ifoda $\vec{B}$ vektor uchun Gauss teoremasidir. Uni *Maksvellning to'rtinchi tenglamasi* deyiladi. *Tenglamalar integral ko'rinishdagi Maksvell tenglamalaridir.*

2. Maksvellning tenglamalarning mohiyati. Yuqoridagi kattaliklarni invariantligidan, maydon vektorlariga tegishli quyidagi xulosalar kelib chiqadi:

1. Agar biror sistemada $s^2 V^2 > E^2$ va $\vec{B} \perp \vec{E}$ bo'lsa, shunday sistema tanlash mumkinki, unda $\vec{E} = 0$, $\vec{B} \neq 0$ bo'ladi: agar $\vec{B}$ vektor $\vec{E}$ ga perpendikulyar bo'lmasa, bunday sistema mavjud emas;

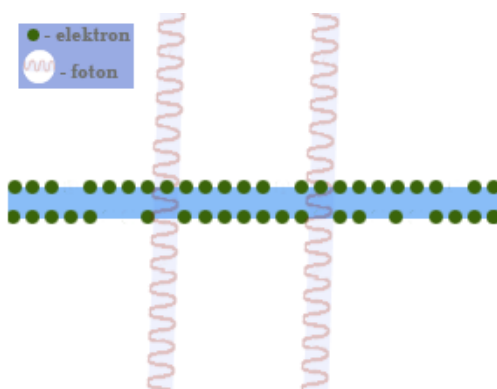
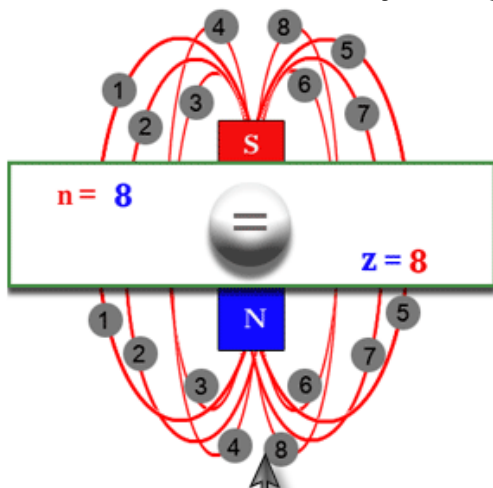


2. Agar biror sistemada $s^2 V^2 < E^2$ va $\vec{B} \perp \vec{E}$ bo'lsa, shunday sistema tanlash mumkinki, unda $\vec{E} \neq 0$, $\vec{B} = 0$ bo'ladi; agar $\vec{B}$ vektor $\vec{E}$ vektorga perpendikulyar bo'lmasa, bunday sistema mavjud emas;



3. Agar qandaydir ISS da faqat elektr maydon yoki magnit maydon bo'lsa, boshqa ISS larda ham elektr maydon, ham magnit maydon bo'lib, ular o'zaro perpendikulyar bo'ladi;

4. Maydon vektorlari $sV=E$, $\vec{B} \perp \vec{E}$ shartlarni qanoatlantiruvchi yassi to'lqin barcha ISS larda ham yassiligicha qoladi.



Ma`ruzaning oxirida shuni takidlash joizki, zarralar va jismlarning zaryadi ISSlarini tanlashga bog'liq emas, zaryad va tok zichliklari esa nisbiy kattaliklardir.

Mustahkamlash uchun savollar

1. Maksvell tenglamalari elektromagnitizmning qaysi qonunlarini ifodalaydi?
2. Siljish toki nima?
3. Maksvell tenglamalarining integral va differentsial shakllarini yozing.

Uyga vazifa

Maksvell tenglamalarining Lorens almashtirishlariga nisbatan invariantligi. Tebranishlar konturida energiyasining aylanishi.

7-MA'RUZA. ELEKTROMAGNIT TEBRANISHLAR

1. Elektr va magnit maydonlarining o'zaro aylanishi.
2. Elektromagnit tebranishlar va uning parametrlari.
3. Uyurmali elektr maydoni.
4. Fuko toklari.
5. Siljish toklari to'g'risida tushuncha.

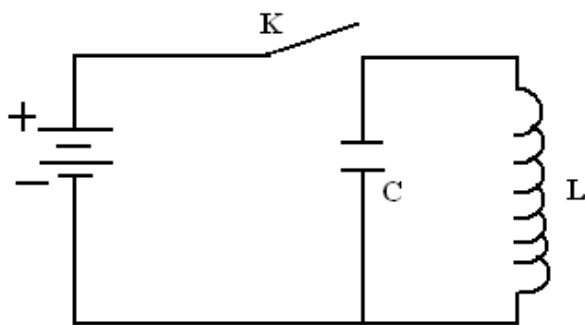
Tayanch iboralar: elektromagnit maydon invariantlari, parametrlari, tebranishlar, so'nuvchi tebranishlar, majburiy tebranishlar, rezonans.

Ko'rgazmali qurollar: slaydlar.

O'tgan mavzuni mustahkamlash uchun savollar

1. Maksvell tenglamalari elektromagnitizmning qaysi qonunlarini ifodalaydi?
2. Siljish toki nima?
3. Maksvell tenglamalarining integral va differentsial shakllarini yozing.

1. Elektr va magnit maydonlarining o'zaro aylanishi. Vaqt davomida o'zgarib turadigan har qanday elektr maydon magnit maydon bilan bog'liq. O'zgaruvchan magnit maydoni elektr maydonni hosil qilishini kuzatish uchun quyidagi tajribani qaraymiz.



O'zgaruvchan magnit maydonida o'tkazgichdan yasalgan qo'zg'almas berk kontur joylashtirilgan deb faraz qilamiz. Unda magnit induksiya vektori B o'zgaruvchan bo'lganligi uchun konturdan o'tayotgan magnit induksiya oqimi Φ o'zgarib turadi. Demak konturda induksiya elektr yurituvchi kuchi hosil bo'ladi. O'tkazgichda elektr yurituvchi kuchning hosil bo'lishini o'tkazgichning ichida uning erkin zaryadlarini ma'lum yo'nalish bo'ylab harakatlanishiga majbur etuvchi kuch paydo bo'lganligini ko'rsatadi. Demak, vaqt davomida o'zgarib turuvchi magnit maydon o'tkazgich turgan sohada elektr yurituvchi kuchning hosil bo'lishiga sababchi bo'ladi.

Fazoning vaqt davomida o'zgarib turuvchi magnit maydoni mavjud bo'lgan hamma nuqtalarida elektr maydon hosil bo'ladi. Bunda o'sha nuqtalarda o'tkazgich bor yoki yo'qligi ahamiyatga ega bo'lmaydi.

2. Elektromagnit tebranishlar va uning parametrlari. Elektromagnit tebranishlar tenglamasi erkin garmonik tebranishlarning differensial tenglamasiga o'xshaganligi sababli uning yechimi

$$Q=Q_0\sin(\omega_0 t+\varphi_0)$$

ko'rinishga ega bo'ladi. Bu yerda Q_0 – kondensator qoplamalaridagi maksimal zarayad. ω_0 kontur xususiy tebranishlarining chastotasini topish mumkin.

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Tebranishlar davri esa

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{LC}.$$

Davriy ravishda takrorlanib turadigan harakat tebranma harakat deyilishi ma'lum. Muayyan vaqt davomida sistemaning muvozanat holatidan x davriy siljishi sinusoidal qonun bo'yicha yuz beradigan tebranish garmonik tebranish deb ataladi, uning harakat tenglamasi quyidagicha:

$$X=A\sin(\omega t+\varphi)$$

bu yerda A kattalik tebranishning muvozanat holatidan maksimal chetlashishidir. Sinusning qiymati -1 dan $+1$ gacha o'zgargani uchun siljishning qiymati $-A$ dan $+A$ gacha o'zgaradi. Siljishning bu chetki qiymatlarining moduli tebranish amplitudasi deb ataladi. Garmonik tebranma harakat tenglamasidagi $\omega t+\varphi$ ifoda tebranish fazasi, esa boshlang'ich faza deyiladi. Agar ikkita nuqtaning tebranishi 0 va 1 fazalar farqi bilan sodir bo'layotgan bo'lsa, ular bir xil fazada tebranmoqda deyiladi. Bunday tebranishlar ba'zan sinxron tebranishlar deb ataladi.

Tebranish davri T deb, jismning tebranma harakati takrorlanishi ro'y beradigan eng minimal vaqt oralig'iga aytiladi. Agar t vaqt mobaynida jism n marta tebrangan bo'lsa, u holda

$$T = \frac{t}{n}$$

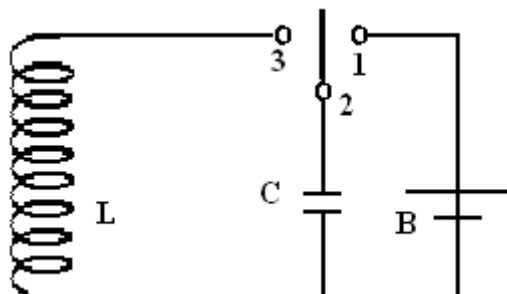
Vaqt birligi ichida nechta to'liq tebranish yuz berganligini ko'rsatuvchi kattalik tebranish chastotasi deyiladi. Tebranish chastotasi tebranish davriga teskari bo'lgan kattalik

$$\nu = \frac{1}{T}$$

bo'lib, Gerts (Gs) larda o'lchanadi. Gerts deb, jismning shunday tebranish chastotasiga aytiladiki, bunda jism bir sekundda bitta to'la tebranadi, ya'ni $1\text{Gs} = 1\text{s}^{-1}$.

Elektromagnit tebranishlarni kuzatish uchun elektr maydoni magnit maydonga va aksincha, magnit maydoni elektr maydoniga aylanadigan qurilmadan foydalanamiz.

Elektr sig'imi C bo'lgan kondensator va induktivligi L bo'lgan solenoiddan iborat zanjir tuzamiz va u tebranish konturi deb ataladi.



Kondensatorning razryadlanishi tufayli g'altakdan elektr toki o'ta boshlaydi. Natijada g'altak ichida va uning atrofida ortib boruvchi magnit maydoni vujudga keladi. Magnit maydonning ortishi kondensator to'liq razryadlanguncha davom etib, g'altakda o'zinduksiya elektr yurituvchi kuchining paydo bo'lishiga

sababchi bo'ladi. O'zinduksiya elektr yurituvchi kuchi g'altak orqali oqayotgan tokning o'sishiga qarshilik ko'rsatadi, lekin uni to'xtata olmaydi. Bu momentda konturdagi energiya zapasi faqat g'altakning magnit maydon energiyasi sifatida namoyon bo'ladi va uning qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$W_m = \frac{1}{2} L I_m^2 = \frac{1}{2} L \left(\frac{dq_m}{dt} \right)^2$$

Konturning tebranish davri uchun quyidagi ifodani olamiz:

$$T = 2\pi\sqrt{LC}$$

Bu formula 1853 yili nazariy yo'l bilan birinchi marotaba Tomson tomonidan olingan va shuning uchun Tomson formulasi deyiladi. Bu formulada T -sekund hisobida olingan davr, C - farada hisobida olingan sig'im, L - genri hisobida olingan induktivlik.

Kondensator qoplamalaridagi zaryad miqdori garmonik qonunga binoan o'zgaradi, undagi kuchlanish zaryad miqdoriga mos holda o'zgarib, quyidagi tenglama yordamida aniqlanadi:

$$U = U_m \cos(\omega_0 t + \varphi)$$

Zanjirdan oqayotgan tok kuchi zaryad va kuchlanishdan faza bo'yicha $\frac{\pi}{2}$ ga farq qilishi bilan birga, u ham garmonik qonunga binoan o'zgaradi.

$$I = I_m \cos(\omega_0 t + \varphi + \frac{\pi}{2})$$

Tebranish konturida elektromagnit tebranishlar hosil qilishda kontur cheksiz kichk qarshilikka ega, deb faraz qilindi. Real sharoitda har qanday kontur ma'lum qarshilikka ega bo'ladi. Shuning uchun bu konturda yuzaga keladigan tebranishlar so'na boshlaydi va birmuncha vaqtdan keyin batamom so'nadi. Texnikada ko'pincha biror qurilmaning davriy ishlashi uchun so'nmas

tebranishlar zarur bo'ladi. Konturda so'nmaydigan elektromagnit tebranishlar hosil qilish uchun energiya sarfini bir davr davomida kamida bir marta to'ldirib turish kerak. Elektromagnit tebranishlarni uzoq vaqt saqlash uchun avtotebranish sistemalaridan foydalaniladi.

So'nuvchi va majburiy tebranishlar. Har qanday real kontur aktiv qarshilikka ega bo'ladi, va bunda kondensatorning zaryadlanish jarayonida uning elektr maydoni energiyasining ma'lum qismi magnit maydon energiyasiga aylanadi, qolgani esa aktiv qarshilikda issiqlik ko'rinishda ajralib chiqadi. Kondensator qayta zaryadlanganda magnit maydon energiyasining bir qismigina elektr maydon energiyasiga aylanadi, qolgan qismi issiqlik energiyasiga aylanib ketadi. Bundan shunday xulosa qilish mumkin: real konturda yuzaga kelgan erkin tebranishlar vaqt o'tishi bilan so'nib boradi va so'nuvchi tebranishlar deb ataladi.

So'nuvchi tebranishlar tenglamasi quyidagicha ko'rinishda bo'ladi:

$$\frac{d^2 q}{dt^2} + 2\beta \frac{dq}{dt} + \omega_0^2 q = 0$$

Ushbu tenglamaning yechimi

$$q = q_{m0} e^{-\beta t} \cos(\omega t + \varphi)$$

dan topiladi va bu yerda ω - so'nuvchi elektromagnit tebranish chastotasi deyiladi.

ω ning qiymati konturning aktiv qarshiligi kamayib borishi bilan xususiy tebranishlar chastotasiga yaqinlashib boradi va quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2} = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}$$

Konturda tebranishlar so'nmasligiga erishish uchun unga elektr yurituvchi kuchi davriy o'zgarib turuvchi manba ulash kerak. Bunda manba konturda ajralib chiqayotgan energiyaning kamayishini kompensatsiyalaydi va natijada konturning energiyasi doimiy saqlanib qoladi. Bu konturda yuzaga kelgan tebranishlar majburiy tebranishlar deb ataladi.

Majburiy tebranishlar

$$L \frac{d^2 q}{dt^2} + R \frac{dq}{dt} + \frac{1}{C} q = \varepsilon_m \cos \omega t$$

tenglama yechimidan aniqlanadi.

Kondensator qoplamalaridagi zaryad miqdori:

$$q = q_m \cos(\omega t - \varphi)$$

bundan

$$q = \frac{\varepsilon_m}{\omega \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}},$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{R}{\frac{1}{\omega C} - \omega L}$$

Bu vaqtda kondensatordagi kuchlanish quyidagicha topiladi:

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

Konturdagi tok kuchi birinchi tartibli hosila olish yo'li bilan topiladi:

$$I_m = \omega q_m = \frac{\varepsilon_m}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}}$$

3. Uyurmali elektr maydoni. Konturda vujudga kelayotgan induksion elektr yurituvchi kuch ham $\frac{d\vec{B}}{dt}$ orqali ifodalanishi mumkin. Kontur yuzi S dan o'tuvchi F magnit oqimi magnit maydon induksiyasi B orqali

$$\Phi = \int_S B_n dS$$

shaklda ifodalanishidan foydalanib induksion elektr yurituvchi kuchning ifodasini quyidagicha yozamiz:

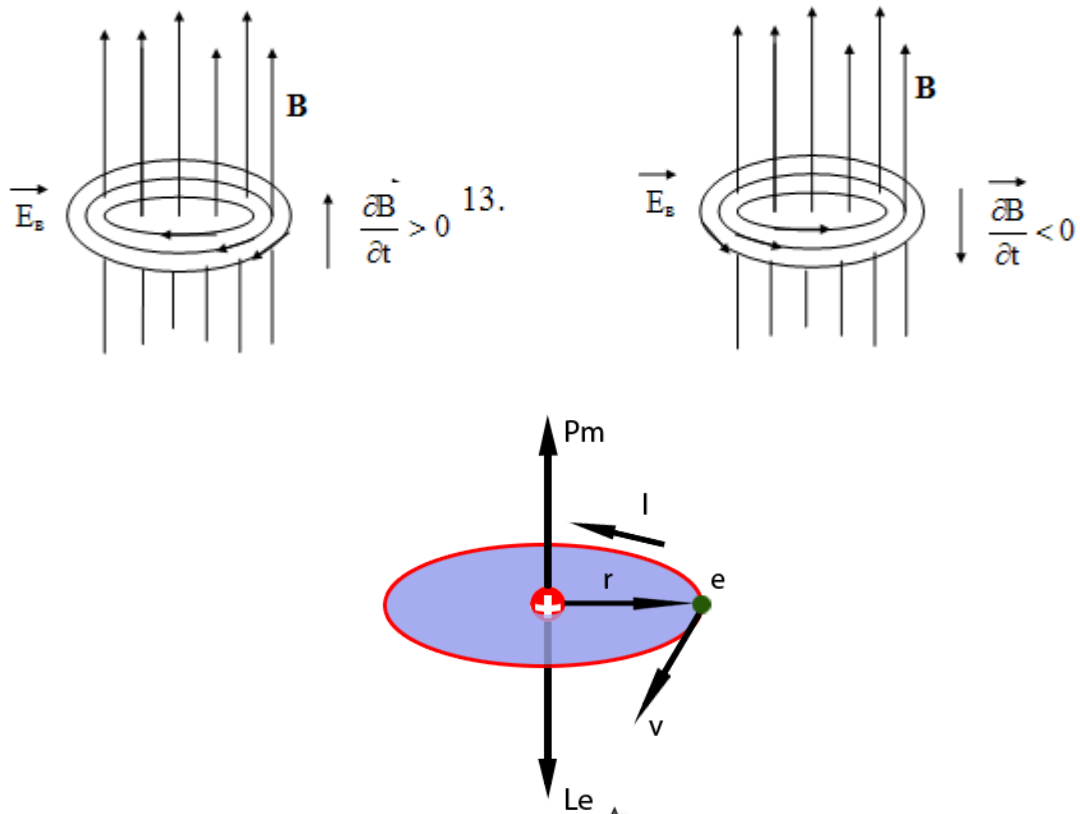
$$\varepsilon_{ind} = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d}{dt} \int B_n dS = -\int_S \left(\frac{dB}{dt} \right) dS$$

Magnit maydonning o'zgarishi natijasida fazoda induksion elektr maydon vujudga keladi va u o'tkazgichdagi erkin elektronlarni tartibli harakatga keltiradi, degan xulosaga kelamiz. Bu maydon kuchlanganlik vektori $\vec{E}_B$ ning berk kontur bo'yicha sirkulyatsiyasi shu konturda vujudga kelayotgan induksion elektr yurituvchi kuchiga teng:

$$\varepsilon_{ind} = \oint (E_n) dl$$

Bu ifoda o'zgaruvchan magnit maydon tufayli vujudga kelayotgan elektr maydonning kuchlanganlik chiziqlari qo'zg'almas zaryad elektr maydonining kuchlanganlik chiziqlaridan farqli ravishda, berk ekanligidan dalolat beradi. Boshqacha aytganda, induksion elektr maydon, xuddi magnit

maydon singari uyurmaviy xarakterga ega bo'ladi. $\vec{E}_B$ chiziqlari $\frac{d\vec{B}}{dt}$ bilan chap vint qoidasi asosida bog'langan.



Shuning uchun odatda bu maydonni *uyurmaviy elektr maydon* deyiladi. Uyurmaviy elektr maydon fazoning o'rganilayotgan qismida kontur bo'lishi yoki bo'lmasligidan qat'iy nazar vujudga kelaveradi. Lekin bu maydonni hosil bo'lishi uchun o'zgaruvchan magnit maydon bo'lishi shart. Taqqoslash natijasida:

$$\oint_l (\vec{E}_B)_l dl = - \int_s \left(\frac{d\vec{B}}{dt} \right)_n dS$$

Shunday qilib, o'zgaruvchan magnit maydoni tufayli vujudga kelgan uyurmaviy elektr maydon kuchlanganligining ixtiyoriy berk kontur bo'yicha sirkulyatsiyasi magnit induksiya vektorining vaqt davomida o'zgarishini xarakterlovchi $\frac{d\vec{B}}{dt}$ vektorni shu kontur chegaralangan ixtiyoriy sirt orqali oqimining teskari ishora bilan olingan qiymatiga teng bo'ladi.

4. Fuko toklari. Kondensator zaryadlanayotgan vaqtda plastinkalar oralig'idagi elektr maydon kuchayib boradi. Bu vaqtda $\frac{d\vec{D}}{dt}$

vector $\vec{D}$ vektorga parallel bo'lib, uning yo'nalishi zanjirdagi o'tkazuvchanlik tokining yo'nalishi bilan bir xil. Aksincha, razryadlanganda (b-rasm) elektr maydon susayib boradi. Bu holda elektr induksiya vektorining o'zgarish tezligini ifodalovchi $\frac{d\vec{D}}{dt}$ vektor $\vec{D}$ ga antiparallel. Lekin

$\frac{d\vec{D}}{dt}$ vektorining yo'nalishi o'tkazuvchanlik toki-ning yo'nalishi bilan bir xil.

Demak, hamma vaqt $\frac{d\vec{D}}{dt}$ ning yo'nalishi o'tkazuvchanlik tokining yo'nalishi

bilan bir xil bo'ladi. (1) va (3) ifodalarni solishtirish esa $\frac{d\vec{D}}{dt}$ ning va o'tkazuvchanlik toki zichligining qiymatlari o'zaro tengligini ko'rsatadi.

$\frac{dD}{dt}$ ning birligi

$$\left[\frac{dD}{dt} \right] = \frac{K^2}{M^2} \frac{1}{C} = \frac{A}{M^2}$$

Demak, $\frac{dD}{dt}$ ham tok zichligining o'lchov birligida o'lchanadi.

$\frac{dD}{dt}$ kattalik, *Maksvell* gipotezasiga asosan *siljish tokining zichligidir*:

$$\vec{j}_U = \frac{d\vec{D}}{dt}$$

Shunday qilib, o'zgaruvchan tok zanjirida o'tkazgichlardagi o'tkazuvchanlik tokining chiziqlari kondensator plastinkalari oralig'idagi siljish tokining chiziqlariga ulanib ketadi. Siljish toki ham, xuddi o'tkazuvchanlik tokiga o'xshash fazoda uyurmaviy magnit maydonni vujudga keltiradi. Qo'zg'almas kontur bilan chegaralangan yuz orqali o'tuvchi magnit maydonning o'zgarishi magnit induksiya vektoridan vaqt bo'yicha olingan hosila $\frac{d\vec{B}}{dt}$ orqali xarakterlanadi.

Yaxlit o'tkazgichlar o'zgaruvchan magnit maydoniga kiritilganda induksion toklarning hosil bo'lishini birinchi marta *Fuko* aniqlagan va uning

sharafiga **Fuko toklari** yoki uyurmaviy toklar deb atalgan. Magnit induksiya oqimining o'zgarish tezligi induksiya E.Yu.K.ga proporsional bo'lgani uchun o'tkazgich kiritilgan magnit maydoni qanchalik tez o'zgarsa, Fuko toklari ham shuncha katta bo'ladi. Shu sababli, yaxlit o'tkazgich o'ramlarida tez o'zgaruvchan tok o'tayotgan solenoidning ichiga joylashtirilganda Fuko toklarini kuzatish qulaylik tug'diradi.

O'zgaruvchan tok o'tayotgan o'tkazgichning o'zida ham Fuko toklarining hosil bo'lishi maxsus skin – effekti hosil bo'lishiga olib keladi.

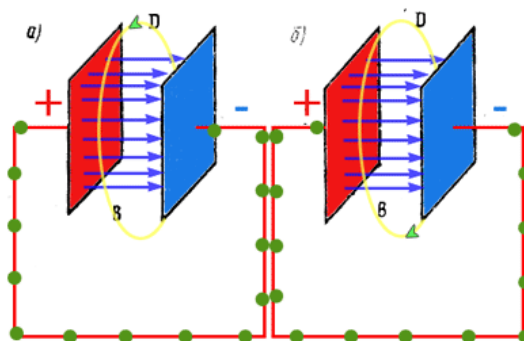
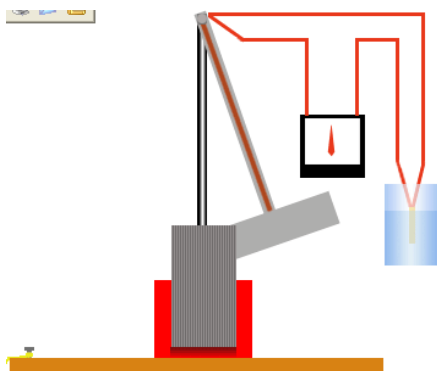
5. Siljish toklari to'g'risida tushuncha. Elektr maydonning o'zgarishi va bu o'zgarish tufayli vujudga kelayotgan magnit maydon orasidagi miqdoriy bog'lanishni topish uchun *siljish toki* tushunchasini kiritamiz.

Bu tushunchani quyidagi tajriba jarayonida o'rganamiz. Kondensatorli zanjirdan kvazistatsionar o'zgaruvchan tok oqqanda kondensator plastinkalarini birlashtiruvchi o'tkazgichlar orqali zaryad o'tadi, lekin plastinkalar oralig'idagi dielektrikdan o'tmaydi. Natijada o'zgaruvchan tokning zanjir bo'ylab oqishi kondensatorning zaryadlanishi va razryadlanishidan iborat bo'ladi.

Shunday qilib, o'tkazuvchanlik tokining chiziqlari kondensator plastinkalarining bir-biriga qaragan sirtlarida uzilib qoladi. Maksvell bu fikrga qarama-qarshi bo'lgan g'oyani ilgari surdi. Uning fikricha har qanday o'zgaruvchan tok zanjirlari ham berk bo'ladi. Faqat zanjirning o'tkazgich bo'lmagan qismlarida, ya'ni kondensator plastinkalari oralig'ida "*siljish toki*" deb ataladigan tok oqadi. Uni quyidagicha tushunamiz. Zanjirdan o'tayotgan tokning oniy qiymati I bo'lsin. Shu momentda kondensator plastinkalaridagi zaryad miqdori q deb, ularning sirt zichligini esa $\sigma = \frac{q}{S}$ deb belgilaylik. U holda kondensator plastinkalari ichidagi o'tkazuvchanlik toki zichligining qiymati

$$j = \frac{J}{S} = \frac{dq}{dt} \frac{1}{S} = \frac{d}{dt} \left(\frac{q}{S} \right) = \frac{d\sigma}{dt} .$$

Shu momentda plastinkalar oralig'idagi elektr maydon kuchlanganligining qiymati $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0 \epsilon}$ ga teng.



Maydonning elektr induksiyasi esa

$$D = \varepsilon_0 \varepsilon E = \varepsilon_0 \varepsilon \frac{\sigma}{\varepsilon_0 \varepsilon} = \sigma$$

Vaqt o'tishi bilan plastinkalardagi zaryadning sirt zichligi o'zgaradi. Bu esa elektr maydon induksiyasi qiymatining o'zgarishiga sabab bo'ladi.

$$\frac{\partial D}{\partial t} = \frac{d\sigma}{dt}$$

Uyga vazifa

Internet saytlardan elektr va magnit maydonining o'zaro aylanishi bazasini to'ldirish.

Muvzuni mustahkamlash uchun savollar:

1. Elektromagnit vektorlar uchun Lorens almashtirishlari qanday?
2. Elektromagnit maydon invariantlarini tushuntiring.
3. Qanday tebranishlar so'nuvchi tebranishlar deyiladi?
4. So'nuvchi tebranishlar tenglamasini keltirib chiqaring?
5. Rezonas hodisasini tushuntirib bering?
6. Tebranishlar davri va chastotasini nima?
7. Uyurmali elektr maydon potensial maydonmi?
8. Uyurmali toklar deb qanday toklarga aytiladi?
9. Nima uchun bu toklarga Fuko toklari deyiladi?
10. Siljish toklarni tushuntirib bering
11. Siljish tokning zichligini aniqlang.

8- MA'RUZA. ELEKTROMAGNIT TO'LQINLAR.

Reja:

1. Elektromagnit to'lqinlar va ularning xossalari.
2. To'lqinlarning tezligi va to'lqinlarning uzunligi.
3. Elektromagnit to'lqinlarning tarqatish va qabul qilish.
4. Elektromagnit to'lqinlarni kompyuter texnikasi bilan bog'liqligi. Uyali telefonlar.

Tayanch iboralar: elektromagnit to'lqinlar, to'lqinning tarqalish tezligi, to'lqin uzunligi, elektromagnit to'lqinlarning xossalari.

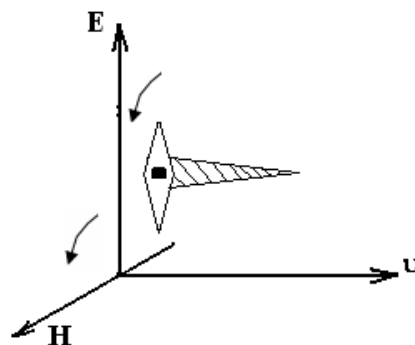
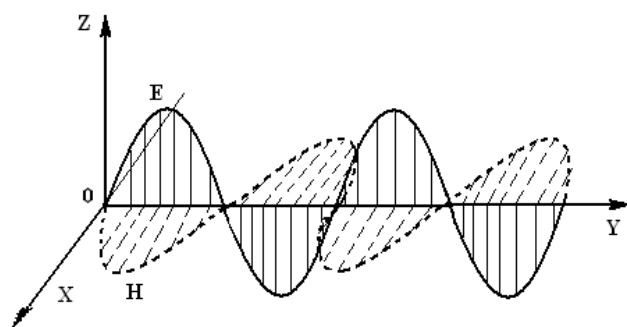
Ko'rgazmali qurollar: mavzuga oid animatsion dasturlar, slaydlar, plakatlar.

O'tilgan mavzuni takrorlash

1. O'zgaruvchan tok deb qanday tokka aytiladi?
2. O'zgaruvchan tok zanjiri uchun Om qonuni.
3. O'zgaruvchan tok zanjiridagi to'la qarshiligini aniqlash.
4. Kondensatorli o'zgaruvchan tok zanjiridagi tok kuchi qanday aniqlanadi?

Mavzuning borishi

1. Elektromagnit to'lqinlar. Elektromagnit maydonning davriy ravishda o'zgarib turib tarqalishi elektromagnit to'lqin deyiladi. Elektromagnit to'lqinni uning tarqalish yo'nalishida ikkita o'zaro perpendikulyar tekisliklarda yotgan ikkita sinusoida orqali ifodalash mumkin. Bu sinusoidalardan biri elektr kuchlanganlik vektori E ning, ikkinchisi esa magnit kuchlanganlik vektori H ning tebranishlarini tasvirlaydi. Bo'shliqda ikkala vektorning tebranish amplitudalari miqdor jihatdan bir – biriga teng bo'ladi; ikkala vektor bir xil fazada tebranadi.



To'lqin tarqalayotgan yo'nalishni parma qoidasidan foydalanib topish mumkin: agar parmaning dastasini E vektordan H vektorga qarab burasak, u holda parmaning ilgarilanma harakati yo'nalishi to'lqin tarqalayotgan yo'nalishni ko'rsatadi.

Elektromagnit to'liqin bilan birgalikda elektromagnit maydonni xarakterlovchi yana bir fizik kattalik – energiya ham tarqaladi. Birlik hajmdagi elektromagnit maydon energiyasi zichligi quyidagi munosabat yordamida aniqlanadi:

$$W = \sqrt{\varepsilon_0 \mu_0 \varepsilon \mu} E \cdot H$$

Elektromagnit to'liqlarning xossalari. Elektromagnit to'liqlar ko'ndalang to'liqlar ekanligini ta'kidlab o'tdik. Ular vakuumda, yorug'likning vakuumdagi tezligiga teng $c=3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ tezlik bilan harakatalanadi. Elektromagnit to'liqlarning tezligi, to'liqin uzunligi muhitning xususiyatlariga bog'liq. Elektromagnit to'liqinning chastotasi esa barcha muhitlar uchun bir xil kattalikdir. Shuningdek, yorug'lik to'liqlari kabi to'siqdan qaytadi, muhitlar chegarasida sinadi, interferensiyasiga kirishadi. Boshqacha qilib aytganda, elektromagnit to'liqlarning barcha xossalari yorug'likning xossalriga o'xshab ketadi. Demak, bundan shunday xulosa kelib chiqadiki: yorug'lik nuri elektromagnit to'liqlardan iboratdir. Keyingi tajribalar shuni ko'rsatadiki, faqat yorug'lik nuri emas, balki unfraqizil, ultrabinafsha, rentgen va gamma nurlari ham elektromagnit tabiatga egadir.

2. To'liqlarning tezligi. Elektromagnit maydon energiyasi zichligini elektromagnit to'liqin tezligi $v = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0} \sqrt{\mu \varepsilon}}$ ga ko'paytirsak, birlik vaqtda birlik yuza orqali ko'chirilayotgan energiyani, ya'ni, energiya oqimining zichligini xarakterlovchi kattalikni vektor ko'rinishida topish mumkin bo'ladi:

$$\vec{S} = [\vec{E} \vec{H}]$$

E va H lar o'zaro perpendikulyar bo'lganligi sababli, ularning vektor ko'paytmasi elektromagnit to'liqinning tarqalish yo'nalishidagi S vektordir va u *Umov – Poynting* vektori deb ataladi.

Maksvell nazariyasiga ko'ra, elektromagnit to'liqlarning muhitda tarqalish tezligi shu muhitning elektr va magnit xususiyatlariga bog'liq bo'lib, quyidagicha aniqlanadi:

$$v = \frac{c}{\sqrt{\mu \varepsilon}}$$

Bundan kelib chiqadiki, to'liqinning muhitda tarqalish tezligi vakuumdagidan $\sqrt{\mu \varepsilon}$ marta kichik.

To'liqlarning uzunligi. Elektromagnit to'liqinning bir tebranish davriga teng vaqt davomidagi ko'chish masofasi to'liqin uzunligi deyiladi. Agar v – elektromagnit to'liqlarning bir jinsli muhitida tarqalish tezligi, T – uning davri, ν – chastotasi, λ – to'liqin uzunligi bo'lsa, unda $\lambda = vT$ yoki $\lambda = v/\nu$ vakuum uchun esa $\lambda_0 = cT$ yoki $\lambda_0 = c/\nu$ bo'ladi.

To'liqning tarqalish tezligi muhitni xarakterlovchi kattaliklar ϵ va μ larga bo'liq bo'lganligi uchun ham, bir muhitdan ikkinchiga o'tganda v va λ o'zgaradi, to'liq chastotasi esa o'zgarmay qoladi. Agar to'liq vakuumdan dielektrik ϵ va magnit μ kirituvchanlikli muhitga o'tsa, uning to'liq uzunligi kamayadi.

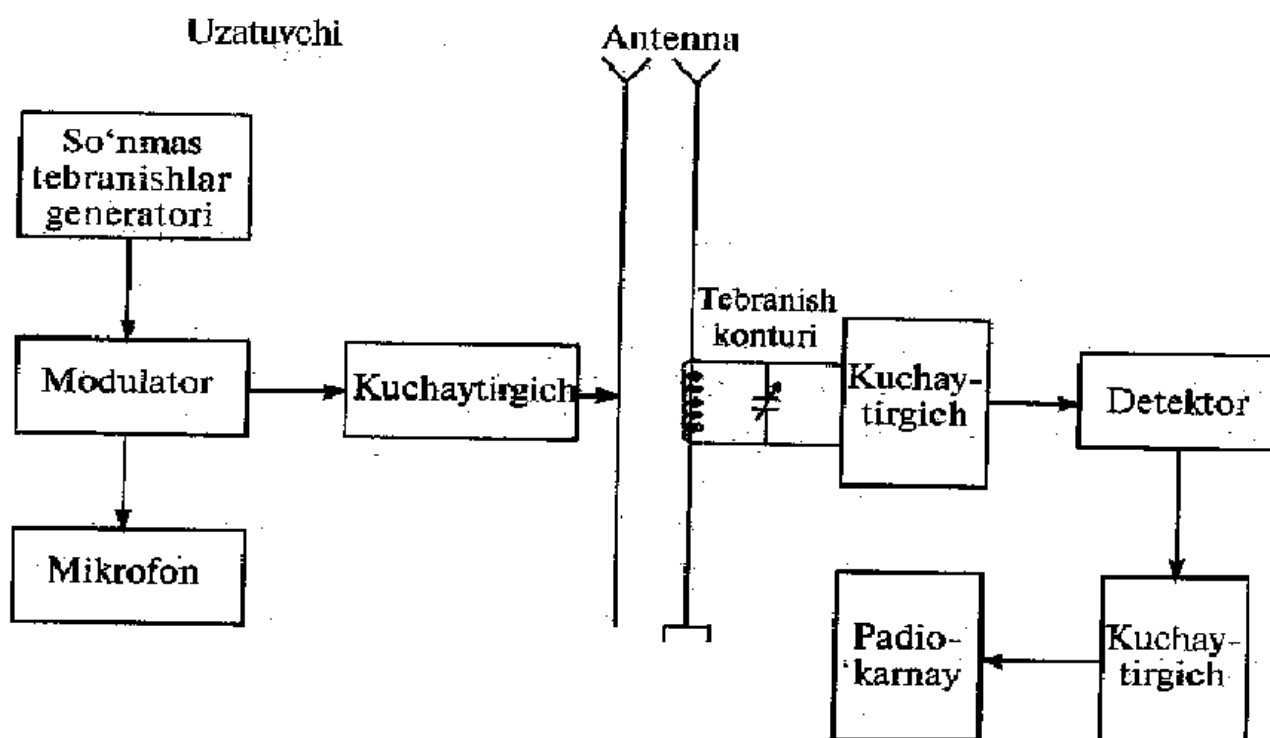
$$\lambda = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon\mu}}$$

Bu erda λ_0 – vakuumda to'liq uzunligi.

3. Elektromagnit to'liqlarni tarqatish va qabul qilish. Zamanoviy radiouzatgich va radiopriyomnikning ish sxemasi 3-rasmda keltirilgan.

So'nmas tebranishlar generatori yuqori chastotali tebranishlarni hosil qiladi. Ayni paytda tovush tebranishlari mikrofon yordamida elektr tebranishlariga aylanadi. Har ikkala tebranish ham modulatorga uzatiladi. Modulatorda amplituda yoki chastotaning modulatsiyasi amalga oshadi. Gapni va musiqani uzatish modulatsiya tovush chastotalari $(10 \div 13) \cdot 10^3$ Hz Amalga oshiriladi. Modulatsiyalangan tebranishlar kuchaytirilib, elektromagnit to'liqlarni efirga tarqatuvchi ochiq tebranish konturi bo'lgan antennaga uzatiladi.

Qabul qiluvchining antenasiga yetib kelgan elektromagnit to'liqlar tebranish konturida elektromagnit tebranishlarni vujudga keltiradi. So'ngra bu tebranishlar kuchaytiriladi va detektorlanadi. Ajratilgan past chastotali tebranishlar yana kuchaytirilib, radiokarnayga uzatiladi.



4. Elektromagnit to'liqlarni kompyuter texnikasi bilan bog'liqligi.

Uyali telefonlar. Kompyuter texnologiyasi sohasidagi yutuqlarni aloqa sohasidagi yutuqlar bilan bog'lash yangi elektron pochta va internet aloqa sistemalarining vujudga kelishiga olib keldi. Hozirgi paytda juda ko'p ma'lumotlar va hujjatlar kompyuterlar orqali modemlar vositasida uzatiladi yoki qabul qilinadi. Internet esa o'z navbatida ham butun jahon ma'lumot tarqatish, ham odamlarning komp'yuterlar yordamida muloqot va aloqa vositasiga aylanib qoldi.

1991-yilda O'zbekiston va AQSH ning "Interneyshnl – kommunikeyshn grupp" firmasi bilan tashkil etilgan "Uzdunrobita" qo'shma korxonasi 1995 - yilgacha Toshkent, Samarqand, Urganch, Qarshi Andijon, Buxoro shaharlarida xalqaro va shahar, shaharlararo telefon stansiyalarini ishga tushirdi. 1997-yildan boshlab bunday aloqa vositasi bilan xizmat ko'rsatadigan aloqalar ko'paydi.

Mavzuni mustahkamlash uchun savollar

1. Elektromagnit to'liqlar qanday vujudga keladi?
2. Elektromagnit to'liqlar deb qanday to'liqlarga aytilad?
3. Maksell nazariyasiga asosan elektromagnit to'liqlarning tezligi qanday aniqlangan?
4. Elektromagnit to'liqlarning vakuumda tarqalish tezligi qancha?
5. To'liq uzunligi deb nimaga aytiladi?
6. To'liqning tarqalish tezligi muhitga bog'liqmi?

Uyga vazifa

Elektromagnit to'liqlarning foydalanishining hozirgi zamon talqinida.

9 - MA'RUZA O'ZGARUVCHAN TOK.

Reja:

1. O'zgaruvchan tok hosil qilish.
2. O'zgaruvchan tok parametrlari.
3. O'zgaruvchan tok uchun Om qonuni.
4. O'zgaruvchan tok zanjiridagi sig'im va induktivlik.
5. O'zgaruvchan tok va o'zaro kuchlanish rezonansi.

Tayanch iboralar: o'zgaruvchan tok, o'zgaruvchan tok zanjiri faol qarshilik zanjiridagi kuchlanish va tok kuchi.

Ko'rgazmali qurollar: mavzuga oid plakatlar, animatsion dasturlar, slaydlar.

O'tilgan mavzuni takrorlash

1. Qanday tebranishlar so'nuvchi tebranishlar deyiladi?

2. So'nuvchi tebranishlar tenglamasini keltirib chiqaring?
3. Rezonas hodisasini tushuntirib bering?
4. Tebranishlar davri va chastotasi nima?

Mavzuning borishi

1. O'zgaruvchan tok hosil qilish. Vaqt davomida o'zgartib turadigan elektr toki o'zgaruvchan tok deyiladi. O'zgaruvchan tokning yo'nalishi va kuchi o'zgarib turadi. Umuman olganda, o'zgaruvchan tok deyilganda tok kuchining va kuchlanishning bir davrdagi o'rtacha qiymati nolga teng bo'ladigan davriy tok tushuniladi. Konturda qaror topgan majburiy elektromagnit tebranishlarni zanjirda oqayotgan elektr toki sifatida qarash mumkin. O'zgaruvchan elektr toki grmonik qonunga muvofiq o'zgaradi. O'zgaruvchan EYUK bir marta to'la tebranishi uchun sarflanadigan vaqtga o'zgaruvchan tokning davri T deyiladi.

Bir sekunddagi to'la tebranishlar soniga o'zgaruvchan tokning chastotasi (ν) deyiladi.

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

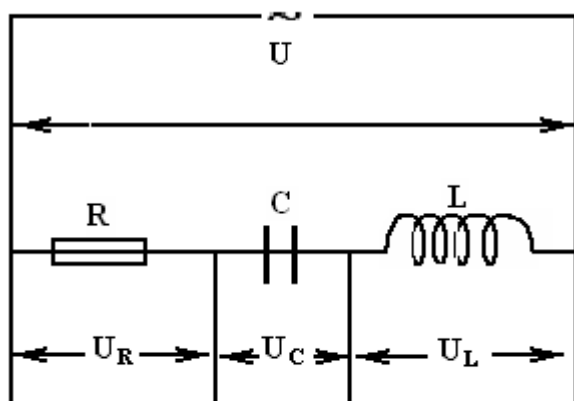
2. O'zgaruvchan tok parametrlari. O'zgaruvchan elektr yurituvchi kuch ta'sirida berk konturda hosil bo'ladigan tok o'zgaruvchan tok deyiladi va uning tok kuchi tarmoqlarga ajralmagan o'tkazgichning turli kesimlarida turlicha bo'ladi. Bunday cheklash ahamiyatga ega bo'lmasligi uchun, tok kuchi hamda zaryadlarning taqsimlanishi tekshirilayotgan sistemaning bir – biridan eng uzoqda yotgan qismlari o'rtasidagi masofani bosib o'tishiga ketadigan vaqt ichida kam o'zgarishi kerak. Ushbu shartni qanoatlantiradigan toklar *kvazistatsionar toklar* deyiladi. Bunday toklar hamma vaqt Om va Kirxgoff qoidalariga bo'ysunadilar.

O'zgaruvchan tokning asosiy parametrlaridan biri – *davri* bo'lib, tokning qiymati bir marta to'liq tebranib o'zining avvalgi qiymatiga qaytishi uchun ketgan vaqtdir. U birlik vaqt ichidagi tebranishlar soni – chastota bilan quyidagicha bog'lanishga ega:

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

O'zgaruvchan tok ega bo'lishi mumkin bo'lgan maksimal oniy qiymat bu uning *amplitudasi* I_m dir. Garmonik qonun bo'yicha o'zgarayotgan tokning har ikkala yo'nalishdagi amplitudalari o'zaro teng bo'ladi. Tok kuchi va kuchlanishning amplituda qiymatlari o'rtasida

$$I_m = \frac{U_m}{R} \quad \text{munosabat mavjud.}$$

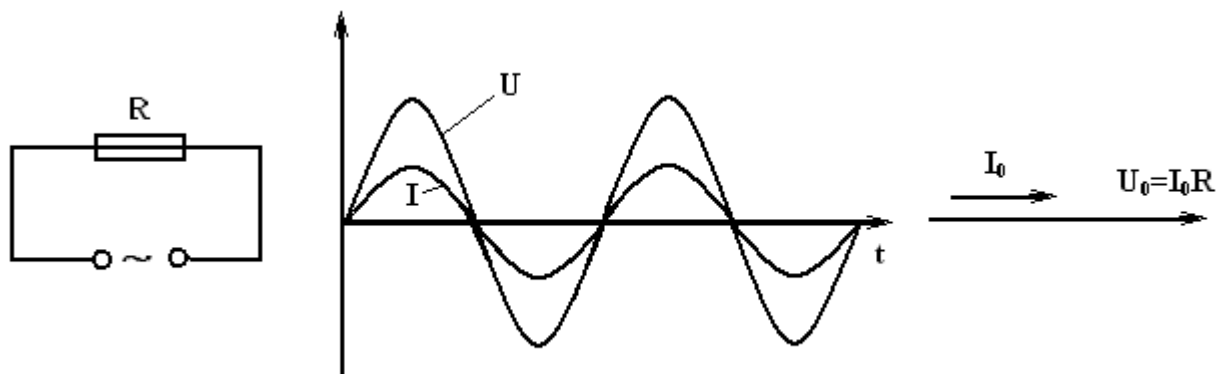


O'zgaruvchan tokning yana bir asosiy parametri – tok fazasi hisoblanadi. Bunda tokning amplitudasi davriy ravishda o'zgarib turadi, shu sababli, o'zgaruvchan tokning effektiv qiymati (fazasi) tushunchasi kiritilgan. O'zgaruvchan tok generatoriga ulangan tashqi zanjir faqat R qarshilikka ega bo'lib, sig'imi va induktivligi juda kichik bo'lsa, qarshilik uchlaridagi

kuchlanish Om qonuni asosida quyidagicha o'zgaradi:

$$U = I \cdot R = I_0 R \sin \omega t$$

Bundan shunday xulosa qilish mumkin: agar zanjirda faqat qarshilik bo'lsa, kuchlanish ham tok kabi sinusoidal qonun bo'yicha o'zgaradi va kuchlanish tebranishlari orasidagi fazalar farqi nolga teng bo'ladi.



3. O'zgaruvchan tok uchun Om qonuni. Qarshilik, sig'im va induktivlik ketma – ket ulangan zanjirdan o'zgaruvchan tok oqayotgan bo'lsin. Ular ketma – ket ulanganligi uchun, umumiy kuchlanish ularning har biridagi kuchlanishlarning yig'indisiga teng bo'ladi. Bu kuchlanishlarning har biri sinusoida qonuni bo'yicha o'zgaradi.

Kuchlanishlarni qo'shishda garmonik tebranishlar vektor diagrammalaridan foydalanib, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$U_0 = I_0 \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}$$

Bu tenglamada kuchlanish amplitudasi tok amplitudasiga proporsionalligidan, o'zgaruvchan tok uchun Om qonuni deb ataladi.

Natijaviy tebranishning boshlang'ich fazasini ko'rsatuvchi burchak tangensini quyidagi formula yordamida aniqlaymiz:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}$$

4. O'zgaruvchan tok zanjiridagi sig'im va induktivlik. S klemmalarga o'zgaruvchan elektr yurituvchi kuch $\varepsilon = \varepsilon_0 \sin \omega t$ ulangan bo'lsin.

Zanjir ketma – ket ulangan C sig'im, L o'zinduksiya va R qarshilikdan tashkil topgan. Konturning L o'zinduksiyaga ega bo'lgan qismida o'zinduksia elektr yurituvchi kuch paydo bo'ladi:

$$\varepsilon_{si} = -L \frac{dI}{dt}; \text{ konturdagi to'liq elektr yurituvchi kuch}$$

$$\varepsilon - L \frac{dI}{dt} \text{ ga teng.}$$

Kondensator qoplamalaridagi potentsiallar ayirmasi, undagi zaryad miqdori tenglamalridan foydalanilsa va ularni vaqt bo'yicha differensiallansa quyidagi differensial tenglama hosil bo'ladi:

$$L \frac{d^2 I}{dt^2} + R \frac{dI}{dt} + \frac{1}{C} I = \varepsilon_0 \cos \omega t$$

Bu tenglamani bir – biriga ketma – ket ulangan sig'im, o'zinduksiya va qarshilikka ega bo'lgan zanjirdagi tok qanoatlantirishi zarur. Ushbu tenglamaning yechimini davri elektr yurituvchi kuchning davriga teng bo'lgan davriy funksiya sifatida izlab, quyidagilarga ega bo'lamiz:

$$I = I_0 \sin (\omega t - \varphi);$$

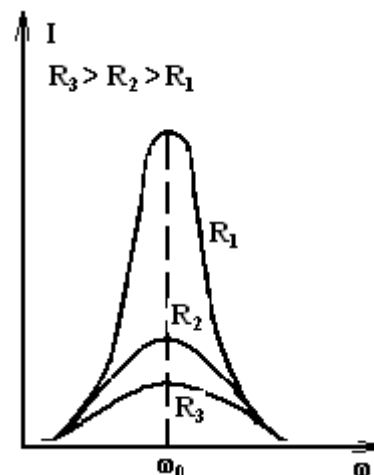
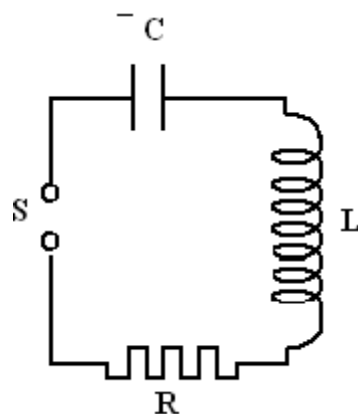
$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{L_{\omega} - \frac{1}{C_{\omega}}}{R}$$

$$I_0 = \frac{\varepsilon_0}{\sqrt{R^2 + \left(L_{\omega} - \frac{1}{C_{\omega}}\right)^2}}$$

Bu tengliklar biz izlayotgan yechimni beradi: zanjirdagi tokning davri unga ulangan elektr yurituvchi kuchning davriga tengdir; bu tokning amplitudasi topiladi. Tokning fazasi elektr yurituvchi kuchning fazasiga nisbatan qandaydir burchakka siljigan bo'ladi.

5. O'zgaruvchan tok. Kuchlanish va toklarning rezonansi. Konturda majburiy tebranishlar sodir bo'layotgan vaqtdagi tok kuchi va kuchlanishning amplituda qiymati bu majburiy tebranishlarni yuzaga keltiradigan elektr yurituvchi kuchning chastitasiga bog'liq.

Majbur etuvchi kuch chastotasining biror – bir aniq qiymatida majburiy tebranishlar amplitudasining



keskin oshib ketishi, ya'ni maksimal qiymatga erishishi, rezonans deb ataladi. Rezonans yuzaga kelgandagi majbur etuvchi kuch chastotasi rezonans chastota, amplitudasi esa rezonans amplituda deyiladi va quyidagicha aniqlanadi:

$$\omega = \omega_p = \sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2}$$

(bu yerda $\beta = \frac{R}{2L}$ - so'nish koeffitsiyenti);

$$A_r = \frac{F_0}{2mb\sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2}}$$

Tebranish konturida majbur etuvchi elektr yurituvchi kuchning biror bir chastotasida kondensator qoplamlaridagi kuchlanishning maksimal qiymatga erishishi kuchlanish rezonansi deb ataladi. Bu vaqtda rezonans chastota konturning parametrlari R,L,C bilan quyidagicha bog'liq:

$$\omega_U = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{2L^2}}$$

Tok kuchining amplitudasi maksimumga erishishini ta'minlash uchun (**) tenglamaning maxraji minimumga intilishi lozim. Bu esa $\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0$ shart bajarilgandagina amalga oshadi. Shularni hisobga olib, quyidagi xulosaga kelamiz:

Tebranish konturida tok rezonansi yuzaga kelishi uchun majbur etuvchi elektr yurituvchi kuchning chastotasi konturning xususiy chastotasiga teng bo'lishi kerak.

$$\omega_I = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \omega_0$$

Qarshilikning har xil qiymatlarida tok kuchi amplituda qiymatining konturning chastotasiga bog'lanishi keltirilgan.

Mavzuni mustahkamlash uchun savollar

1. O'zgaruvchan tok deb qanday tokka aytiladi?
2. O'zgaruvchan tok zanjiri uchun Om qonuni.
3. O'zgaruvchan tok zanjiridagi to'la qarshilikgini aniqlash.
4. Kondensatorli o'zgaruvchan tok zanjiridagi tok kuchi qanday aniqlanadi?

Uyga vazifa

O'zgaruvchan tok generatori.

10 - MA'RUZA. TO'LQIN OPTIKASI. ELEKTROMAGNIT TO'LQINLAR SHKALASI.

Reja:

1. Yorug'lik to'lqinlari va ularning xarakteristikasi.
2. Fotometrik kattaliklar.
3. Gyugens prinsipi.
4. Elektromagnit to'lqinlar shkalasi.
5. Yorug'likning qaytishi va sinishi .
6. Linzalar.

Tayanch iboralar: to'lqinlar shkalasi, qaytishi, sinishi, linzalar, to'lqin nazariyasi, Gyuygens prinsipi, to'lqin xarakteristikasi, yassi to'lqinlar, to'lqinlar energiyasi.

Ko'rgazmali qurollar: palakatlar, slaydlar, animatsion dasturlar.

O'tilgan mavzuni takrorlash

1. Elektromagnit to'lqinlar qanday vujudga keladi?
2. Elektromagnit to'lqilar deb qanday to'lqinlarga aytilad?
3. Maksvell nazariyasiga asosan elektromagnit to'lqinlarning tezligi qanday aniqlangan?
4. Elektromagnit to'lqinlarning vakuumda tarqalish tezligi qancha?
5. To'lqin uzunligi deb nimaga aytiladi?
6. To'lqinning tarqalish tezligi muhitga bog'liqmi?

Mavzuning borishi

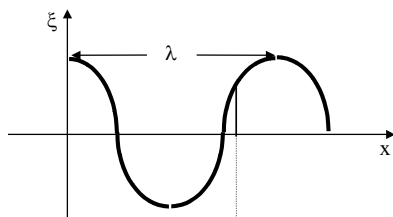
1. Yorug'lik to'lqinlari va ularning xarakteristikasi. Yorug'lik qator hodisalarda to'lqin xususiyatini nomoyon qiladi. Shuning uchun to'lqinlarga oid ba'zi ma'lumotlarni dastlab yaqqollik uchun mexanik to'lqin misolida ko'rib chiqamiz.

To'lqin deganda tebranishlarining muhitda (bunga vakuum ham kiradi) tarqalish jarayoni tushuniladi. Yorug'lik to'lqinining tarqalish yo'nalishi nur deb ixtiyoriy vaqtda tebranishlar yetib kelgan muhit zarralarining geometrik o'rinlari to'lqin fronti deb ataladi.

To'lqin frontini tebranish sodir bo'layotgan fazoning qismi va tebranish hali boshlanmagan qismini ajratib turuvchi chegaraviy sirt tarzida tasavvur qilish mumkin. To'lqin frontining shakli muhit xossalari, tebranish manbaining shakli va o'lchamlariga bog'liq.

Bir jinsli va izotrop muhitda joylashgan nuqtaviy tebranish manbaidan tarqalayotgan to'lqinlarning fronti sferik shaklda bo'ladi. Bunday to'lqinlar sferik to'lqinlar deyiladi. Agar tebranish manbai tekislik shakliga ega bo'lsa, manbaqa yaqin soxalardagi to'lqinlar yassi to'lqinlar deb ataladi. Tebranish nurga perpendikulyar bo'lsa, bunday to'lqinlar ko'ndalang to'lqinlar deyiladi. Yorug'lik to'lqini ham ko'ndalang

to'lqindir. Muhitning 0 nuqtasiga joylashgan manba $t = 0$ dan boshlab $x = A \cos \omega t$ garmonik tebranma harakat qilayotgan bo'lsin, bu yerda A , ω - mos ravishda tebranish amplitudasi va chastotasi. Amplituda deb muvozanat vaziyatidan eng katta chetga chiqish kattaligi tushuniladi. 0 nuqtadan x masofa uzoqlikdagi zarraning ixtiyoriy t vaqtdagi siljishi:



$$\xi = A \cos \omega \left(t - \frac{x}{u} \right)$$

u - to'lqinining muhitdagi tarqalish tezligi. Bu ifoda yuguruvchi to'lqin tenglamasi deb ataladi.

To'lqin uzunligi deb bir xil fazada tebranayotgan 2 ta eng yaqin nuqtalar orasidagi masofaga aytiladi.

$$l = uT$$

ekanligidan

$$\xi = A \cos \left(\omega t - \omega \frac{x}{u} \right) = A \cos \left(\omega t - \frac{2\pi}{T} \frac{x}{u} \right) = A \cos \left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} x \right)$$

Mazkur tenglamadagi $2\pi/l$ ni odatda, k harfi bilan belgilanadi va to'lqin soni deb ataladi. U 2π metr uzunlikdagi kesmada joylashadigan to'lqin uzunliklarining sonini ifodalaydi. Yuqoridagi ifoda

$$x = A \cos(\omega t - kx)$$

ko'rinishga keladi. Bu tenglama to'lqin fronti yassi tekislikdan iborat bo'lgan to'lqin uchun o'rinalidir.

Agar muhitda tarqalayotgan to'lqin sferik bo'lsa, tebranish amplitudalari tebranish manбайдan uzoqlikka $\left(\vec{r} \right)$ teskari proporsional ravishda kamayib boradi:

$$\xi = \frac{A}{r} \cos(\omega t - kr)$$

To'lqin tarqalish tezligi u nima ekanligini oydinlashtiraylik. Yassi to'lqin biror t vaqtda tebranish manбайдan x masofa uzoqlikka yetib kelsin. Mazkur vaqtdagi to'lqin fronti yassi tekislikdan iborat bo'lib, bu tekislikning barcha nuqtalari bir xil fazada tebranadi. Shu sababli to'lqin frontini bir xil fazalar tekisligi deyish ham mumkin. Fazalar bir xil degani

$$\omega \left(t - \frac{x}{u} \right) = \text{const}$$

demakdir $\omega = \text{const}$ ligidan

$$\left(t - \frac{x}{u} \right) = \text{const}$$

Buni differensiallab

$$U = \frac{d x}{d t} \quad \text{ni olamiz.}$$

Demak, to'lqinning tarqalish tezligi fazaning ko'chish tezligini anglatadi. Shuning uchun uni fazaviy tezlik deyiladi.

Turli chastotali to'lqinlar yig'indisini to'lqinlar guruhi yoki to'lqin "paket" deb ataladi. "Paket"ning tezligi uning tarkibidagi to'lqinlarining birortasining tezligiga mos kelmaydi bunday hollarda to'lqinlar guruhi maksimumining ko'chish tezligi tushunchasidan foydalaniladi va uni guruhliy tezlik deb ataladi.

To'lqin uzunliklari l dan $l + dl$ gacha bo'lgan to'lqin "paket" ning guruhliy tezligi

$$u_2 = u - \lambda \frac{d u}{d \lambda} \quad \text{bilan aniqlanadi.}$$

To'lqinning muhitda tarqalish jarayonida energiyaning tarqalishi ham sodir bo'ladi. Elementar DV hajmdagi to'lqin energiya kinetik va potensial energiyalar yig'indisidan iboratdir

$$W = E + U = \rho A^2 \omega^2 \sin^2 \omega \left(t - \frac{x}{u} \right) \Delta V$$

Bu ifodaning DV hajmga nisbati - muhitning birlik hajmida mujassamlashgan energiyadir. U energiya zichligi deb ataladi.

$$W = \frac{W}{\Delta V} \rho A^2 \omega^2 \sin^2 \omega \left(t - \frac{x}{u} \right)$$

Sinus kvadratining o'rtacha qiymati $1/2$ ga teng bo'lganligi uchun to'lqinning ixtiyoriy nuqtasidagi energiya zichligining vaqt bo'yicha o'rtacha qiymati

$$w_{o'r} = \frac{1}{2} \rho A^2 \omega^2 \quad \text{bo'ladi.}$$

To'lqinning tarqalish yo'nalishiga perpendikulyar ravishda joylash-tirilgan S sirt orqali 1s. davomida ko'chib o'tadigan energiya miqdori bilan xarakterlanuvchi kattalik energiya oqimi deyiladi. Energiya oqimi skalyar kattalik bo'lib, u quvvat birliklarida, SI da vatlarda o'lchanadi. To'lqinning tarqalish yo'nalishiga perpendikulyar bo'lgan $1m^2$ yuzli sirt orqali 1s. davomida ko'chib o'tadigan energiya miqdorini energiya oqimining zichligi deb ataladi.

Energiya oqimining zichligi

$$\vec{j} = \omega \vec{u}$$

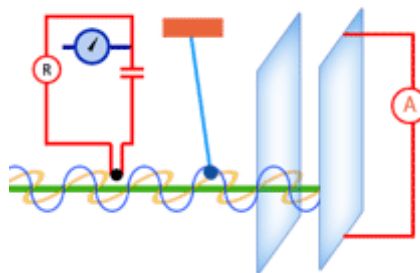
Bu $\vec{j}$ vektorini Umov vektori deb ataladi. Uning absolyut kattaligi bo'yicha o'rtacha qiymati

$$I = j_{0,r} = \frac{\rho A^2 \omega^2}{2}$$

to'lqin intensivligi deb ataladi.

Demak, to'lqin intensivligi - to'lqin o'zi bilan birgalikda "eltayotgan" energiya oqim zichligining o'rtacha qiymatidir. U Vt/m^2 hisobida o'lchanadi.

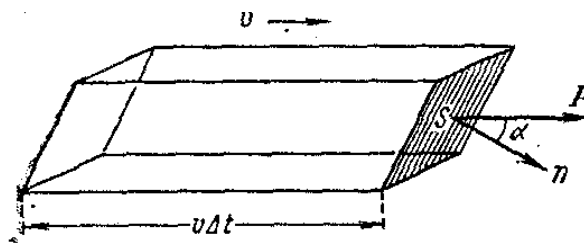
Yorug'lik chastotasi $\times$ o'qi yo'nalishida tarqalayotgan $n=(0,75,0,40)$ Gs oraliqda, yoki vakuumdagi to'lqin uzunligi $l_0=(0,40,0,75) \cdot 10^{-6}m$ intervalda bo'lgan elektromagnit to'lqinlardir.



Yassi monoxromatik yorug'lik elektr va magnit maydon kuchlanganlik vektorlarining o'zaro perpendikulyar tebranishlari ko'rinishida ifodalanadi: $\vec{E} = \vec{E}_m \cos(\omega t - kx + j_0)$, $\vec{H} = \vec{H}_m \cos(\omega t - kx + j_0)$. **Yorug'lik intensivligi muhitning sindirish ko'rsatkichi n va to'lqin amplitudasining kvadrati E_m^2 ga**

proportsional: $I = \frac{c}{4\pi} n E_n^2$. $\vec{S} = \left[\vec{E} \times \vec{H} \right]$ - Umov-Poyting vektori.

Elektromagnit to'lqinlar energiyasi. Elektromagnit to'lqinlarning turli ta'sirlar ko'rsatishini - dipolga ulangan lampaning tolasini cho'g'lantirishi, detektorga ulangan galvanometr strelkasini og'dirishi mumkin ekanligini va shunga o'xshash ta'sirlarini ko'rdik. Bu elektromagnit to'lqinlarning biror energiya olib o'tishini bildiradi.



Elektromagnit to'lqin maydonida ixtiyoriy S yuzacha olib, elektromagnit to'lqinning shu yuz orqali kichik Δt vaqt ichida olib o'tgan ΔW energiyasini hisoblaylik. Buning uchun S yuzacha asosida qirralari to'lqinning v tarqalish tezligiga parallel va $v\Delta t$ uzunlikka ega bo'lgan parallelepiped yasaymiz. Bu parallelepipedning hajmi quyidagiga teng:

$$\Delta \tau = S v \Delta t \cos \alpha$$

bu erda α – S yuzachaga o'tkazilgan n normal bilan v tezlik orasidagi burchak Dt vaqt ichida to'lqin $v\Delta t$ masofani o'tadi, shuning uchun biz ko'rayotgan yuzacha orqali parallelepiped ichidan DW energiya o'tadi. Shuning uchun agar u maydonning hajm birligidagi energiyasi (energiyaning hajmiy zichligi) bo'lsa, u holda

$$\Delta W = u\Delta\tau = uSv\Delta t \cos \alpha$$

bo'ladi.

Elektromagnit to'lqin energiyasining hajmiy zichligi $\frac{1}{2}\epsilon_0 E^2$ elektr maydon energiyasi $\frac{1}{2}\mu\mu_0 H^2$ bilan magnit maydon energiyasi yig'indisidan iborat:

$$u = \frac{1}{2}(\epsilon_0 E^2 + \mu\mu_0 H^2)$$

E va H kuchlanganliklarning kattaliklari elektromagnit to'lqinda $\sqrt{\epsilon_0} E = \sqrt{\mu\mu_0} H$ munosabat bilan bog'langan. Shuning uchun yana shunday yozish mumkin:

$$u = \epsilon_0 E^2 = \mu\mu_0 H^2 = \sqrt{\epsilon\mu} \sqrt{\epsilon_0\mu_0} EH$$

Yana $\mathcal{G} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon\mu} \sqrt{\epsilon_0\mu_0}}$ ekanini nazarga olib, quyidagini yozish mumkin:

$$\Delta W = EHS \cos \alpha \cdot \Delta t.$$

Demak, S yuzacha orqali vaqt birligida o'tgan energiya yoki $\frac{\partial W}{\partial t}$ quyidagiga teng bo'ladi:

$$\frac{\partial W}{\partial t} = EHS \cos \alpha$$

Olingan natijani yanada qulayroq shaklda ifodalash mumkin. Elektromagnit energiya oqimi vektori tushunchasini kiritaylik, uni shunday aniqlaymiz:

$$P = [EH].$$

Elektromagnit to'lqinda E va H bir-biriga perpendikulyar va shuning uchun bu vektorning son qiymati $P = [EH]$ ga teng. P vektorning yo'nalishi esa E va H vektorlarning yo'nalishiga perpendikulyar, ya'ni to'lqinnig tarqalish tezligi v ning yo'nalishi bilan ustma-ust tushadi. U holda quyidagi ko'rinishda ifodalash mumkin:

$$\frac{\partial W}{\partial t} = P_n S$$

Bu erda $P_n = P \cos \alpha$ P-vektorning S yuzachaga o'tkazilgan n normal yo'nalishiga proyeksiyasi.

Shunday qilib, elektromagnit maydonda energiya harakatini P energiya oqimi vektori yordamida to'la ravishda xarakterlash mumkin. Bu vektorning yo'nalishi energiyaning harakatlanish yo'nalishini beradi. Energiya oqimi vektorining son qiymati esa energiyannng harakat yo'nalishiga perpendikulyar bo'lgan birlik yuzachadan vaqt birligi ichida o'tgan energiyaga teng.

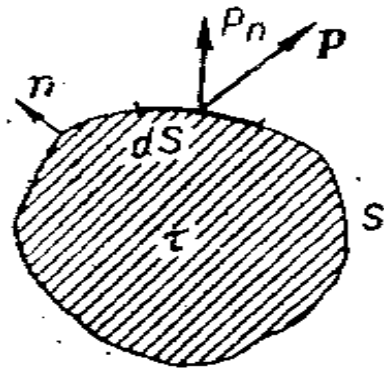
Energiya oqimi vektori tushunchasi N. A. Umovning turli muhitlarda energiyaning harakatiga doir ishlarida berilgan edi, uning elektromagnit maydon uchun maxsus ifodasi. Poynting kiritgan. Shuning uchun elektromagnit energiya oqimi vektori P *Umov-Poynting vektori* yoki *Poynting vektori* deb ataladi. Agar biz har bir nuqtasiga o'tkazilgan urinmalar P vektorning yo'nalishi bilan ustma-ust tushadigan chiziqlarni tasavvur qilsak (energiya oqimi vektorining chiziqlari, u holda bu chiziqlar elektromagnit maydon energiyasi tarqaladigan yo'llarni ko'rsatadi. Ikkinchi tomondan, yorug'lik energiyasi tarqaladigan chiziqlarni optikada nurlar deb yuritiladi. Yorug'lik ham elektromagnit to'lqinlardan iborat bo'lgani uchun yorug'lik nurlari ham mohiyati jihatidan yorug'lik elektromagnit to'lqinlari energiya oqimi vektorining chiziqlaridan iboratdir.

Biz keltirgan chiqarilishi unchalik qat'iy emas, chunki biz hamma joyda ham to'lqinlarning fazaviy tarqalish tezligi energiyaning harakat tezligi bilan mos tushadi deb faraz qildik. Biroq umuman olganda bu bunday emas. Shunga qaramay, biz unchalik qat'iy bo'lmagan mulohazalar asosida chiqargan barcha hollar uchun o'rinlidir. Maksvell tenglamalariga asoslanib elektromagnit maydonda energiyaning harakatiga doir quyidagi muhim teoremani isbot qilish mumkin (*Poynting teoremasi*). Ixtiyoriy muhit ichida S sirt bilan chegaralangan biror τ hajmni ajratib olamiz. So'ngra τ hajm ichidagi to'liq energiyani W orqali belgilaymiz. U holda

$$\frac{\partial W}{\partial t} = \int_S P_n dS$$

Bu erda P_n - bilan ifodalangan Umov - Poynting vektorining sirtga normal tashqil etuvchisi, integrallash esa butun yopiq S sirt bo'ylab bajariladi. Bunda tashqi normal n ning yo'nalishi musbat deb hisoblanadi ya'ni agar P vektor chiziqlari hajmning ichidan tashqariga chiqayotgan bo'lsa, $\int_S P_n dS$ oqim musbat deb hisoblanadi.

$\frac{\partial W}{\partial t}$ Kattalik τ hajm ichidagi to'liq energiyaning vaqt birligi ichidagi kamayishi. Energiyaning saqlanish qonuniga muvofiq, bu kamayish S sirt orqali vaqt birligi ichida tashqariga chiqayotgan energiyaga teng bo'lishi kerak.



Bundan shu narsa kelib chiqadi: S sirt orqali vaqt birligida chiqayotgan energiya qaralayotgan hajmni chegaralab turuvchi S yopiq sirt orqali o'tayotgan P vektor oqimi bilan ifodalanadi. P_n kattalikni esa sirt birligi orqali vaqt birligida chiqayotgan energiya deb ta'riflash mumkin.

Elektromagnit maydon energiyasi oqimini hisoblashga doir ba'zi misollarni keltiramiz.

O'zgarmas tokli sim j zichlikli o'zgarmas tokli r radiusli silindrsimon o'tkazgichni sirtida elektr maydon E va magnit maydon H -rasm-da ko'rsatilgandagi singari yo'nalgan va shuning uchun Umov - Poynting vektori o'tkazgichning ichiga qarab uning yon sirtiga perpendikulyar yo'nalgan. Bu energiyaning o'tkazgichga atrof fazodan uzluksiz oqib kirishini bildiradi. Bu energiyaning kattaligini hisoblaymiz. Agar r - sim moddasining solishtirma qarshiligi bo'lsa, u holda Om qonuniga ko'ra,

$$E = \rho j$$

Magnit maydon kuchlanganligi sirtida quyidagiga teng:

$$H = \frac{j}{2\pi r} = \frac{1}{2} jr$$

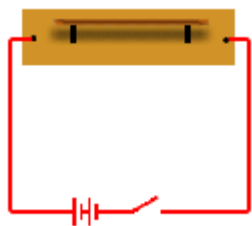
Shuning uchun

$$P = EH = \frac{1}{2} \rho r j^2$$

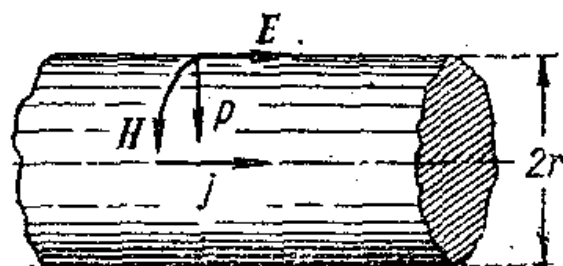
l ugunlikdagi sim kesmasining butun yon sirti orqali 1 sek da oqib kiruvchi energiya quyidagiga teng:

$$\frac{W}{t} = P 2\pi r l = \rho j^2 \pi r^2 l$$

Biroq ρj^2 kattalik Joule - Lents qonuniga (uning differentsial ko'rinishiga) muvofiq vaqt birligi ichida hajm birligida ajraladigan issiqlik miqdori, $\pi r^2 l$ esa simning hajmi. Shuning uchun biz simga kiruvchi energiya miqdori Joule - Lents issiqligi miqdoriga teng ekanligini topamiz, energiyaning saqlanish qonuniga muvofiq ham shunday bo'lishi kerak.



Keltirilgan misol shuni ko'rsatadiki o'tkazgichga kiradigan va uning hisobiga issiqlik ajraladigan elektromagnit energiya o'tkazgichga, go'yo birinchi qarashda tuyulganidek, uning o'qi bo'yicha emas, balki uning yon sirti orqali kirar ekan.



2.Fotometrik kattaliklar. Yorug'lik oqimi. Biror sirtidan o'tayotgan yorug'lik nurlanishini elektromagnit to'lqinning shu sirt orqali 1s da olib

o'tgan energiya miqdori, ya'ni shu sirt orqali nurlanish quvvati W bilan xarakterlash mumkin. **Nurlanishning bu energetik xarakteristikasi yorug'likning energiya oqimi deyiladi. Yorug'lik oqimining birligi lyumen (lm)dir.**

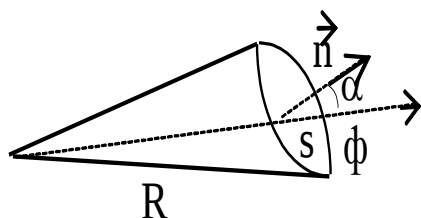
Yorug'likning nuqtali manbalarini xarakterlash uchun yorug'lik kuchi I ishlatiladi. Yorug'lik kuchini manba nurlanishining fazaviy burchak birligiga to'g'ri keladigan yorug'lik oqimi tarzida aniqlanadi.

$$I = d\Phi/dW$$

Yorug'lik kuchi. Fazaviy burchakning o'lchov birligi steradian (fazoviy radian) birlik radiusli sferada birlik yuza hosil qilgan burchakdir. Ravshanki, yorug'lik manbai atrofidagi butun fazoni qoplaydigan fazoviy burchak 4 steradian bo'ladi: $W=4\pi$. Shuning uchun izotrop manba uchun

$$I=\Phi/4\pi$$

Yorug'lik kuchining birligi kandela (kd) dir.



Yorug'lik yoritilganlik.

Sirtlarni yoritishni miqdoriy baholash uchun yoritilganlik tushunchasi kiritiladi. **S sirti-ning E yoritilganligi deb shu sirtga tushayotgan Φ yorug'lik oqimining bu sirt**

kattaligiga nisbatiga aytiladi. Boshqacha aytganda, yoritilganlik sirt birligiga tushayotgan yorug'lik oqimiga tengdir:

$$E=\Phi/S$$

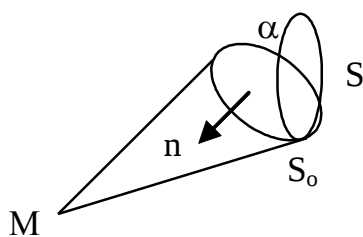
Agar sirtning chiziqli o'lchamlari yorug'lik manbaigacha bo'lgan masofagacha nisbatan kichik bo'lsa

$$E=I\cos\alpha/R^2$$

Yoritilganlik birligi lyuks (lk) dir.

Yorug'lik manbai S ning B ravshanligi bu manbaning ko'rinuvchi sirtining yuza birligidan chiqayotgan yorug'lik kuchi bilan o'lchanadi.

$$B=I/S_0=(I/S)\cos\alpha.$$



Ravshanlik birligi kd/m^2 dir.

Yo'rug'likning to'lqin nazariyasi. Yorug'likning interferensiyasi va difraksiyasini korpuskular nazariyasi asosida tushuntirishning iloji bo'lmagan. Aynan shu hodisalar haqida mulohaza yuritgan ingliz fizigi R.Guk (1635-1703) va gollandiyalik fizik X.Gyuygens (1629-1695) yorug'lik to'lqin tabiatiga egaligi haqidagi fikrni olg'a surishgan. Ushbu nazariyaga ko'ra, yorug'lik to'lqinlarining manbadan tarqalishi suvga tosh tashlaganda hosil bo'lgadigan to'lqinlarning tarqalishidek tasavvur qilingan. To'lqin

nazariyasiga muvofiq yorug'lik to'lqinlari elastik to'lqinlardan iborat bo'lib, efir deb ataluvchi maxsus muhitda tarqalishi mumkin. Ya'ni mexanik to'lqinlar suv sirtida tarqalganidek, yorug'lik to'lqinlari efirda tarqaladi.

3. Gyuygens prinsipi. Muhitning yorug'lik to'lqin yetib borgan har bir nuqtasi ikkilamchi to'lqinlarning nuqtaviy manbayi bo'ladi. Bir fazada tebranayotgan muhit nuqtalarining geometrik o'rni to'lqin sirti, qaralayotgan vaqtda tebranish yetib borgan nuqtalarning geometrik o'rni esa to'lqin fronti deyiladi. Frontning shakliga qarab, to'lqinlar yassi va sferik to'lqinlarga ajratiladi. Sferik to'lqining t vaqtdagi fronti S_1 bo'lsa. Gyuygens prinsipiga asosan, S_1 da yotgan nuqtalarning har biri $v \cdot \Delta t$ radiusli sferik to'lqinlarning ikkilamchi nuqtaviy maydoniga aylanadi va $t + \Delta t$ paytdagi to'lqin fronti bu ikkilamchi to'lqinlarga urinma sirtidan iborat bo'ladi.

4. Elektromagnit to'lqinlar shkalasi. Elektromagnit to'lqinlar shkalasi.



Radioto'lqinlar, optik diapazon, rentgen nurlari, γ - nurlanish.

Zamonaviy aloqa vositasi. XX asrgacha aloqa majmuasi, asosan, feld'egerlik, aloqasi va maxsus aloqadan iborat bo'lgan. Lekin o'tgan asr aloqa tarmog'ining keskin o'zgarib ketishiga olib keldi. Ularning ichida keng tarqalgani telefon aloqasidir. Telefon kommutatorining yaratilishi XX asrning eng buyuk ixtirolaridan biri bekorga tan olinmagan. Bugungi kunda esa uyali aloqa vositasi, elektron pochta va internet aloqa tizimi turmush tarzining ajralmas qismiga aylanib bormoqda. Bu tizimlarning ish prinsipi ham dastlabki radiotelefon aloqadan keskin farq qilmaydi, faqat ular fan va texnikaning so'nggi yutuqlari, zamonaviy kompyuterlar va kosmik yo'ldoshlar vositasida amalga oshiriladi.

O'zbekiston telefon aloqasi. O'zbekiston dastlabki 200 raqamli telefon stansiyasi Toshkent 1904 – yilda tushirilgan. Hozir esa umumiy foydalaniladigan telefon tarmoqlarida 1,5 mln.dan ko'proq telefon raqami bor. Shu bilan birga, O'zbekiston shaharlararo telefon aloqasiga ham katta e'tibor berilmoqda. Hozir Respublikada shaharlararo telefon aloqasida 25 000 dan ortiq kanal mavjud. Toshkent shahrida stansiyalararo yo'nalishlarda tarmoqlar optik tolali aloqa vositalariga o'tkazilgan. Nukusda, Samarqandda va boshqa shaharlarda optik tolali aloqa yo'llarining yagona majmuasi ishga tushirish arafasida. 1992 – yilda Yaponiyaning “NEK” firmasi yetkazib bergan asbob – uskunalaridan abonentlarning jahon telefon tarmog'iga chiqishini hamda ikki tomonlama xalqaro teleko'rsatuvlarni

ta'minlaydigan 150 kanalli raqamli kosmik telefon stansiyasi qurildi va foydalanishga topshirildi. Keyinchalik Turkiyaning "NETASH", "TELETASH", "SIMKO" firmalari 30 kanalli yana bir xalqaro kosmik telefon stansiyasini Toshkentda qurdi. Hozir xalqaro telefon so'zlashuvlarning 80% i sun'iy aloqa yo'ldoshlari orqali amalga oshiriladi.

Uyali aloqasi. 1991 – yilda O'zbekiston va AQSH ning "Interneyshnl – kommunikeyshn grupp" firmasi bilan tashkil etilgan "UZDUNROBITA" qo'shma korxonasi 1995 – yigacha Toshkent, Samarqand, Urganch, Qarshi, Andijon, Buxoro shaharlarida xalqaro va shahar, shaharlararo telefon stansiyalari bilan bog'lanish imkoniyatiga ega bo'lgan uyali telefon aloqasi stansiyalarini ishga tushirdi. 1997 – yildan boshlab esa bunday aloqa vositrasi bilan xizmat ko'rsatadigan yana beshta korxona vujudga keldi. Bular "UZMAKOM", "COSKOM", "UNITEL", "BUZTON", "BELLIYN", "MTS" va "Yu-tel" lardir. Hozir mamalakatimizda bunday aloqa vositasidan foydalaniladiganlar soni ham 100 mingdan oshib ketgan.

Elektron pochta va internet sistemasi. Komp'yuter texnologiyasi sohasidagi yutuqlarni aloqa sohasidagi yutuqlar bilan bog'lanish yangi elektron pochta va internet aloqa sistemalarining vujudga kelishida olib keldi. Hozirgi paytda juda ko'p ma'lumotlar va hujjatlar komp'yuterlar orqali modemlar vositasida uzatiladi yoki qabul qilinadi.

5. Yorug'likning qaytishi va sinishi. Agar yorug'lik ikkita muhitning chegarasiga tushsa, unda tushuvchi nur ikkita – qaytuvchi va sinuvchi nurlarga ajralib ketadi. Tushuvchi nur (I), qaytgan nur (II), va singan nur (III) deb belgilangan. Yorug'lik nuri deganda, yorug'lik energiyasi tarqaladigan yo'nalish tushuniladi. Tushuvchi va qaytgan nurlar hamda ikki muhit chegarasidagi, nurning tushish nuqtasiga o'tkazilgan perpendikulyar bir tekislikda yotadi. Qaytish burchagi i_1 tushish burchagi i_1 ga teng: $i_1=i_1$.

Yorug'likning sinishi. Tushayotgan nur, singan nur hamda ikki muhit chegarasidagi, nurning tushish nuqtasiga o'tkazilgan perpendikulyar bir tekislikda yotadi. Tushish burchagi sinusining sinish burchagi sinusiga nisbati shu ikki muhit uchun o'zgarmas kattalikdir.

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = n_{21}$$

Bu yerda n_{21} – ikkinchi muhitning birinchisiga nisbatan nisbiy sindirish ko'rsatkichi. Burchaklarni belgilashdagi indekslar yorug'lik nuri qaysi muhitda harakatlanayotganligi ko'rsatadi. Ikki muhitning nisbiy sindirish ko'rsatkichi ularning absolut sindirish ko'rsatkichlarining nisbatiga teng.

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$$

6. Linzalar. Ma'ruza mustqil ish "Linzalar" mavzusiga qarang.

Mavzuni mustahkamlash uchun savollar

1. Yorug'lik to'lqin nazariyasining yaratilishini nima taqazo etgan?
2. Yorug'lik to'lqinlari nazariyasi mualliflari kimlar?
3. Yorug'lik to'lqinlari qanday tasavvur qilingan?
4. Efir qanday muhit?
5. Gyuygens prinsipini aytib bering.
6. To'lqin sirti va to'lqin fronti nima?

Uyga vazifa

Internet saytlardan Gyuygens prinsipi bazasini to'ldirish. Linzaning optik kuchi.

11 - MA'RUZA. YORUG'LIK INTERFERENSIYASI. INTERFROMETRLAR.

Reja:

1. Yorug'lik nurlarining monoxromatlikligi va kogerentligi. Yorug'lik intenferensiyasini kuzatish usullari. Ikki manba beradigan interferension manzarani hisoblash.
2. Yupqa qatlamlardagi yorug'lik interferensiyasi.
3. Teng qiyalikdagi va teng qalinlikdagi interfefensiya.
4. Interferensiya hodissasining qo'llanilishi. Interferometrlar. Interferension plastinkalar.

Tayanch iboralar: yorug'lik to'lqinlarning interferensiyasi, to'lqinlarning kogerentligi, yupqa qatlamli interferensiya, teng qiyalikdagi, teng qalinlikdagi, interfrometrlar, interferension plastinkalar.

Ko'rgazmali qurollar: slaydlar, plakatlari, animatsion dasturi.

O'tilgan mavzuni takrorlash

1. Yorug'likning qaytish qonunini aytib bering.
2. Yorug'likning sinish qonunini aytib bering.
3. Linza deb qanday jismlarga aytiladi?
4. Linza qanday moddalardan yasaladi va nima uchun?
5. Tashqi ko'rinishlarda linzalar qanday turlarga bo'linadi.

Mavzuning borishi

1. Yorug'lik nurlarining monoxromatlikligi va kogerentligi. Yorug'lik intenferensiyasini kuzatish usullari. Ikki manba beradigan interferension manzarani hisoblash. O'zgarmas chastotali (to'lqin uzunlikli) va o'zgarmas amplitudali to'lqin monoxromatik to'lqin deb ataladi. Ikki yoki undan ortiq to'lqinlarning tebranish chastotasi bir xil va faza farqlari doimiy bo'lsa, bunday to'lqinlar kogerent to'lqinlar deb ataladi. Yorug'lik to'lqinini tavsiflash uchun garmonik tebranishlarning $x = A \cos(\omega t + j)$ ko'rinishdagi

teglamasidan foydalanamiz. Bu yerda x -deganda E , H tushiniladi. Aytaylik, ikki monoxromatik kogerent $x_1 = A_1 \cos(\omega t + j_1)$ va $x_2 = A_2 \cos(\omega t + j_2)$ to'lqinlar bir birining ustiga tushsin. Natijaviy tebranish amplitudasi

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1 A_2 \cos(j_2 - j_1).$$

To'lqinlar kogerent bo'lganligi uchun $I \sim A^2$ va

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos(j_2 - j_1).$$

Fazoning $\cos(j_2 - j_1) > 0$ shart bajariladigan nuqtalarida $I > I_1 + I_2$ bo'ladi. $\cos(j_2 - j_1) < 0$ bo'lgan nuqtalarda $I < I_1 + I_2$. Shunday qilib, 2 (yoki bir nechta) kogerent yorug'lik to'lqinlari ustma-ust tushganda, fazoda yorug'lik oqimlarining qayta taqsimlanishi ro'y beradi va natijada intensivlikning bir joyda maksimumi boshqa joyda minimumi kuzatiladi. **Bu hodisa yorug'lik interferensiyasi deb ataladi.**

Kogerent bo'lmagan to'lqinlar uchun $j_2 - j_1$ uzluksiz o'zgarib turadi va shuning uchun $\cos(j_2 - j_1)$ ning vaqt bo'yicha o'rtacha qiymati nolga teng va natijaviy to'lqinning intensivligi hamma yerda bir xil bo'ladi va $I_1 = I_2$ bo'lganda $I = I_1$ bo'ladi (kogerent to'lqinlar uchun bu holda maksimumda $I = 4 I_1$, minimumlarda $I = 0$).

Kogerent yorug'lik to'lqinlari olish uchun 1 ta manba nurlantirayotgan to'lqinni 2 ga bo'lish usuli ishlatiladi. Bunda to'lqinlar turli optik yo'lni o'tganlaridan so'ng qo'shiladilar va interferension manzara kuzatiladi.

Aytaylik, 0 nuqtada to'lqin ikkita kogerent to'lqinga ajratilyapti. Interferension manzara kuzatilayotgan M nuqtaga borguncha n_1 sindirish ko'rsatkichli muhitda birinchi to'lqin S_1 yo'l o'tdi, ikkinchi to'lqin n_2 sindirish ko'rsatkichli muhitda S_2 yo'l o'tdi. Agar 0 nuqtada tebranish fazasi ωt bo'lsa, M nuqtada birinchi to'lqin $A_1 \cos \omega(t - S_1/v_1)$, ikkinchi to'lqin $A_2 \cos \omega(t - S_2/v_2)$ ni vujudga keltiradi; bu yerda $v_1 = s/n_1$, $v_2 = s/n_2$ - birinchi va ikkinchi to'lqinlarning fazaviy tezliklari.

Ikki kogerent to'lqinlar uchun faza farqi:

$$d = \omega \left(\frac{S_2}{v_2} - \frac{S_1}{v_1} \right) = \frac{2\pi}{\lambda_0} (S_2 n_2 - S_1 n_1) = \frac{2\pi}{\lambda_0} (L_2 - L_1) = \frac{2\pi}{\lambda_0} \Delta$$

(λ_0 -vakuumdagi to'lqin uzunligi). **Yo'lning geometrik uzunligi S ning muhit sindirish ko'rsatkichi n ga ko'paytmasi yo'lning optik uzunligi L , $D = L_2 - L_1$ esa yo'lning optik farqi deyiladi.**

Agar yo'lning optik farqi vakuumdagi to'lqinning butun soniga

$$D = \pm m \lambda_0 \quad (m = 0, 1, 2, \dots)$$

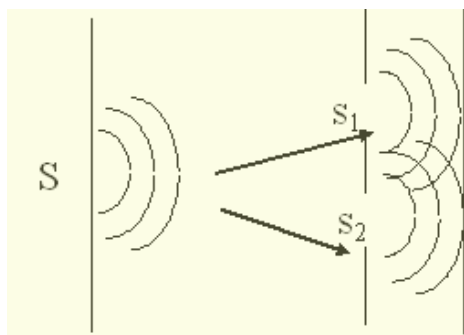
teng bo'lsa $d = \pm 2m \lambda_0$ va M nuqtada qo'zg'alayotgan tebranishlar bir xil fazada bo'ladi interferension maksimum sharti deb ataladi.

Yo'lning optik farqi

$$d = (2m+1) \lambda_0 \quad (m = 0, 1, 2, \dots)$$

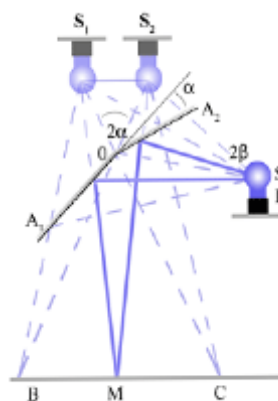
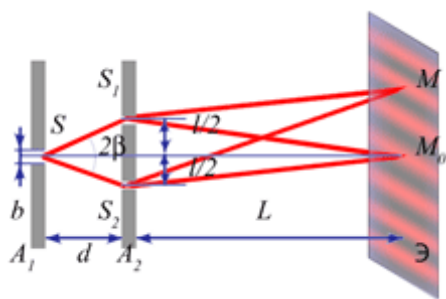
bo'lsa, $d = \pm (2m+1) \lambda_0$ bo'ladi va M nuqtadagi to'lqin fazalari qarama-qarshi bo'ladi; interferension minimum sharti deyiladi.

Yorug'lik intenferensiyasini kuzatish usullari. Yorug'lik intenferensiyasini kuzatish uchun kogerent yorug'lik dastasi bo'lishi kerak.



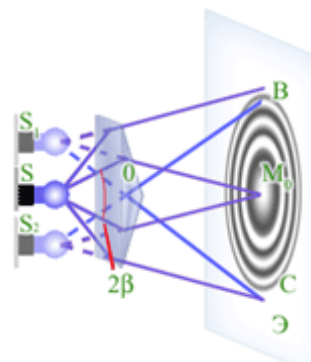
Lazerlar ixtiro qilinishidan oldin dasta bo'linalar va so'ngra ular qo'shilib intenferension manzara olinardi. Bunday ba'zi usullarni ko'rib o'taylik.

Yung usuli. Bunda ikkita kichik tirqishi bo'lgan ekran yordamida yorug'likni "ikkiga ajratish" mumkin. S yorug'lik manbai ekranning tirqishlarida yorug'likning S_1 va S_2 ikkilamchi manbalarini hosil qiladi. Asosiy S manba nurlanayotgan to'lqinlarning fazalari ham shunga mos holda xuddi shunday o'zgaradi, ya'ni S_1 va S_2 manbalar nurlanayotgan to'lqinlarda fazalar ayirmasi hamma vaqt o'zgarishsiz qoladi-bu manbalar kogerent bo'ladi.



Frenel ko'zqulari. Kogerent manbalar hosil qilishning ikkinchi - usuli bir-biriga 180° ga yaqin burchak ostida o'rnatilgan 2 ta yassi ko'zgudan yorug'likning qaytishiga asoslangan. Bu tizimda yorug'likning S asosiy manbaining S_1 va S_2 tasvirlari kogerent manbalar bo'ladi.

Frenel biprizmasi ikkita bir xil sindirish burchaklari kichkina bo'lgan va asoslari birlashtirilgan prizmalardan iborat. S manbaidan tarqalgan nur prizmalarda sinib, S_1 , S_2 manbalaridan chiqayotgan kogerent nurlardek tarqaladi. Ekranda bu kogerent nurlar qo'shilib intenferensiya hosil bo'ladi.



Ikki manba beradigan interferension manzarani hisoblash. S_1 va S_2 kogerent manbalar hosil qilayotgan va P nuqtada qo'shilayotgan yorug'lik to'lqinlarining interferensiyasini ko'raylik.

Agar nurlar yo'lining ayirmasi $l = S_1P - S_2P$ ga to'lqinlarning butun soni joylashsa, ya'ni

$$l = n \cdot \lambda = 2n \cdot \lambda / 2 \quad (n=0,1,2,3, \dots)$$

bo'lsa, P nuqtada yorug'likning maksimumi bo'ladi. Agar $l = (2n+1) \cdot \lambda / 2$

bo'lsa, P nuqtada yorug'likning minimumi bo'ladi.

Endi monoxromatik yorug'likning S_1 va S_2 kogerent manbalarining ekranda hosil qilgan interferensiya manzarasi qanday bo'lishini aniqlaylik. Bu manbalar orasidagi masofa d , manbalardan ekrangacha bo'lgan masofa L bo'lsin, shu bilan birga $d \ll L$ bo'lsin.

S_1 va S_2 lardan barobar uzoqlikdagi 0 nuqtadan interferensiya maksimumlari kuzatiladigan nuqtalargacha bo'lgan x masofani aniqlaylik.

PCS_1 va PBS_2 to'g'ri burchakli uchburchaklardan

$$PS_1^2 = L^2 + (X + d/2)^2,$$

$$PS_2^2 = L^2 + (X - d/2)^2,$$

bundan $PS_1^2 - PS_2^2 = 2xd$. Biroq $PS_1 - PS_2 = d$, $PS_1 + PS_2 \gg 2L$, demak $dL = 2xd$ va $x = LD/d$. Yorug'lik maksimumlari 0 nuqtada $x = n\lambda L/d$ masofalarda hosil bo'lishini, minimumlari esa $x = (2n+1)\lambda L/2d$ masofada hosil bo'lishini aniqlaymiz.

Bu maksimum va minimumlar mos ravishda bir biriga parallel yorug'

va qorong'i yo'llar ko'rinishida bo'ladi. $n=0$ ga tegishli bo'lgan markaziy maksimum 0 nuqtadan o'tadi. Qo'shni maksimumlar (yoki minimumlar) orasidagi masofa $\Delta x = \lambda L/d$ ga teng bo'ladi.

Shunday qilib, yorug'likning ikki kogerent manbalari ekranda hosil qilgan interferensiya manzarasi yorug' va qorong'i yo'llarning navbatlashib joylashishidan iborat bo'ladi. Bu manzara yorug'likning nuqtaviy manbalari

o'rniga parallel joylashgan tor tirqishlardan foydalanilganda ayniqsa aniq hosil bo'ladi.

x masofa d ga teskari proportsional. S_1 va S_2 yorug'lik manbalari orasidagi masofa katta bo'lganda interferensiya yo'llari orasidagi masofa ajratib bo'lmaydigan darajada kichik bo'lishi mumkin. Shuning uchun aniq interferensiya manzarasi hosil qilish uchun bir-biridan mumkin qadar kichik masofada joylashgan yorug'lik manbalaridan foydalanish kerak ($d \ll L$). Yorug'lik to'lqinining uzunligini d , L va x kattalikning o'lchangan qiymatlariga ko'ra tajribada aniqlash mumkin. Monoxromatik bo'lmagan, masalan, oq yorug'likdan foydalanilganda interferensiya maksimumlari, har bir to'lqin uzunligi uchun bir-biriga nisbatan siljigan bo'ladi. Natijada hamma yorug'lik yo'llari kamalak rangiga ega bo'lib qoladi.

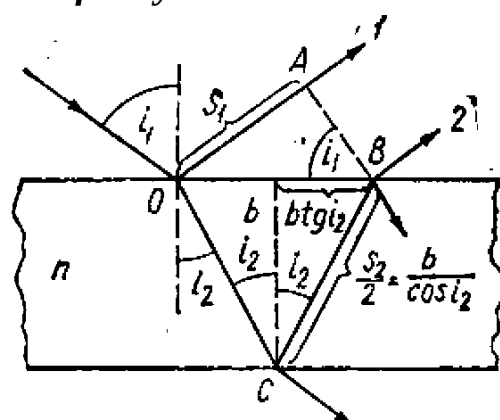
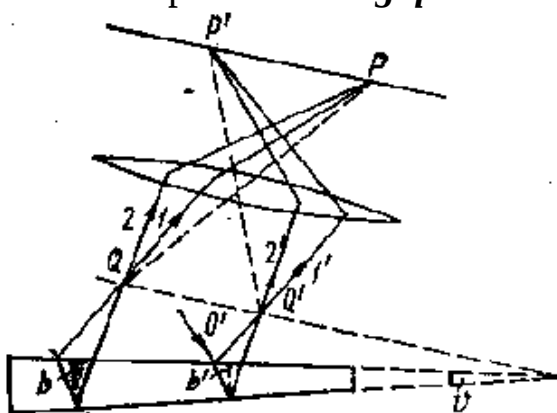
2. Yupqa qatlamlardagi yorug'lik interferensiyasi. Unga parallel nurlar dastasi tushayotgan bo'lsin. Tushayotgan O nurning bo'linishidan hosil bo'lgan nurlardan ikkitasini: plastinkaning yuqorigi va pastki sirtlardan qaytgan 1 va 2 nurlarni qarab chiqamiz. Agar linza yordamida ularni P nuqtada uchrashtirsak, ular interferensiyalashadi. θ burchak juda kichik bo'lganda nurlarning yo'llar farqi yetarli darajada aniqlik bilan

$$\Delta = 2b\sqrt{n^2 - \sin^2 i_1} - \frac{\lambda_0}{2}$$

formula bo'yicha hisoblash mumkin.

Buning uchun b sifatida plastinkaning nur tushayotgan joyidagi qalilini olish kerak. Plastinkaning boshqa nuqtasiga tushayotgan O' nurning bo'lishi hisobiga hosil bo'lgan $1'$ va $2'$ nurlarni linza P' nuqtada yig'di. Bu nurlarning yo'llar farqi b' qalinlik bilan aniqlanadi.

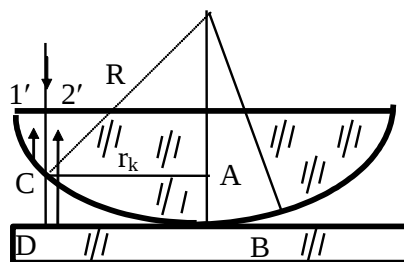
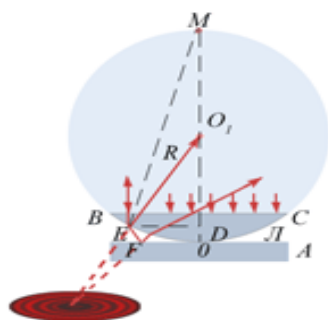
Agar ekranni $Q, Q', \dots$ nuqtalardan o'tuvchi sirtga qo'shma bo'ladigan qilib joylashtirsak, unda yorug' va xira polosalar sistemasi paydo bo'ladi. Bu polosalarning har biri plastinkaning bir xil qalinlikdagi joylaridan yorug'likning qaytishi hisobiga hosil bo'ladi. Shu sababli bu holda interferensiyalar **teng qalinlikdagi interferensiyalar** deb ataladi.



Yupqa plyonkada interferensiya hodisasi.

3. Teng qiyalikdagi va teng qalinlikdagi interfefensiya.

Teng qalinlikdagi interfensiya. Yupqa shaffof plastinkaga 1,2 nurlar tushayotgan bo'lsin.



Sindirish ko'rsatkichi n bo'lgan muhitda yorug'lik to'lqini vakuumdagiga nisbatan n marta kichik tezlik bilan ($u = c/n$) tarqaladi. Shuning uchun vakuumda yorug'lik to'lqini biror chekli vaqt davomida muhitdagiga nisbatan n marta uzunroq yo'lni bosib o'ta oladi. **Bu yo'l**

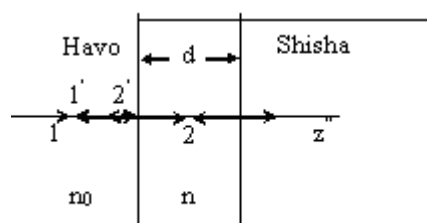
uzunligini optik yo'l uzunligi deb atash odat bo'lqan. Bundan tashqari, yorug'lik to'lqini optik zichligi kichikroq muhit bilan optik zichligi kattaroq muhit chegarasidan qaytganda uning fazasiga o'zgaradi. Plastinkaning ustki va ostki tekisliklaridan qaytgan nurlarningg interferentsiyalashishi natijasida yorug'lik intensivligining maksimumi, **Nyuton xalqalari.** Monoxromatik yorug'lik dastasi linzaning tekis sirtiga normal tushayotgan bo'lsin. Shu nurlardan biri - birinchi nur S nuqtaga yetib borgach, qisman qaytadi, qisman havo qatlami ichiga kirib boradi. Nurning bu ikkinchi qismi D nuqtadan qaytadi. 1 va 2 nurlar o'zaro kogerent, ular ustma-ust tushib, interferentsiyalashadi. Natijada kontsentrik halqalar kuzatiladi, bu halqalar N'yuton xalqalari deb ataladi. Yorug' xalqalarining radiuslari

$$(r_R)_{\max} = \sqrt{(k - 1/2)\lambda_0 R}$$

ifoda bilan, qorong'i xalqalarning radiuslari esa

$$(r_R)_{\min} = \sqrt{k\lambda_0 R}$$

Yorug'lik interferentsiyasi optik asboblarning sifatini yaxshilash (optikani ravshanlantirish) va qaytaruvchi qatlamlar olish uchun ham qo'llaniladi. Hozirgi ob'yektivlarda ko'plab linzalar bo'ladi, shuning uchun ularda yorug'likning qaytishi va demak yorug'lik oqimining isrofi ko'p bo'ladi. Bularni yo'qotish uchun linza sirtiga sindirish ko'rsatkichi linza moddasining sindirish ko'rsatkichidan kichik bo'lgan yupqa qatlam o'tkaziladi.



Havo-qatlam va qatlam-shisha chegaralarida yorug'likning qaytishi tufayli 1 va 2 kogerent nurlarning interferentsiyasi ro'y beradi. Qatlam qalinligi d sindirish ko'rsatkichi n va shisha sindirish ko'rsatkichi n_s ni shunday tanlab olish mumkinki, interferentsiyalanuvchi nurlar bir-

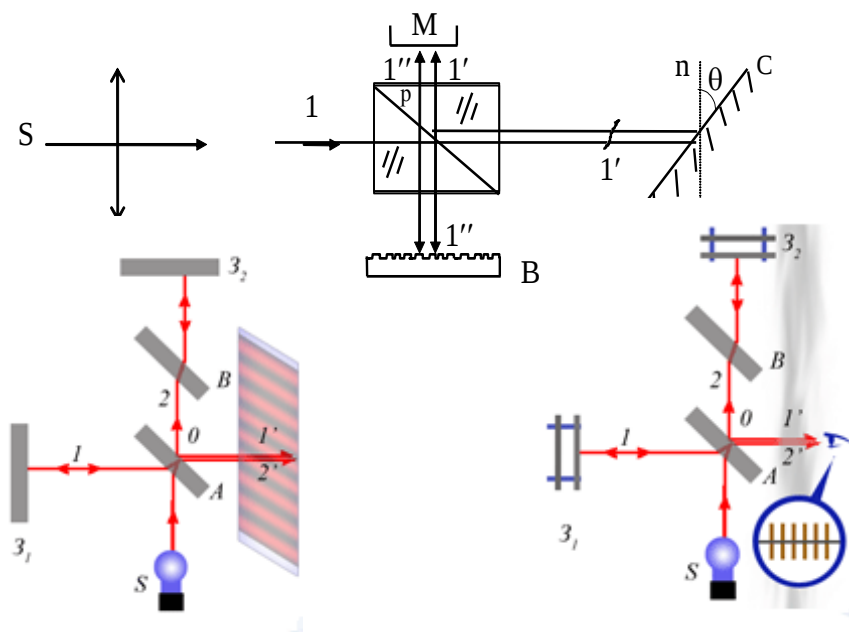
birini so'ndiradi. Bunda ularning amplitudalari teng optik yo'l farqi $(2m+1)l_0/2$ ga teng bo'lishi kerak. Hisoblarning ko'rsatishicha $n = \sqrt{n_s}$ bo'lganda amplitudalar teng bo'lar ekan $n_s > n > n_0$ bo'lganligi uchun ikkala sirtida yarim to'lqin uzunligi yo'qotiladi va yorug'lik tik tushganda, $2nd = (2m+1)l_0$ bo'ladi. Bu yerda nd -qatlamning optik qalinligi. Odatda $m=0$, $nd=l_0/4$. Shunday qilib $n = \sqrt{n_s}$ bo'lganda va qatlamning optik qalinligi $l_0/4$ ga teng bo'lganda, interferensiya natijasida qaytgan nurlarning so'nishi (o'chirilishi) va o'tgan nurlar intensivligining ortishi kuzatiladi. Optik sistemaning ravshanlashuvi ana shundan iborat.

Teng qiyalikdagi interfensiya. Plastinkaga parallel qilib musbat linza o'rnatamiz va uning fokal tekisligiga ekran joylashtirilgan tarqoq yorug'lik tarkibida har xil tomonlarga yo'nalgan nurlar bor. Tekisligiga parallel va

plastinkaga i'_1 burchak ostida tushadigan nurlar plastinkaning ikkala sirtidan qaytgach P nuqtada yig'ilib, bu nuqtada shunday yoritilganlik hosil qiladiki, uning kattaligi optikaviy yo'llar farqiga bog'liq bo'ladi. Boshqa tekisliklar yotuvchi, lekin plastinkaga o'sha i_1 burchak ostida tushuvchi nurlar ekranning boshqa nuqtalarida yig'iladi va bu nuqtalar ekranning O markazidan P' nuqta bilan bir xil masofada bo'ladi. Bu nuqtalarning hammasida yoritilganlik bir xil bo'ladi. Shunday qilib, plastinkaga bir xil i_1 burchak ostida tushuvchi nurlar ekranda bir xil yoritilgan va O markazli aylanada joylashgan nuqtalar to'plamini hosil qiladi. Xuddi shunday, boshqa i_1 burchak ostida tushuvchi nurlar ekranda bir xil yoritilgan va boshqa radiusli aylanada joylashgan nuqtalar to'plamini hosil qiladi. Natijada ekranda birin – ketin joylashgan yorug' va xira doiraviy polosalar vujudga kelib, ularning umumiy markazi O nuqtada bo'ladi. Har bir polosani plastinkaga bir xil i_1 burchak ostida tushuvchi nurlar hosil qiladi. Shuning uchun ham mana shu yozilgan shart sharoitda hosil bo'ladigan interferension polosalar **teng qiyalikdagi interferensiyalar** deyiladi.

4. Interferensiya hodissasining qo'llanilishi. Interferometrlar. Interferension plastinkalar.

Interferometrlar. Interferensiya manzarasi interferensiyalanuvchi to'qinlarning yo'llari ayirmasiga juda sezgir bo'ladi: yo'llar ayirmasining kichik o'zgarishlarida uzunliklar va burchaklarni aniq o'lchash uchun, shuningdek, shaffof muhitlarning sindirish ko'rastkichlarini aniqlash uchun ishlatiladigan asboblarning tuzilishi shunga asoslangan. Sanoatda interferometrlar metall va boshqa silliqlangan sirtlarning sifatini (silliqligini) tekshirishda keng qo'llaniladi.



Bu oqim nurlaridan birining yo'lini ko'raylik. Yarim shaffof qatlamda 1 nur "ikkiga ajraladi": qisman qatlam orqali o'tadi va S ko'zguga tushadi. (1 nur), qisman esa qaytadi va tekshirilayotgan B sirtga tushadi (1 nur). So'ngra 1 nur ko'zgu va yarim shaffof qatlamdan qaytgandan so'ng va 1" nur tekshirilayotgan sirtidan qaytib, yarim shaffof qatlamdan o'tgandan so'ng M mikroskopga tushadi. Bu nurlar kogerent nurlardir, shuning uchun ular interferentsiyalanadi, ularning interferentsiyalanish natijasida mikroskopning ko'rish maydonida ko'rinib turadi

Interferensiyalar. Plastinka yuqoriga yorug'likning ikkita kogerent parallel dastalarini qaytaradi, ulardan biri plastinkaning yuqori sirtidan yorug'lik qaytishi hisobiga, ikkinchi esa pastki sirtidan qaytishi vujudga keladi. Ikkinchi dasta plastinkaga kirishda va undan chiqishda sinadi. Plastinka yuqoriga, bu ikki dastadan tashqari, plastinka sirtlaridan uch, besh va hokazo marta qaytish hisobiga vujudga keladigan dastalarni ham yuboradi. Lekin biz bu dastalarni, ularning intensivligi juda kichik bo'ladi.

Mustahkamlash uchun savollar

1. Interferensiya hodisasi yorug'likning qanday tabiatga egaligini isbotlaydi?
2. Yorug'lik interferensiyasi nima?
3. Qanday yorug'lik to'lqinlari interferensiyaga kirishi mumkin?
4. Kogerent to'lqinlar deb qanday to'lqinlarga aytiladi?
5. Monoxromatik to'lqinlar qanday to'lqinlar?
6. Kogerent yorug'lik to'lqinlari qanday hosil qilinadi?
7. Teng qiyalikdagi interferensiya qanday hosil bo'ladi?
8. Teng qalinlikdagi interferensiya qanday aniqlanadi?
9. Interferometrlar nima?
10. Interferensiyalar plastinkalar nima?

Uyga vazifa

Internet saytlardan kogerent bazasini to'ldirish. Interferensiya hodisasini qo'llanishi va uning komp'yuter texnikasi bilan bog'liqligi.

12- MA'RUZA. YORUG'LIK DIFRAKSIYASI. YORUG'LIK SOCHILISHI.

Reja:

1. Gyuygens – Frenel qoidasi.
2. Frenel va Fraunhofer difraksiyasi.
3. Difraksion panjara. Panjarani ajrata olish qobiliyati.
4. Rentgen nurlarining difraksiyasi. Vulf – Breg formulasi.
5. Yorug'likning sochilishi. Reley formulasi.
6. Yorug'likning o'z – o'zida fokuslanishi.

7. Golografiya to'g'risida tushuncha.
8. Gologramma hosil qilish va qayta tasvirni hosil qilish.
9. Golografiyaning qo'llanishi.

Tayanch iboralar: yorug'lik difraksiyasi, Guyugens va Frenel qoidasi, difraksion panjara, panjaraning ajrata olish qobiliyati, rentgen nurlari, yorug'likning qaytishi, yorug'likning sochilishi, Reley formulasi, fokuslanish, golografiya tarixidan, golografiyaning asosi, gologramma hosil qilish, golografik tasvir hosil qilish, golografiyaning qo'llanilishi.

Ko'rgazmali qurollar: mavzuga doir animatsion dastur.

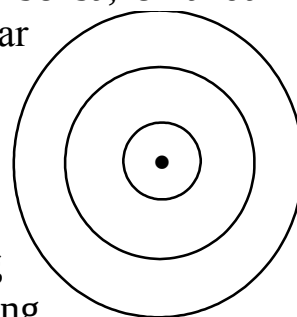
O'tilgan mavzuni takrorlash

1. Teng qiyalikdagi interferensiya qanday hosil bo'ladi?
2. Teng qalinlikdagi interferensiya qanday aniqlanadi?
3. Interferometrlar nima?
4. Interferension plastinkalar nima?

Mavzuning borishi

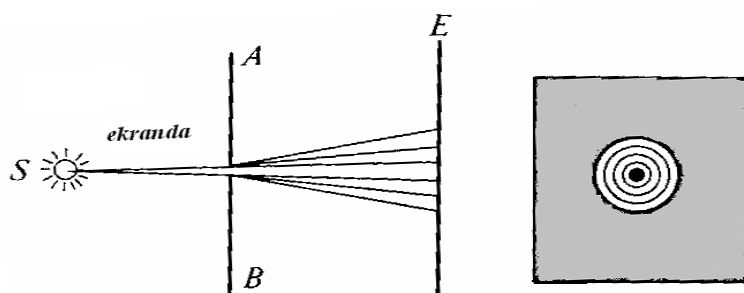
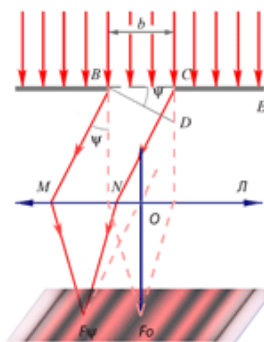
1. Gyuygens - Frenel qoidasi. Geometrik optika qonunlariga asosan, E ekranda T to'siqning soyasi doira shaklidagi qorong'i soha kuzatilishi lozim. Tajribada shu narsa kuzatiladi. Lekin to'siqdan ekrangacha bo'lgan masofa to'siq o'lchamlaridan bir necha ming marta katta bo'lsa, ekranda ketma-ket yorug'lik va qorong'i konsentrik halqachalar kuzatiladi.

Gyuygens prinsipiga asosan, to'lqin frontining har bir nuqtasini ikkilamchi to'lqinlarining manbalari deb hisoblash mumkin. uni to'ldirib, bu ikkilamchi to'lqinlarning manbalarini kogerent manbalar deb va fazoning ixtiyoriy nuqtasidagi tebranish bu nuqtaga yetib kelgan ikkilamchi kogerent to'lqinlar interferensiyalanishining natijasi deb qarash lozimligini aytib o'tadi



Yorug'lik difraksiyasi. Yorug'lik difraksiyasi deb ataladigan hodisada, yorug'lik nurlari shaffofmas to'siqlardan egilib o'tib geometrik soya sohaga kirib boradi. Difraksiya so'zi lotincha "difraksio" "egilib o'tish" dan olingan. Masalan, nuqtaviy monoxromatik yorug'lik manbai M dan tarqalayotgan yorug'lik nurlarining yo'lga shaffofmas jismdan yasalgan disk shaklidagi T to'siq joylashtirilgan bo'lsin. Geometrik optika qonunlariga asosan, E ekranda T to'siqning soyasi doira shaklidagi qorong'i soha kuzatilishi lozim. Tajribada shu narsa kuzatiladi. Lekin to'siqdan ekrangacha bo'lgan masofa to'siq o'lchamlaridan bir necha ming marta katta bo'lsa, ekranda ketma-ket yorug'lik va qorong'i konsentrik halqachalar kuzatiladi.

2. Frenel va Fraunhofer difraksiyasi. **Frenel difraksiyasi** - bu difraksiya tarqaluvchi yorug'liklar difraksiyasi bo'lib, aylana shaklidagi tirqishdan bo'ladigan difraksiya ko'rinishida ko'rib chiqamiz. Agar AB aylana shaklidagi tirqish to'lqin uzunligi darajasidan katta bo'lsa, bu vaqtda tirqishning tasviri ekranda hosil bo'ladi. Agar tirqishni kichraytirsak, tirqish tasviri o'rniga o'zaro bir-birini almashtiruvchi qora va oq xalqalar hosil bo'ladi. Agar aylana shaklidagi tirqishda tok Frenel zonalari sig'adigan bo'lsa, birinchi xalqa oq bo'ladi, agar tirqishga juft Frenel zonalari sig'adigan bo'lsa birinchi xalqa qora bo'ladi.



Fraunhofer difraksiyasi. Difraksiya hodisalari ikki sinfga bo'linadi. To'siqqa tushayotgan nurlar parallel dastasini hosil qilgan va difraksion manzara manbadan cheksizlikda mujassamlashgan holdagi hodisalarni Fraunhofer tekshirgan. **Shuning uchun bu hodisalar Fraunhofer difraksiyasi deyiladi.**

Bir tirqishdan bo'ladigan difraksiya. To'g'ri to'rtburchakli tor tirqishli B ekranga parallel monoxromatik nurlar dastasi ekranga normal holda tushayotgan bo'lsin. Tirqishdan dastlabki yo'nalishda o'tayotgan barcha nurlar S linza yordamida linzaning fokal tekisligida joylashgan A ekrannning O nuqtasiga to'planadi. Bu barcha nurlar o'rtasidagi yo'l ayirmasi 0 ga teng bo'ladi. O nuqta orqali tirqishga parallel yorug' yo'l o'tadi. Endi difraksiya tufayli tirqishdan o'tgan nurlarning faqat dastlabki yo'nalishda emas, balki bu yo'nalishga turli burchaklar ostida o'tishini nazarga olamiz (**j burchak difraksiya burchagi deb ataladi**). Tirqishdan shunday $j = j_1$ burchak ostida difraksiyalanuvchi nurlar dastasini ko'raylikki, dastaning chekka nurlari orasidagi yo'l ayirmasi Dl yorug'lik to'lqinining uzunligiga teng bo'lsin: $Dl = 2j / 2$ bunda butun dastani Frenel zonalari deb ataluvchi shunday I va II zonalarga ajratish mumkin, bu zonalar uchun I zonaning har bir nuri bilan II zona mos nurining yo'l ayirmasi $l/2$ ga teng bo'ladi. Linza yordamida O_1 nuqtadan o'tgan to'g'ri chiziqda to'plangan bu nurlar interferensiyalanadi va o'zaro so'nishadi. Natijada O_1 orqali qorong'i yo'l - difraksiya minimumi o'tadi (bu qol O_1 ga simmetrik bo'lgan O'_1 da ham ro'y beradi).

$j = j_2$ burchak ostida difraksiyalanuvchi nurlar dastasining chekka nurlar orasidagi Dl yo'l ayirmasi $3l/2$ ga teng bo'lsin. Bu holda butun dastani uchta I, II, III Frenel zonalariga ajratish mumkin. Ikki qo'shni zonaning (I, II) bir-birini so'ndirishi tushunarli (chunki bu zonalarining nurlari orasidagi yo'l ayirmasi $l/2$ ga teng) III zona esa so'nmaydi va O_2 nuqtadan o'tuvchi chiziqda difraksiya maksimumini beradi. O_2 nuqtaga simmetrik bo'lgan O'_2 nuqtadan o'tuvchi to'g'ri chiziqda ham shunday maksimum paydo bo'ladi. O'_2 va O_2 maksimumlarning yoritilganligi 0 maksimumning yoritilganligidan ancha kam bo'ladi.

Shunday qilib, Frenel zonalarining toq soniga mos burchaklar bilan difraksiyalanuvchi nurlar dastasi ekranda difraksiya maksimumlarini hosil qiladi, Frenel zonalarining juft soniga mos burchaklar bilan difraksiyalanuvchi nurlar dastasi difraksiya minimumlar hosil qiladi. Bu maksimumlarni hosil qiluvchi nurlarning difraksiya burchaklari ortishi bilan maksimumlarni yoritilganligi kamayadi. **Natijada bir tirqishdan hosil qilinadigan difraksiya manzarasi markazi yorug' yo'ldan har ikki tomonda simmetrik joylashgan qorong'i va yorug' yo'llarning navbatlashishidan iborat.**

b) **ikki va ko'p parallel tirqishlardan hosil bo'lgan difraksiya.** Parallel monoxromatik nurlar dastasi bir-biridan d masofada joylashgan ikkita parallel tirqishi bo'lgan B ekranga perpendikulyar tushayotgan bo'lsin.

Bunda bu tirqishlar yorug'likning kogerent manbalari bo'lib qoladi. Agar B ekran orqasida S yig'uvchi linza qo'yilgan bo'lsa, u holda linzaning fokal tekisligida joylashgan A ekranda difraksiya manzarasi vujudga keladi, bu difraksiya manzarasi ikki jarayonning, ya'ni yorug'likning har bir ayrim tirqishdan interferensiyasi natijasidir. Biroq bu manzaraning asosiy xususiyatlari ko'proq ikkinchi jarayon bilan aniqlanadi. Ikki parallel nurlar yo'llarining ayirmasi $d \sin j = nl$. Agar bu ayirma

$$d \sin j = n$$

shartni qanoatlantirsa, ekranda interferensiyon maksimum kuzatiladi.

Agar $d \sin j = (2n + 1) \frac{\lambda}{2}$ bo'lsa, interferensiyon minimum kuzatiladi.

Maksimumlarning mumkin bo'lgan soni, $\sin$ birligidan

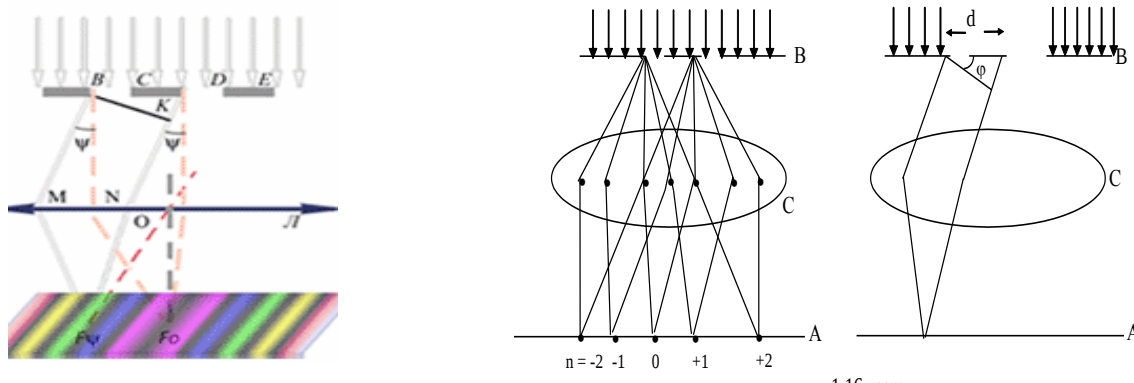
$$n \leq d/l$$

bo'ladi.

Yorug'lik bir-biriga yaqin joylashgan ko'plab parallel tirqishlar to'plamidan difraksiyalanganida ham difraksiya manzarasining ko'rinishi ikki tirqishdan difraksiyalanishdagi ko'rinishda bo'ladi. **Faqat maksimumlar ravshanroq va torroq, ularni ajratib turgan minimumlar esa keng va amalda butunlay qorong'i ko'rinadi. Bunday qurilma difraksiya panjarasi deyiladi. Masofa panjaraning davri deyiladi.** Difraksiya panjaralari shisha plastinka yoki metall ko'zgu sirtiga ingichka shtrixlar (tirnashlar) chizish yo'li

bilan tayyorlanadi. Difraksion panjara bilan yorug'lik to'lqin uzunligini aniqlash mumkin.

3. Difraksion panjara. Panjarani ajrata olish kuchi. Bu davriy ravishda tirqish va to'siqlardan iborat tiniq optik qurilma hisoblanadi. Tirqish kenligi b va to'siq kenligi a bo'lsa, difraksion panjaraning davri $d=a+b$ bo'ladi. Bu vaqtda panjaradagi tirqishlar soni: $N = l/d$. Bu yerda l – panjaraning eni. Bu tizimga parallel yorug'liklar tushganda Fraungofer difraksiyasi vujudga kelib, nurlar tushish yo'nalishiga nisbatan φ burchakka og'adilar. Bu nurlar linza yordamida to'planganda, linzaning fokall tekisligida o'zaro bir-birini almashtiruvchi oq va qora tasmlar hosil bo'ladi.



Bu vaqtda difraksion manzara bir nechta maksimumlardan iborat bo'ladi.

Difraksiya vaqtida φ burchakning ma'lum qiymatlarida ikkala tirqishning mos nuqtalaridan kelayotgn nurlar bir xil fazada bo'ladi. Bu nurlarning interferensiyalanishi natijasida intensivlikning asosiy maksimumi kuzatiladi.

$$d \sin \varphi = 2k \frac{\lambda}{2}, \quad k = 0, 1, 2, 3 \dots$$

Kuzatish burchagi φ ning ma'lum qiymatlarida nurlar qarama-qarshi fazada bo'lib yo'llar farqi yarim to'lqin uzunligi juft karalli bo'ladi, bu holda nurlarning interferensiyalanishi natijasida yorug'lik intensivligining so'nishi kuzatiladi va qo'shimcha minimumlik sharti bajariladi.

$$a \sin \varphi = \pm 2k \frac{\lambda}{2}$$

Kuzatish burchagining ma'lum qiymatlari:

$$a \sin \varphi = \pm (2k+1) \frac{\lambda}{2}$$

kuzatiladi va bu shart qo'shimcha maksimumlar sharti hisoblanadi.

Difraksion panjaraning ajrata olish qobiliyati. Agar difraksion panjaraga monoxromatik yorug'lik tushmasdan murakkab oq yorug'lik ko'rinishdagi yorug'liklar parallel tushsa, difraksion manzara oq va yorug'

tasmalar o'rniga binafsha rangidan boshlab, qizil ranggacha bo'lgan tasmalar majmuasi, ular orasida esa, qora tasmalar kuzatiladi. Tasmalar rangdorligi quyidagi tartibda bo'ladi. Eng kichik og'ush burchagi binafsha rangli tasma, undan keyin esa havo rang, ko'k, yashil, sariq, zarg'aldoq va qizil rangli tasma eng katta og'ish burchagiga ega bo'ladi. Har bir rangdagi tasma o'zining maksimumlariga ega bo'ladi. Reley qoidasiga ko'ra, maksimumlar bir-biridan ajirim chegarasi ordinata yo'nalishida umumiy maksimumning 0,8 qismiga teng bo'lsa, tasma ranglari o'zaro ajralgan deb hisoblanadi.

Difraksion panjara va difraksion asboblarning ajrata olish qobiliyati burchakli dispersiya va chizig'li dispersiya ko'rinishda bo'ladi. Burchakli dispersiya:

$$D = \frac{d\varphi}{d\lambda} \quad D = \frac{k}{b \cos \varphi}$$

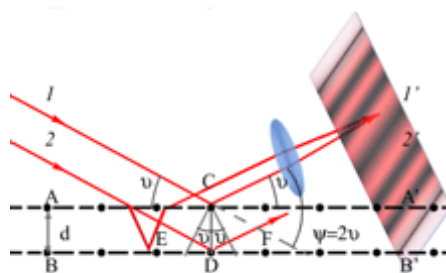
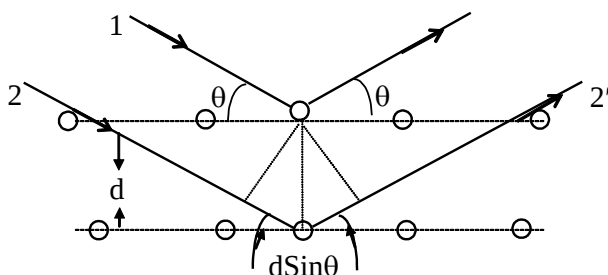
bu yerda φ difraksiya vaqtida nurning og'ush burchagi, $d\lambda$ - to'lqin uzunligining o'zgarishi, k - difraksion manzaraning tartib raqami, b - difraksion panjaradagi tirqish eni.

Dispersiyaning chizig'lik kattaligi ya'ni panjara yoki spektral asboblarning chizig'li ajrata olish qobiliyati quyidagicha aniqlanadi:

$$r = \frac{\lambda}{\delta \lambda} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1}$$

4. Rentgen nurlarining difraksiyasi. Vulf – Breg formulasi.

Rentgen nurlarining difraksiyasi. Difraksion manzara kuzatilishi uchun panjara doimiysi va to'lqin uzunliklarining tartibi bir xil bo'lishi kerak. Kristallarning panjara doimiysi $\sim 10^{-10}$ m va shuning uchun ko'rinadigan yorug'lik ($l \gg 5 \times 10^{-7}$ m) uchun ularda difraksiya kuzatilmaydi. Nemis fizigi M.Laue kristallarda difraksiyani rentgen nurlari ($\gg 10^{-12}$ - 10^{-8} m)da kuzatish mumkinligini birinchi bo'lib ko'rsatdi.



Monoxromatik rentgen nurlari dastasi (1,2)-sirpanish burchagi ostida kristallga tushmoqda va 1,2 ikkilamchi to'lqin sifatida tarqalmoqda va interferensiyalanmoqda. Intensivlik maksimumlari - difraksion maksimumlar

$$2d \sin \alpha = m\lambda \quad (m=1,2,3, \dots)$$

da kuzatiladi. Bu ifodadan foydalanib, kristallarning atom tekisliklari orasidagi masofa (d) ni aniqlash mumkin (rentgenostrukturaviy tahlil). Bu usul elektronlar va neytronlardan foydalanib amalga oshirilishi mumkin (elektronografiya, neytronografiya). d va m ni bo'lgan holda yorug'lik to'lqin uzunligini aniqlash mumkin.

Vulf – Bregg formulasi. Rus olimi Yu.V.Vulf va ingliz fiziklari U.G. Bregg va U.L.Bregglar bir – biridan mustaqil ravishda kristall panjaradan hosil bo'ladigan difraksion manzaraning analizini quyidagi sodda usulda ham bajarish mumkinligini ko'rsatdilar kristall panjaraning tugunlari orqali bir – biridan barobar masofalarda parallel tekisliklar o'tkazamiz. Bundan keyin biz o'sha tekisliklarni atom qatlamlari deb ataymiz. Agar kristallga tushayotgan to'lqin yassi bo'lsa, bunday qatlamda yotuvchi atomlar yuzaga keltiradigan ikkilamchi to'lqinlarning o'ramasi ham tekislikdan iborat bo'ladi. Shunday qilib, bir qatlamda yotgan atomlarning natijaviy ta'sirini atomlar bilan qoplangan sirtidan odatdagi qaytish qonunlari bo'ycha qaytgan yassi to'lqin ko'rinishida tasavvur qilish mumkin. Turli atom qatlamlaridan qayta yassi ikkilamchi to'lqinlar o'zaro kogerent va difraksion panjaraning har xil tirqishlaridan berilgan yo'nalishda tarqalayotgan to'lqinlar kabi interferensiyalashadi. Shuning bilan birga, difraksion panjaradagi kabi qo'shni to'lqinlar uchun yo'llar farqi λ ga karrali bo'lgan yo'nalishlardan tashqari hamma yo'nalishlarda ikkilamchi to'lqinlar amalga bir-birini yo'qotadi. Qo'shni atom qatlamidan qaytgan ikki to'lqinning yo'llar ayirmasi $2d \sin \alpha$ bo'ladi; bunda d qaralayotgan qatlamlarga perpendikulyar yo'nalishda kristallning birdaylik davri, α – yutilish burchagiga qo'shimcha burchak bo'lib, tushuvchi nurlarning sirpanish burchagi deb ataladi. Demak, difraksion maksimumlar hosil bo'ladigan yo'nalishlar quyidagi shart bilan aniqlanadi va Vulf – Bregg formulasi deb ataladi.

$$2d \sin \alpha = \pm m\lambda \quad (m = 1, 2, 3, \dots)$$

5. Yorug'likning sochilishi. Reley formulasi. *Yorug'lik qaytishi.* Agar yorug'lik ikkita muhitning chegarasiga tushsa, unda tushuvchi nur ikkita nurga ajraladi. Bular qaytuvchi va sinuvchi nurlar.

Yorug'lik nuri deganda, yorug'lik energiyasi tarqaladigan yo'nalish tushuniladi. Yorug'lik nurining intensivligi esa vaqt birligida nur yo'nalishiga perpendikulyar bo'lgan birlik yuzadan oqib o'tadigan energiya bilan aniqlanadi. Tushuvchi va qayta nurlar hamda ikki muhit chegarasidagi, nurning tushish nuqtasiga o'tkazilgan perpendikulyar bir tekislikda yotadi. Qaytish burchagi i_1' tushish burchagi i_1 ga teng:

$$i_1' = i_1$$

Yorug'likning sochilishi. Tiniq bo'lmagan muhitlarda, ya'ni optik jihatdan bir jinslimas bo'lgan muhitda ham yorug'lik difraksiyasi kuzatiladi.

Bunday muhitlarga aerozonlar (bulut, tutun, tuman), emulsiya, kolloidli eritmalar va hokazolar kiradi, ya'ni mayda zarrachalar suzib yurgan muhitlar kiradi. Yorug'lik bunday muhitdan o'tayotib tartibsiz joylashgan bir jinsli bo'lmagan joylardan, zarralardan difraksiyalanadi va hamma yo'nalishda bir xil intensivlik beradi, bunda aniq bir difraksion manzara hosil bo'lmaydi. Bu hodisa tiniq bo'lmagan (xira) muhitda yorug'likning sochilishi deb ataladi. Misol uchun quyosh nurining ingichka dastasi changli havodan o'tayotib, sochiladi va ko'rinadigan bo'lib qoladi.

Yorug'likning sochilishi begona zarralari bo'lmagan toza muhitlarda ham kuzatilishi mumkin. L.I.Mandelshtam bu hodisani muhitning sindirish ko'rsatkichining doimiy emasligi bilan ya'ni nuqtadan nuqtaga o'tganda o'zgarishi bilan tushuntiradi. Keyinchalik M.Smoluxovskiye bunga sabab molekulalar xaotik issiqlik harakati tufayli yuzaga keladigan zichlikning fluktuatsiyalari bo'lishi mumkinligini ko'rsatdi. Bunga sabab yangi muhit anizotropi bo'lishi mumkin. Bunday sochilishlar molekulyar sochilish deb ataladi. Osmon rangining ko'kligi molekulyar sochilishi bilan tushuntiriladi. D.Reley bo'yicha sochilgan yorug'lik intensivligi $I \sim I^4$, shuning uchun havo rang ko'k nurlar, sariq va qizil nurlarga nisbatan ko'proq sochiladi va osmon havorang (ko'k) bo'lib ko'rinadi. Zichlik va intensivlik fluktuatsiyalari temperatura ortishi bilan ortadi. Shuning uchun yozda osmon rangi qishdagidan ko'ra to'yinganroq bo'ladi.

Reley formulasi. Yorug'likning ko'zguli qaytishi vaqtida monoxramatik fazaviy tezligi

$$v = \frac{\omega}{k}$$

bu yerda ω – monoxramatik davriy chastotasi, k - to'lqin soni.

Yorug'likning spontan sochilishi vaqtida uning faza tezligi bilan birga guruppa tezligi vujudga keladi. Guruppa tezligining qiymati

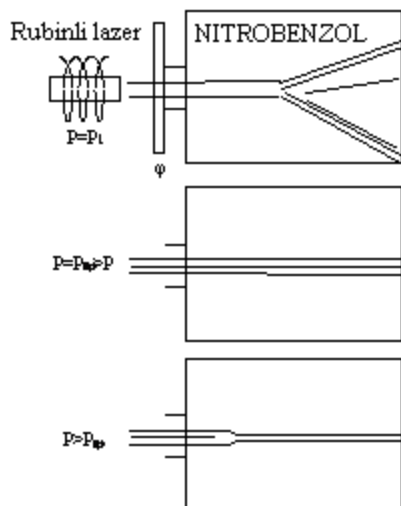
$$u = d\omega/dk \text{ bo'ladi.}$$

bu tenglamaga ω – qiymati qo'yilsa

$$\begin{aligned} u &= \frac{d\omega}{dk} = \frac{d(vk)}{dk} = v + k \frac{dv}{dk} \\ k \frac{dv}{dk} &= -\frac{2\pi}{\lambda} \frac{\lambda^2}{2\pi} \frac{dv}{d\lambda} = -\lambda \frac{dv}{d\lambda} \\ u &= v - \lambda \frac{dv}{d\lambda} \end{aligned}$$

Reley formulasi kelib chiqadi.

Muhitning sindirish ko'rsatgichi bilan yorug'likning tezligi orasida bog'lanishda foydalangan holda



$$n\lambda = 2\pi c / \omega$$

Guruppa tezligining qiymati quyidagicha aniqlanadi.

$$u = \frac{c}{n + \omega \frac{dn}{d\omega}}$$

6. Yorug'likning o'z - o'zida fokuslanishi. Parallel yorug'lik oqimi muhitda tarqalganda, difraksiya hodisasi tufayli chekka sohalarga ham tarqaladi. Agar muhit suyuqlik yoki (ba'zan) kristall bo'lsa bunday bo'lmasligi ham mumkin ekan. Shunday tajribalardan birida

rubin lazeri ($\lambda = 9643 \text{ \AA}$ - qizil soha) ning qizil dastasi F filtrni va dumaloq diafragmani o'tgandan so'ng shaffof suyuqlik, masalan, nitrobenzolga tushadi. Quvvat $P \sim 0,5 \text{ Vt}$ bo'lganda odatdagi chiziqli optika qonunlariga binoan difraksion manzara hosil bo'ladi.

Quvvat $P_{kr} = 20 \text{ kVt}$ ga teng bo'lsa, yorug'lik chetga tarqalmasdan dasta bo'lib tarqaladi. $P > P_{kr}$ da dasta muhitda siqilib $P \sim \frac{1}{\sqrt{P}}$, o'z-o'zidan fokuslanadi. Buning sababi muhit sindirish ko'rsatkichi yorug'lik intensivligi ortib borishi bilan ortishidir:

$$n = n_0 + n_1 E^2 \quad n_0 = \sqrt{\epsilon_0}$$

Bunda nur egallagan soha optik jiqatdan zich bo'lib qoladi va dasta fokuslanadi.

Lazer nurining intensivligi ma'lum chegaraviy intensivlikdan katta bo'lsa, asosiy chastota (ω) ga yo'ldosh sifatida xosil bo'ladigan spektrlar-satellitlarning intensivligi ortib ketar ekan va asosiy chastotali chiziqli intensivligiga teng bo'lib qolar ekan. Satellitlar soni ham ortib ketar ekan va $\omega \pm 2W$; $\omega \pm 3W$; $\omega \pm 4W$ va hokazo komponentalar paydo bo'lar ekan. Ayniqsa, bu hodisa rubin lazer nurini siqilgan gaz (vodorod, azot) da sochilishida yorqin namoyon bo'ladi. Intensivlik $10^8 - 10^9 \text{ vt/sm}^2$ yetganda, sochilgan nur tarkibidagi komponentalar shu darajada ko'payadiki, tushayotgan qizil bo'lgan nur chiqishda oq yorug'likka aylanadi. Shunday qilib, muhit bilan ta'sirlashish natijasida yorug'likning spektral tarkibi o'zgaradi.

7. Golografiya to'g'risida tushuncha. Golografiya grekcha "holo" "to'liq", "grafic", "yozaman" so'zlaridan tashkil topgan bo'lib, u buyumlarning tashqi ko'rinishini "yozib olish" ning maxsus usulini anglatadi. Bu usul 1947 yilda D.Gabor tomonidan kashf qilingan. Golografiyaning mohiyati buyumdan kelayotgan nurlanishning to'lqin frontini fotoplastinkaga qayd

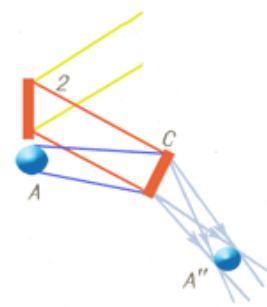
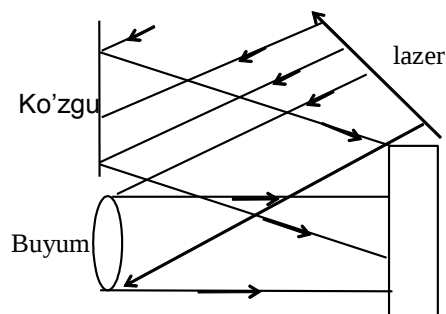
qilish (yozib olish), so'ng buyumning tasvirini vujudga keltirish maqsadida bu frontni tiklashdan iborat.

Fotografiyada yoritilgan ob'ektning ayrim nuqtalaridan qaytgan nurlar fotoplastinka yoki fotoplyonka tekisligining ayrim nuqtalariga ob'yektiv yordamida fokuslanadi. Bunda buyum barcha qismlarining tasvirlari ravshan bo'lavermaydi. Fotoapparat biror tekislikka ravshan qilib moslangan bo'lsa, buyumlarning shu tekislikda yotuvchi nuqtalarining tasvirlari ravshan bo'lib chiqadi. Buyumning bu tekislikdan beriroqdagi yoki nariroqdagi qismlarining tasvirlari esa unchalik aniq bo'lmaydi. Masalan, bino oldida turgan odamning fotografik tasvirida odam gavdasi berkitib turgan bino qismini fotografiyaga turlicha vaziyatlardan qaragan bilan bari bir ko'rib bo'lmaydi. Bundan tashqari, binoni odamdan qanchalik uzoqda joylashganligi ham aniqlab bo'lmaydi. Bino va odamning tasvirlari bitta tekislikda ko'rinadi. Fotoplastinkada buyumning ayrim nuqtalaridan qaytgan nurlarning nisbiy intensivliklari qayd qilinadi. Bu nurlar fazalari orasidagi munosabatni fotoplastinkaning qorayishiga hech ta'siri yo'q. Vaholanki, fazalar orasidagi munosabat buyumning ayrim nuqtalarini fotoplastinkadan uzoqliklariga bog'liqdir.

8. Gologramma hosil qilish va qayta tasvirni hosil qilish.

Gologramma hosil qilish. Kogerent yorug'lik dastasi ikkiga ajratilib, uning bir qismi buyum (B) dan qaytib fotoplastinka (G) ga tushadi. Bu to'lqinni signal to'lqin yoki buyum to'lqin deyiladi. Ikkinchi qismi esa qaytargich plastinka (K) dan qaytib fotoplastinkaga tushadi. Uni tayanch to'lqin deyiladi. Bu ikki guruh kogerent to'lqinlar fotoplastinkada qo'shilib intenferension manzara hosil qiladi. Fotoplastinkaga ishlov berilgandan so'ng oshkor bo'ladigan bu interferension manzara gologramma deyiladi. Gologrammada buyumdan qaytgan to'lqinlarda, ya'ni buyum to'lqinlarining amplituda hamda fazalari to'g'risidagi axborotlar qayd qilingan. Haqiqatan, buyum va tayanch to'lqinlarning fazalari bir xil bo'lsa, bu to'lqinlarning amplitudalari qo'shiladi. Shuning uchun pozitiv gologrammaning bunday nuqtalari shaffofroq (negativ gologrammada esa xiraroq) bo'ladi. Buyum va tayanch to'lqinlar fazalari mos bo'lmagan tarzda yetib kelgan gologrammada nuqtalar esa qorong'iroq bo'ladi.

Golografik tasvirni tiklash. Demak, buyumdan qaytgan nurlarning faqat amplitudalarinigina emas, balki fazalarini ham fotoplastinkada qayd qilish usulini topish lozim. Bu usul golografiyadir. Golografiya to'lqin optikasining asosiy qonunlari - intenferensiya va difraksiya qonunlaridan foydalanish asosida vujudga keldi.



Tasvirni tiklash uchun gologramma avvalgi holatiga joylashtiriladi va uni "tayanch" bilan yoritiladi. Natijada interferension strukturadagi difraksiya tufayli buyum to'liqning nusxasi tiklanadi.

Mavzuni mustahkamlash uchun savollar

1. Difraksion panjaradagi difraksiyani izohlab bering.
2. Difraksion panjara deb nimaga aytiladi?
3. Panjara doimiysi nimaga teng?
4. Difraksion panjara qayerda qo'llaniladi?
5. Panjaraning ajrata olish kuchi qanday aniqlanadi?
6. Ajrata olish kuchi panjaradagi shtrixlar soniga bog'liqmi?
7. Difraksiya so'zi qanday ma'noni anglatadi?
8. Gyuygens prinsipi nima?
9. Frenel Gyugens prinsipiga qanday qo'shimcha kiritdi?
10. Fraungofer difraksiyasi deb qanday difraksiyaga aytiladi?
11. Yorug'lik qaytishini tushuntirib bering. Yorug'likning sochilishi qanday hodisa?
12. Reley formulasini keltirib chiqaring?
13. O'z – o'zidan fokuslanish qanday hodisa?
14. Golografiya so'zi qanday ma'noga ega va u qanday usul?
15. Gologramma qanday hosil qilinadi?
16. Golografiyadan qanday maqsadlarda foydalaniladi va uning afzalligi nimada?

Uyga vazifa

Rentgen nurlari rejasini internet saytlari orqali bazasini to'ldirish. Fraungofer difraksiyasining bazasini to'ldirish. Golografiyaning qo'llanishi.

13 - MA'RUZA. YORUG'LIKNING QUTBLANISHI. SUN'IY IKKILANMA NUR SINDIRISH.

Reja:

1. Yorug'likning qaytishda va sinishda qutblanishi. Bryuster qonuni.
2. Yorug'likning anizotrop muhit orqali o'tishi.
3. Ikkilanma nur sindirish. Qutblantiruvchi prizmalar.
4. Kerr effekti.
5. Qutblanish tekisligining aylanishi. Qutblagich asboblardan moddani o'rganishda foydalanish.

Tayanch iboralar: yorug'likning qaytishda qutublanishi, yorug'likning sinishda qutublanishi, Bryuster qonuni, ikkilanma nur sindirish, qutblantiruvchi prizma, Kerr effekti, tekisligining aylanishi.

Ko'rgazmali qurollar: mavzuga oid animatsion dastur.

O'tilgan mavzuni takrorlash

1. Golografiya so'zi qanday ma'noga ega va u qanday usul?
2. Jismning to'lqini deb qanday to'lqinga aytiladi?
3. Gologramma qanday hosil qilinadi?
4. Golografiyadan qanday maqsadlarda foydalaniladi va uning afzalligi nimada?
5. Gologramma deb nimaga aytiladi?

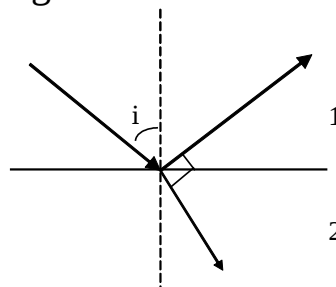
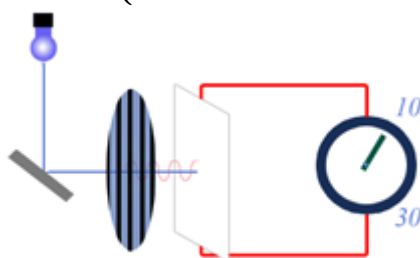
Mavzuning borishi

1. Yorug'likning qaytishda va sinishda qutblanishi. Bryuster qonuni. Tabiiy yorug'lik nuri ikki dielektrik chegarasiga tushayotgan bo'lsin (masalan, havodan shishaga). Bunda nurning bir qismi qaytadi, bir qismi sinadi. Tajribalar qaytgan va singan nurlar qisman qutblanganligini ko'rsatadi. Qaytgan nurda tushish tekisligiga perpendikulyar yo'nalishdagi tebranishlar ko'proq ekanligiga singan nurda tushish tekisligiga parallel tebranishlar ko'pligi aniqlangan.

Qutblanish darajasi nurning tushish burchagiga va sindirish ko'rsatkichiga bog'liq. Shotlandiyalik olim Bryusterning aniqlashicha

$$\operatorname{tg} i_B = n_{21}$$

munosabatdan topiladigan i_B burchaklarda qaytgan nur yassi (to'la), singan nur esa maksimal (to'la bo'lmasa ham) qutblangan bo'lar ekan.



Yorug'lik Bryuster burchagi ostida tushganda qaytgan va singan nurlar o'zaro perpendekulyar bo'ladi.

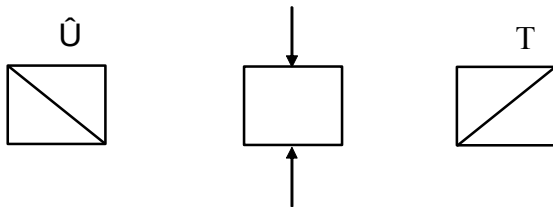
Singan nurning qutblanish darajasini har safar Bryuster burchagi ostida tushirib oshirish mumkin.

2. Yorug'likning anizotrop muhit orqali o'tishi. Anizotropik jismlardan yorug'lik o'tganda turli qutblanish hodisalari kuzatilar ekan. Bunday anizotropiyani tabiiy deb atasak o'rinli bo'ladi. Bir qator usullar bilan jism, moddalarga sun'iy anizotroplik xossasini berish mumkin.

1. Zeebek va Bryuster izotrop jismlarni mexanik deformatsiyalaganda nurning ikkilanib sinish hodisasini kuzatishda (1831-yil) hosil bo'ladigan anizotropiyani aniqladi. Optik anizotropiya o'lchovi sifatida oddiy va g'ayri oddiy nurlar sindirish ko'rsatkichlarining farqi tushuniladi.

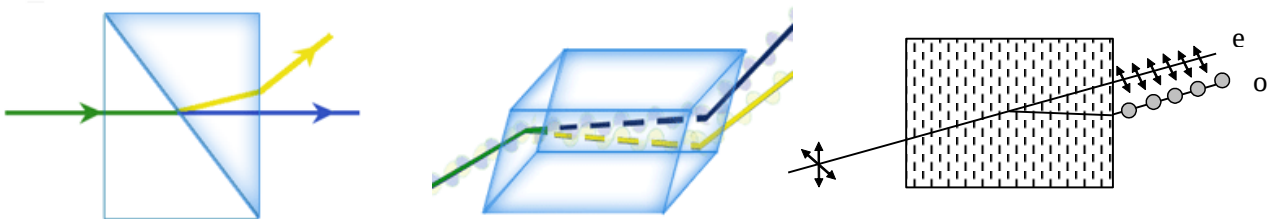
$$n_0 - n_e = k_1 s,$$

k_1 - shu jismni xarakterlovchi ko'effitsiyent, $s = F/S$ - ko'ndalang kesimga qo'yilgan kuchlanish.



Bu hodisa shishada va kristallarda kuzatiladi. Sanoatda jismlarning ichida ichki deformatsiyalar borligi tekshirilishi mumkin.

3. Ikkilanma nur sindirish. Qutblantiruvchi prizmalar. *Ikkilanma nur sindirish.* Fizik xususiyatlari yo'nalishlarga bog'liq bo'lmagan muhit izotrop muhit deb, yo'nalishlarga bog'liq bo'lgan muhit anizotrop muhit deyiladi. Izotrop muhit (masalan shisha plastinka) da yorug'likning sinishi sinish qonuniga bo'ysunadi. Agar island shpatiga yorug'lik tushsa, kristalldan ikki bir-biriga va tushayotgan nurga parallel nur chiqadi. Agar tushayotgan nur kristallga perpendekulyar bo'lsa ham singan nur ikkiga bo'linadi. **Bu nulardan birining elektr tebranishlari kristallning bosh optik tekisligiga perpendikulyar bo'ladi; bu nur oddiy nur (o) deb ataladi. Ikkinchi nurning elektr tebranishlari esa bosh tekislikda bo'ladi; bu nur g'ayri oddiy nur (e) deyiladi.**



Kubik sistemaga kiruvchi kristallardan boshqa hamma kristallar nurni ikkilantirib sindirish xossasiga ega. Bu hodisa birinchi bo'lib island shpatida Bartolini tomonidan aniqlangan. Bu hodisa yorug'likning anizotrop kristallarda turli yo'nalishda e_x, e_y lar har xil bo'lishi mumkinligi bilan bog'liq. Demak, sindirish ko'rsatkichlari ($n_x = \sqrt{e_x}$, $n_y = \sqrt{e_y}$) ham xar-xil. Shuning uchun nur kristallga tushganda turli burchak ostida sinadi.

Kristallarda shunday yo'nalish borki, bu yo'nalish bo'yicha yorug'lik tarqalganda nurning ikkilanib sinishi kuzatilmaydi. Bu yo'nalish kristallning optik o'qi deyiladi. Agar kristall optik o'qqa perpendekulyar yo'nalishda qirqilsa shu qirraga normal tushayotgan nur bir xil tezlik bilan tarqaladi. Tabiiy nur optik o'q bo'ylab ketganda yorug'lik qutblanmaydi.

Qutblantiruvchi prizmalar. Tabiiy yorug'likdan qutblangan yorug'lik olish uchun shunday sharoit yaratish kerakki, bunda yorug'lik to'lqinining $\vec{E}$ vektori muayyan aniq bir yo'nalish bo'ylab tebranadigan bo'lsin. Bunday sharoitlar qutblovchi prizmalarda mujassamlangandir. Prizmalar ikki turga bo'linadi:

- 1) faqat yassi qutblangan nur olinadigan;
- 2) bir-biriga perpendikulyar tekkisliklarda qutblangan ikkita nur beradigan prizmalar.

Eng avvalo Bryuster qonunidan foydalanib ko'p qavatli kristallardan foydalanib qutblagich qurish mumkinligini ta'kidlash kerak. Qutblovchi prizmalar to'la ichki qaytish hodisasiga asoslanib ishlaydi. Bunday prizmalarning tipik misoli Nikol prizmasidir. Nikol prizmasi ikki island shpatidan qilingan AB chiziq bo'ylab Kanada balzami ($n=1.55$) kleyi bilan birlashtirilgan qurilmadir. Tabiiy nur kristall ichida oddiy ($n_0=1.66$) va g'ayri oddiy ($n_c=1.51$) nurlarga bo'linadi. Oddiy nur Kanada balzamidani to'la qaytadi va qoraytirilgan SB sirtida yutiladi. Kristalldan g'ayri oddiy nur chiqadi.

Anizotrop muhitlarda nur ikkiga bo'linishidan tashqari turlicha yutiladi. Dixroizm deb ataluvchi bu hodisa tufayli ikki nurdan biri to'la yutiladi. Masalan, turmalin kristallida oddiy nurning yutilish koeffitsiyenti g'ayri oddiynikidan bir necha marta katta. Qalinligi 1 mm bo'lgan turmalin plastinkasida oddiy nur yutilib, faqat g'ayrioddiy nur chiqadi. Bu esa dixroizimli kristallardan qutblagich sifatida foydalanish imkoniyatini beradi. Qutblagich sifatida polyaroidlar keng qo'llaniladi. Polyaroid yupqa selluloid plyonkasidan iborat bo'lib, unga gerapatit ingichka kristallari kiritilgan bo'ladi. Gerapatitning 0,1 mm qalinlikdagi plastinkasi oddiy nurni to'la yutadi.

Agar bir turmalin plastinkasi orqasiga ikkinchi turmalin plastinkasi joylashtirilsa, birinchisi qutblagich, ikkinchisi tahlilchi deyiladi. Ikkinchi

kristallga tushuvchi yorug'lik intensivligini I_0 chiquvchi yorug'lik intensivligini I deb belgilasak,

$$I = I_0 \cos^2 \alpha$$

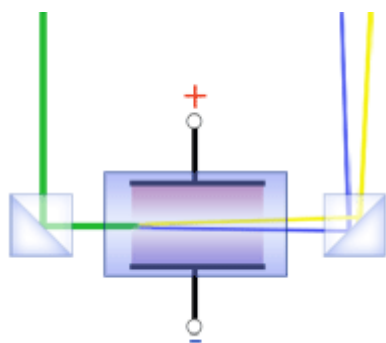
tabiiy yorug'lik intensivligi I_1 bo'lsa, $I_0 = I_1/2$ dir. - kristallarning optik o'qlari orasidagi burchak Malyus qonunini ifodalaydi.

4. Kerr effekti. Bu hodisa shishada va kristallarda kuzatiladi. Sanoatda jismlarning ichida ichki deformatsiyalar borligi tekshirilishi mumkin.

Elektr maydoni yordamida suyuqliklarda anizotropik xossasini hosil qilish qurilmasi berilgan. **Bu hodisa Kerr effekti deyiladi.** Elektr maydon yo'qligida sistemadan yorug'lik o'tmaydi. Elektr maydon qo'yilganda suyuqlik nurni ikkilantirib sindiradi. Maydon kuchlanganligi ortishi bilan modda anizotropik darajasi va demak yorug'lik intensivligi ortadi. Bunda

$$n_0 - n_e = k_2 E^2$$

Kerr effekti suyuqlik molekularining elektr maydonida turli yo'nalishlarda turlicha qutblanishiga asoslangan. Bu hodisa deyarli inertsiasizdir. Maydon qo'yilishi bilan 10^{-10} s dan keyinroq effekt kuzatiladi.



Shuning uchun bu hodisa yorug'lik oqimi intensivligini boshqarishda keng qo'llaniladi. Bu hodisa amorf jismlar, suyuqliklar, gazlarda kuzatiladi.

Elektr maydoniga joylashtirilgan kristallning sindirish ko'rsatkichi o'zgaradi. Bu hodisadan foydalanib yorug'likning elektrooptik modulyatorini yasash mumkin. Bunda maydonni ko'ndalang yoki bo'ylama qo'yish mumkin. **Bunday qurilmalar Pokels yacheykasi deyiladi va u lazerlarda optik to'sqich rolini bajaradi.**

Magnit maydoniga joylashtirilgan suyuqlik, shishalar, kolloidlar uchun

$$n_0 - n_e = k_3 H^2$$

bo'ladi. Bu hollarda tashqi ta'sir natijasida modda zarralarining (elektr) qutblanish darajasi o'zgaradi va uning optik xususiyatlariga ta'sir qiladi.

5. Qutblanish tekisligining aylanishi. Qutblagich asboblardan moddani o'rganishda foydalanish.

Qutblanish tekisligining aylanishi. Aylanish burchagi φ nurning kristall ichida bosib o'tgan l yo'liga proporsional:

$$\varphi = \alpha l$$

α – koeffisienti aylanish doimiysi deb ataladi. Eritmalarda qutblanish tekisligining aylanish burchagi nurning eritmadagi l yo'liga va aktiv moddaning c konsentrasiyasiga proporsionaldir:

$$\varphi = [\alpha]cl$$

bunda $[\alpha]$ – solishtirma aylanish doimiysi deb ataladigan kattalik.

Qutblanish tekisligi aylanishining yo'nalishiga qarab, optikaviy aktiv moddalar o'ngga va chapga aylantiruvchi moddalarga bo'linadi.

Qutblagich asboblardan moddani o'rganishda foydalanish. O'zaro perpendikulyar polyarizatorlar orasiga optikaviy aktiv modda joylashtirilsa, ko'tish sohasi yorishadi. Qaytadan qorong'ilik hosil qilish uchun ikkinchi polyarizatorni ϕ burchakka burish kerak bo'ladi. Berilgan moddaning solishtirma aylanish doimiysi $[a]$ va l uzunlik ma'lum bo'lsa, ϕ burilish burchagini o'lchab, eritmaning c konsentrasiyasini aniqlash mumkin. Konsentrasiyani aniqlashning bunday usuli turli moddalarni ishlab chiqarishda, jumladan, qand ishlab chiqarishda keng qo'llanadi, bunga tegishli asbob *saxarimetr* deb ataladi.

Poliyarizatorni qorong'ilikka to'g'rilashni yetarlicha aniqlikda amalga oshirib bo'lmaydi. Shu sababli oddiy polyarizator o'rniga *yarim soya qurilmalar* ishlatiladi.

Mavzuni mustahkamlash uchun savollar

1. Qaytgan va singan nurlar qanday qutblangan bo'ladi?
2. Bryuster qonunini tushuntiring.
3. Sun'iy optik anizotropiya nima?
4. Yorug'likning qaytishda, sinishda qutblanishini tushuntiring.
5. Qutblanuvchi prizma nima?
6. Malyuss qonunini tushuntiring.
7. Kerr effekti deb nimaga aytiladi?
8. Aylanish doimiysi nimaga teng?
9. Saxarimetr asbobi qaysi vaqtlarda foydalaniladi.
10. Yarim soyali qurilmasi qaysi vaqtda foydalaniladi.

Uyga vazifa

Faza va guruppa tezlik. Qutblanish tekisligining aylanishining bazasini to'ldirish.

14 - MA'RUZA. YORUG'LIKNING DISPERSIYASI.

Reja:

1. Anomal va normal dispersiya.
2. Yorug'likning dispersiyasi.
3. Yorug'likning moddada tarqalishi.
4. Dispersiyaning elementar nazariyasi.

Tayanch iboralar: anomal dispersiya, normal dispersiya, yorug'likning dispersiyasi, dispersiyaning elementar nazariyasi.

Ko'rgazmali qurollar: animatsion dasturi.

O'tilgan mavzuni takrorlash

1. Qutblanuvchi prizma nima?
2. Malyuss qonunini tushuntiring.
3. Kerr efekti deb nimaga aytiladi?
4. Aylanish doimiysi nimaga teng?
5. Saxarimetr asbobi qaysi vaqtlarda foydalaniladi.
6. Yarim soyali qurilmasi qaysi vaqtda foydalaniladi.

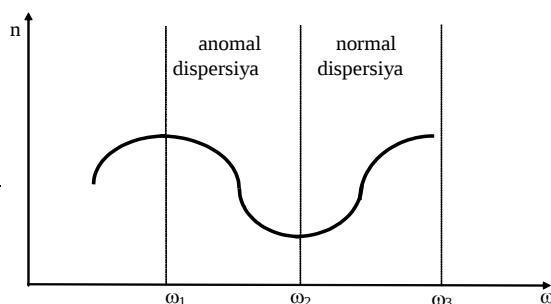
Mavzuning borishi

1. Anomal va normal dispersiya. Chastota ortishi bilan moddaning sindirish ko'rsatkichi ham ortsa, ya'ni, bu moddadagi yorug'likning dispersiyasi normal dispersiya deyiladi.

Agar chastota ortishi bilan moddaning sindirish ko'rsatkichi kamaysa, u holda

$\frac{\Delta n}{\Delta \omega} < 0$ va bunday dispersiya anomal

dispersiya deyiladi. Ba'zi moddalarda ham normal, ham anomal dispersiyalar kuzatiladi.



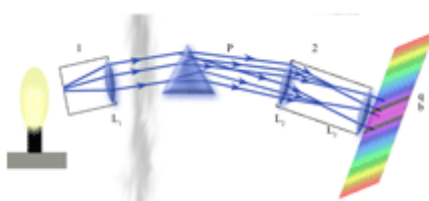
2. Yorug'likning dispersiyasi. Moddalar sindirish ko'rsatkichining yorug'lik to'lqin (chastotasiga) bog'liqligi dispersiya deb ataladi.

$$n=f(\lambda_0)$$

funksiya bilan xarakterlash mumkin. Bu yerda λ_0 – yorug'likning vakuumdagi to'lqin uzunligi. N'yuton 1972-yilda yorug'likning shisha prizmada sinishidan foydalanib, birinchi bo'lib, yorug'lik dispersiyasini eksperimental tekshirdi.

3. Yorug'likning moddada tarqalishi.

Vakuumba istalgan to'lqin uzunlikli elektromagnit to'lqinlarning tarqalish tezligi bir xil $c=3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, moddalarda esa to'lqin uzunligiga bog'liq bo'ladi. Shuning uchun ham



oq yorug'lik tarkibiga kiradigan turli ranglarga mos keluvchi to'lqinlar uchun muhitning sindirish ko'rsatgichi ham farq qiladi. Natijada prizmadan o'tish paytida turli ranglar turlicha sindirish ko'rsatkichiga uchraydi, turlicha sinadi va bir – biridan ajraladi.

4. Dispersiyaning elektron nazariyasi. Yorug'likni elektromagnit to'lqin, modda tuzilishini esa elektron nazariya asosida tasavvur qilish yetarli. Elektron nazariyaga asosan jism elektronlar va ionlardan tashkil topgan. Ular yorug'lik ta'sirida tebranma harakatga keladi. Yorug'lik to'lqinlarning tebranishlari 1015 Gs chastotalarda sodir bo'ladi. Elektromagnit maydonning bunchalik tez o'zgarishini massalari yetarlicha kichik bo'lgan elektronlarga sezishga ulguradi. Shuning uchun yorug'lik to'lqinining jismga ta'sirini hisoblashda yorug'likning elektronga ta'sirini hisoblash bilan chegaralanilsa bo'ladi.

Elektromagnit to'lqin jismdan o'tayotganda-e zaryadli har bir elektronga elektr kuch ($\vec{F}_e = -e\vec{E}$) va Lorens kuchi $\vec{F} \approx -e\left[\vec{g}\vec{B}\right]$ ta'sir qiladi:

$$\vec{F} = \vec{F}_e + F = -(e\vec{E} + e[\vec{g}\vec{B}])$$

$$\vec{F}_e = -e\vec{E} = -e\vec{E}_0 \cos \omega t$$

E_0 ning amplituda qiymati, ω - to'lqinning siklik chastotasi. Birinchi yaqinlashishda kuch faqat eng tashqi elektronlarni siljitadi deb hisoblash mumkin. Lekin bu elektron bilan atomning qolgan qismi orasida kvazielastik kuch mavjudki, u elektronni avvalgi vaziyatiga qaytarishga harakat qiladi. Bu kuch siljishga proporsionaldir:

$$\vec{F}_e = -k\vec{x}$$

U holda elektron harakati uchun Nyuton 2-qonunini quyidagicha yozsa bo'ladi:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = -kx - eE_0$$

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = -kx - eE_0 \cos \omega t$$

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = -\frac{k}{m}x - \frac{e}{m}E_0 \cos \omega t$$

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = -\omega_0^2 x - \frac{e}{m}E_0 \cos \omega t, \quad \omega_0^2 = \frac{k}{m}$$

Bu tenglamaning yechimini

$$x = x_0 \cos \omega t$$

$$\dot{x} = -x_0 \sin \omega t \cdot \omega, \quad \ddot{x} = -\omega^2 x_0 \cos \omega t,$$

$$-\omega^2 x_0 \cos \omega t = -\omega^2 x_0 \cos \omega t - \frac{e}{m} E_0 \cos \omega t, \quad x_0 (\omega^2 - \omega_0^2) = \frac{e}{m} E_0,$$

va nihoyat,

$$x_0 = \frac{\frac{e}{m} E_0}{\omega^2 - \omega_0^2} = -\frac{\frac{e}{m} E}{\omega_0^2 - \omega^2}$$

ni hosil qilamiz.

Ikkinchidan, elektromagnit to'lqin ta'sirida elektronni siljishi tufayli hosil bo'lgan bunday sistemani elektr dipoli deb qarash mumkin. Bu dipolning yelkasi siljishga teng. Agar x_0 maksimal siljish bo'lsa, dipol momenti $P = -ex_0$ ga teng.

Moddaning birlik hajmidagi atomlar sonini N deb belgilasak, qutblanish vektori P ning qiymati

$$P = NP_y = \frac{N \frac{e^2}{m} E_0}{\omega_0^2 - \omega^2}$$

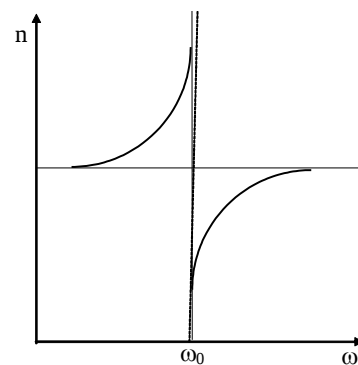
Kuchlanganligi E_0 bo'lgan maydondagi modda uchun ϵ dielektrik singdiruvchanligi bilan quyidagicha bog'langan:

$$P = (\epsilon - 1) \epsilon_0 E_0,$$

U holda

$$\frac{N \frac{e^2}{m} E_0}{\omega_0^2 - \omega^2} = (\epsilon - 1) \epsilon_0 E_0,$$

$$\epsilon = 1 + \frac{N \frac{e^2}{m} E_0}{\epsilon_0 (\omega_0^2 - \omega^2)}$$



kelib chiqadi.

Maksvell nazariyasiga binoan dielektrik singdiruvchanligi, magnit singdiruvchanligi bo'lgan muhitda elektromagnit to'lqinning tarqalish tezligi

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon \mu}}$$

$$\text{Moddaning sindirish ko'rsatgichi esa } n = \frac{c}{v} = \sqrt{\epsilon \mu},$$

$$m = 1, \quad n = \sqrt{\varepsilon}.$$

Demak,

$$n = \sqrt{1 + \frac{N}{\varepsilon_0} \frac{\frac{e^2}{m}}{\omega_0^2 - \omega^2}}$$

Mavzuni mustahkamlash uchun savollar

1. Normal dispersiya deb nimaga aytiladi?
2. Yorug'lik dispersiyasi deb nimaga aytiladi?
3. Yorug'lik dispersiyasini birinchi marta kim va nechanchi yilda eksperiment qilgan?
4. Dispersiya elektron nazariyasini tushuntirib bering.

Uyga vazifa

Anamal dispersiya.

15 - MA'RUZA. YORUG'LIKNING YUTILISHI.

Reja:

1. Yorug'lik yutilishi. Buger qonuni va uning qo'llanishi.
2. Vavilov - Cherenkov nurlanishi.
3. Doppler effekti

Tayanch iboralar: Buger qonuni, yorug'lik yutilishi, Vavilov – Cherenkov nurlanishi, Doppler effekti.

Ko'rgazmali qurollar: animatsion dasturi.

O'tilgan mavzuni takrorlash

1. Normal dispersiya deb nimaga aytiladi?
2. Yorug'lik dispersiyasi deb nimaga aytiladi?
3. Yorug'lik dispersiyasini birinchi marta kim va nechanchi yilda eksperiment qilgan?
4. Dispersiya elektron nazariyasini tushuntirib bering.

Mavzuning borishi

1. Yorug'lik yutilishi. Buger qonuni va uning qo'llanishi.

Yorug'lik yutilishi. Yorug'lik yutilish (absorbsiya) deb moddadan o'tishda yorug'lik energiyasining yo'qotishiga aytiladi. Bunga sabab – yorug'lik energiyasining moddaning ichki energiyasiga aylanishi. Yutilish natijasida o'tayotgan yorug'likning intensivligi kamayadi.

Buger qonuni va uning qo'llanishi. Moddadan o'tuvchi yorug'lik intensivligi

$$I = I_0 e^{-cd}$$

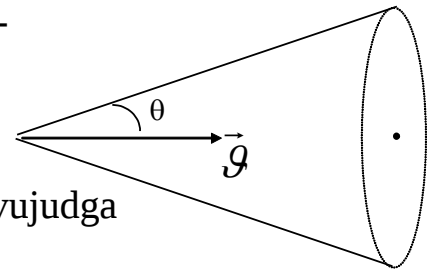
I_0 - tushuvchi yorug'lik intensivligi, d - qalinlik,
 $d = 1/c$ bo'lsa, $I = I_0/e$.

Jismdan o'tayotgan yorug'lik intensivligini e marta kamaytiradigan qatlamning qalinligiga teskari bo'lgan kattalik yutilish koeffitsiyentidir:

$$c = 1/d$$

Yutilish koeffitsienti modda xarakteristikasi bo'lib, u to'lqin uzunligi, temperatura kabi faktorlarga bog'liq.

1. Vavilov – Cherenkov. Gamma nurlar suyuqlik orqali o'tganda havorang tusdagi kuchsizgina nurlanish kuzatiladi (Cherenkov). Gamma nurlar suyuqlik atomlaridan urib chiqaradigan tez harakatlanuvchi elektronlar bu nurlanishni vujudga keltirishi aniqlandi.



Lekin bu tormozlanish natijasida emas.

Vavilov-Cherenkov nurlanishi ro'y berganda elektron tezligi yorug'likning shu muhitdagi tezligidan katta ekanligi ma'lum bo'ldi:

$$U = c/n, \quad n > 1, \quad u < c.$$

Agar $c > J > c/n$ shart bajarilsa, Vavilov- Cherenkov effekti kuzatilishi mumkin.

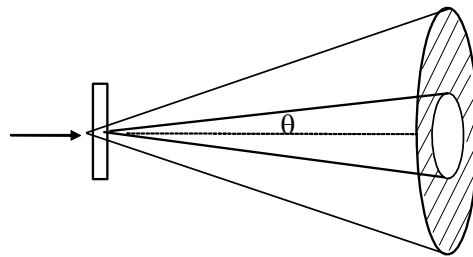
Masalan: Suvga joylashtirilgan So^{60} izotopidan tarqalayotgan yuqori energiyali - zarralarning tezligi 0,8 S ga teng. Suvda yorug'likning tarqalish tezligi esa 0,75 S. Shuning uchun suvda Vavilov - Cherenkov effekti o'qi elektronning harakat yo'nalishi bilan mos tushgan konusning yasovchilari bo'ylab kuzatiladi. Nurlanish burchagi :

$$\cos q = c/n J$$

Ma'nosi. Zaryadli zarracha o'tgach, kuchsiz bog'langan elektronlar siljib, dipol avvalgi holatiga qaytganda elektromagnit to'lqin nurlantiradi. Bu to'lqin kogerent bo'lib interferensiyalanadi va yuqoridagi munosabat aniqlaydigan yo'nalishdan boshqa yo'nalishlarda nurlanish so'nadi.

3. Doppler effekti. Doppler effekti deb manba yoki kuzatuvchining bir-biriga nisbatan harakati natijasida kuzatuvchi qabul qilayotgan signal chastotasining o'zgarishiga aytiladi. Agar nurlanish chastotasi 0, kuzatuvchi qabul qilayotgan signal chastotasi bo'lsa, nisbiylik nazariyasi Doppler effekti uchun

$$n = n_0 \frac{\sqrt{1 - \frac{g^2}{c^2}}}{1 + \frac{g}{c}}$$



ifodani beradi. Bu yerda kuzatuvchiga nisbatan manba tezligi, θ - kuzatish yo'nalishi va tezlik orasidagi burchak. Tezlik kuzatuvchi va manba bir-biridan uzoqlashsa musbat, yaqinlashsa manfiy olinadi.

Bu kuzatuvchi manba tomonga ularni birlashtiruvchi to'g'ri chiziq yo'nalishida harakatlanganda kuzatiladigan Dopplerning bo'ylama effektidir. $J \ll c$ holida.

$$n = n_0 \left(1 - \frac{g}{c} \right)$$

Demak, manba va kuzatuvchi bir-biridan uzoqlashganda (nisbiy tezlik musbat) uzun to'lqinlar sohasiga siljish ro'y beradi ($n < n_0$, $l > l_0$). Bu qizil siljish deb ataladi. Manba va kuzatuvchi bir-biriga yaqinlashganda (nisbiy tezlik manfiy) qisqa to'lqinlar sohasiga siljish ro'y beradi ($n > n_0$, $l < l_0$) - binafshaviy siljish.

Agar $q = p/2$ bo'lsa

$$n = n_0 \sqrt{1 - \frac{g^2}{c^2}}$$

Bu kuzatuvchi uni manba bilan birlashtiruvchi chiziqqa perpendikulyar yo'nalishda xarakatlanayotganda ro'y beruvchi Dopplerning ko'ndalang effektidir. Ko'ndalang Doppler effekti J^2 ga bog'liq; kichkina J larda bo'ylama effektga ($\sim J$) nisbatan ikkinchi darajali effektdir. Shuning uchun bu effektni kuzatish juda qiyin; bu effekt akustikada kuzatilmaganligi, ya'ni relyativistik effekt bo'lganligi uchun prinsipial ahamiyatga ega. Bu effekt eksperimental ravishda 1938-yili amerikalik fizik G.Ayvs tomonidan kuzatildi.

Bo'ylama Doppler effekti laboratoriya sharoitida A.Belopolskiy tomonidan kuzatildi. Bu effekt yordamida chastotalarning siljishi, kengayishiga qarab nurlanuvchi zarralar va jismlarning harakati o'rganiladi. Doppler effekti radiotexnika va radiolokatsiyada keng ishlatiladi.

Mavzuni mustahkamlash uchun savollar

1. Buger qonuni formulasi qanday?
2. Yorug'likning yutilishi (absorbsiya) deb nimaga aytiladi?
3. Yorug'lik yutilishi nima?

4. Yutilish ko'effitsiyenti deb nimaga aytiladi?
5. Vavilov-Cherenkov hodisalarini gapirib bering.
6. Doppler hodisalarini gapirib bering.
7. Yutulish ko'effitsiyenti nimalarga bog'liq?

Uyga vazifa

Nurlanish va yutulish speklari.

16- MA'RUZA. ISSIQLIK NURLANISHI.

Reja:

1. Mutloq qora jism.
2. Kirxgoff qonuni.
3. Stefan-Bol'tsman va Vin qonunlari.
4. Reley-Jins va Plank formulasi.
5. Issiqlikni o'lchovchi optik asboblari va ularning qo'llanilishi.

Tayanch iboralar: mutloq qora jism, Kirxgoff qonuni, Stefan – Bol'tsman va Vin qonunlari, issiqlikni o'lchovchi asboblari qo'llash.

Ko'rgazmali qurollar: slaydlar, animatsion dastur.

O'tilgan mavzuni takrorlash

1. Buger qonuni formulasi qanday?
2. Yorug'likning yutilishi (absorbsiya) deb nimaga aytiladi?
3. Yorug'lik yutilishi nima?
4. Yutilish ko'effitsiyenti deb nimaga aytiladi?
5. Vavilov-Cherenkov hodisalarini gapirib bering.
6. Doppler hodisalarini gapirib bering.
7. Yutulish ko'effitsiyenti nimalarga bog'liq?

Mavzuning borishi

1. Mutloq qora jism. Avval ta'kidlaganimizdek, elektromagnit nurlanishiga elektr zaryadlarining, xususan moddaning atomlari va molekulalari tarkibiga kiruvchi zaryadlarning tebranishi sabab bo'ladi. Masalan, molekulalar va atomlarning tebranma va aylanma harakati infraqizil nurlanishni, atomda elektronlarning muayyan ko'chishlari ko'rinadigan va infraqizil nurlanishni, erkin elektronlarning tormozlanishi esa rentgen nurlanishini vujudga keltiradi.

Tabiatda elektromagnit nurlanishning eng katta tarqalgan turi issiqlik nurlanishi bo'lib, u moddaning atomlari va molekulalarining issiqlik harakati energiyasi hisobiga bo'lib, nurlanayotgan jismning sovushiga olib keladi. Issiqlik nurlanishida energiya taqsimoti temperaturaga

bog'liq: past temperaturada issiqlik nurlanishi asosan infraqizil nurlanishdan, yuqori temperaturalarda ko'rinadigan va ultrabinafsha nurlanishdan iborat.

Har qanday jism o'z nurlanishi bilan birga jismlar chiqarayotgan nur energiyasining bir qismini yutadi. Bu jarayon nur yutish deyiladi. Biror yuza orqali o'tayotgan F oqim deb vaqt birligi ichida shu yuzadan o'tayotgan nurlanish energiyasi tushuniladi.

$$F = dW/dt.$$

Shu sababdan issiqlik nurlanishini muvozanatli nurlanish deb yuritiladi. qobiq ichida 2 ta bir xil temperaturaladagi jism bo'lsin. Agar jismlardan biri ko'proq energiya yutayotgan bo'lsa, bu jismning temperaturasi ortib ketadi. Buning evaziga 2-jismning T si kamayib ketishi kerak. Lekin bu termodinamikaning 2 - qonuniga zid. Aytaylik 1 - jism oddiy, 2 - jism absolyut qora jism bo'lsin:

nur chiqarish: 1: e_T 2: E_T

nur yutish: a_T 1

1-jism 2- jism nurlantirgan energiyaning a_T qismini, ya'ni $a_T E_T$ energiyani yutadi. Demak, 1 - jism uchun $e_T = a_T E_T$. 2-jism 1-jism chiqargan e_T energiyani va bu jism qaytargan $(1 - a_T) E_T$ energiyani yutadi, ya'ni 2-jism uchun

$$E_T = e_T + (1 - a_T) E_T$$

Bulardan

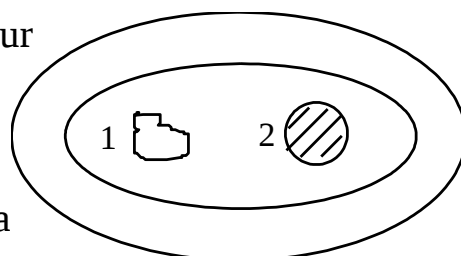
$$e_T / a_T = E_T / 1 = E_T.$$

2. Kirxgoff qonuni. Bu Kirxgofning integral qonunidir: har qanday jismning muayyan temperaturaladagi to'la nur chiqarish va nur yutish qobiliyatining nisbati o'zgarmas kattalik bo'lib, u ayni temperaturaladagi absolyut qora jismning to'la nur chiqarish qobiliyatiga teng.

Agar ikkala jism oraliq'iga dan $+d$ gacha to'lqin uzunlikdagi nurlanishni o'tkazib, qolganlarini qaytaradigan filtr joylashtirsak Kirxgofning differentsial qonunini olamiz

$$e_{lT} / a_{lT} = E_{lT}.$$

Ixtiyoriy jismning nur chiqarish va nur yutish qobiliyatining nisbati bu jismning tabiatiga bog'liq bo'lmay, barcha jismlar uchun to'lqin uzunlik va temperaturaning universal funksiyasidir va u absolyut qora jismning nur chiqarish qobiliyati E ga tengdir.



Issiqlik nurlanish nazariyasining eng asosiy vazifasi absolyut qora jism uchun $e = e(l, T)$ ning ko'rinishini topishdir.

3. Stefan-Bol'tsman va Vin qonunlari. Absolyut qora jismning to'la nur chiqarish qobiliyati temperaturaning 4 darajasiga proporsionaldir (Stefan-Bolt'sman)

$$E_T = sT^4,$$

$$s = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ BT/M}^2\text{K}^4.$$

Bu formulani Stefan tajriba natijalarini tahlil qilish natijasida topdi, lekin xato qilib ixtiyoriy jism uchun o'rinli deb hisobladi. Bol'tsman bu qonunni termodinamik metod asosida topdi va absolyut qora jism uchun o'rinli ekanligini ko'rsatdi. Ba'zi ishlarda bu qonunni ixtiyoriy jism uchun o'rinli ko'rinishini topishga harakatlar bo'ldi: $E_T = BT^n$, lekin V ham p ham turli xil temperaturalar uchun turlicha bo'lib chiqaverdi. Uzunligiga bog'liqligi (spektral taqsimot) turli T lar uchun keltirilgan.

1. Unda absolyut qora jism nurlanish spektri uzluksizligi,

2. Har bir temperaturaga oid bo'lgan nurlanishning energetik taqsimotini ifodalovchi egri chiziqda aniq maksimum bo'lib, u temperatura oshgan sari qisqa to'lqin sohasiga siljishi ko'rinib turibdi.

Vinning siljish qonuni: absolyut qora jism nur chiqarish qobiliyatining maksimumiga mos keluvchi m to'lqin uzunligining temperaturaqa ko'paytmasi o'zgarmas kattalikdir:

$$\lambda_m T = b.$$

4. Reley-Jins va Plank formulasi. Reley-Jins absolyut qora jism nurlanish energiyasi uchun quyidagi tenglamani berdi. Bu tenglama klassik fizikaning termodinamika qonunlariga asoslangan bo'lib, u quyidagi ko'rinishga ega:

$$f(\omega, T) = \frac{\omega^2}{4\pi^2 c^2} kT$$

Reley – Jins formulasi asosida mutloq qora jismning nur chiqorish energetik funksiyasi tajribada olingan Stefan-Bol'tsman va Vin qonunlari bilan solishtirganda bu qonuniyatlar chastotaning kichik qiymatlarida o'zaro mos tushib, chastotaning katta qiymatlarida esa tajribada olingan natijalar chekli qiymatga ega. Holbuki, Reley-Jins formulasi asosida olingan natija uchun nurlanish funksiyasi cheksizlikka intiladi. Bu hodisa ko'rsatadikim, mutloq qora jismning nur chiqara olish qobiliyati klassik fizika qonunlariga bo'ysunmaydi.

Mutloq qora jismning nurlanish qobiliyatini xarakterlash uchun 1905-yilda nemis olimi M.Plank yorug'likning kvant nazariyasini beradi va bu nazariya asosida mutloq qora jismning nur chiqara olish funksiyasini aniqlab beradi.

Plank formulasiga ko'ra, bu funksiya quyidagicha aniqlanadi.

$$f(\omega, T) = \frac{h \omega^3}{4 \pi^2} \frac{1}{e^{h \omega / kT} - 1}$$

$$R_{\text{э}}^* = \frac{h}{4\pi^2 c^2} \left(\frac{kT}{h} \right)^4 \int_0^\infty \frac{x^3 dx}{e^x - 1}$$

Keyingi ifodadagi aniq integralni hisoblab chiqarish mumkin. U $\pi^4/15 \approx 6,5$ ga teng. Uning qiymatini o'z o'rniga qo'yib, Stefan-Bol'tsman qonunini hosil qilamiz:

$$R_{\text{э}}^* = \frac{\pi^2 k^4}{60 c^2 h^3} T^4 = \sigma T^4$$

$$T \lambda_m = \frac{2\pi hc}{4,965k} = b$$

h , c va k larning son qiymatlarini qo'yish b uchun eksperimental qiymat bilan mos tushuvchi $2,90 \cdot 10^3 \text{ mk} \cdot \text{grad}$ ni beradi.

Shunday qilib, Plank formulasi muvozanatli issiqlik nurlanishining tugallangan ifodasini beradi.

5. Issiqlikni o'lchovchi optik asboblari va ularning qo'llanilishi.
Issiqlik nurlanish qonunlariga asoslanib yuqori temperaturalarni o'lchash usullari optik pirometriya deyiladi.

Radiatsion piometr. Stefan – Bol'tsman qonuniga asoslanib absolyut

qora jismning temperaturasi $\left(E_{\text{т}} = \sigma T^4 \quad T = \sqrt[4]{\frac{E_{\text{т}}}{\sigma}} \right)$ topsa bo'ladi. Lekin

jismlar odatda absolyut qora bo'lmaydi. Agar bu ifodadagi $E_{\text{т}}$ o'rniga absolyut qora bo'lmagan ixtiyoriy jismning $e_{\text{т}}$ si qo'yilsa, jismning haqiqiy temperaturasi emas, radiatsion temperaturasi aniqlangan bo'ladi. Demak, radiatsion temperatura deganda to'la nur chiqarish qobiliyati absolyut qora bo'lmagan jismning $e_{\text{т}}$ siga teng bo'lganda absolyut qora jism erishishi kerak bo'lgan temperatura topiladi.

$$T_{\text{pad}} = \sqrt[4]{\frac{e_{\text{т}}}{\sigma}} \quad \frac{T}{T_{\text{pad}}} = \sqrt[4]{\frac{E_4}{e_4}} = \frac{1}{\sqrt[4]{a_T}} \quad T = \frac{T_{\text{pad}}}{\sqrt[4]{a_T}}$$

$$T_{\text{rad}} = \sqrt[4]{\frac{e_{\text{т}}}{\sigma}} \quad \frac{T}{T_{\text{rad}}} = \sqrt[4]{\frac{E_4}{e_4}} = \frac{1}{\sqrt[4]{a_T}} \quad T = \frac{T_{\text{rad}}}{\sqrt[4]{a_T}}$$

Mavzuni mustahkamlash uchun savollar

1. Issiqlik nurlanishi to'g'risida so'zlab bering.
2. Energetik yorqinlik nima?
3. Absolyut qora jism nurlanishni gapirib bering.
4. Kirxgof qonunini aytib bering.
5. Stefan – Bol'tsman qonunini aytib bering.

6. Vin qonunini aytib bering.
7. Reley – Jins formulasini keltirib chiqaring.

Uyga vazifa

Reley – Jins formulasini internet saytlardan bazasini to'ldirish.

17 - MA'RUZA. KVANT NAZARIYA.

Reja:

1. Issiqlik nurlanishning kvant naziriyasi.
2. Kvant parametrlari.
3. Issiqlikdan nurlanish yutilish qobiliyati
4. Issiqlik nurlarining oqimi

Tayanch iboralar: kvant nazariyasi, yutilish qobiliyati, nurlanish oqimi, plank doimiysi.

Ko'rgazmali qurollar: animatsion dasturlar.

O'tilgan mavzuni takrorlash

1. Issiqlik nurlanishi to'g'risida so'zlab bering.
2. Energetik yorqinlik nima?
3. Absolyut qora jism nurlanishni gapirib bering.
4. Kirxgof qonunini aytib bering.
5. Stefan – Bol'tsman qonunini aytib bering.
6. Vin qonunini aytib bering.
7. Reley – Jins formulasini keltirib chiqaring.

Mavzuning borishi

1. Issiqlik nurlanishning kvant naziriyasi. Yorug'likning tabiati haqidagi masala fiziklar oldida turgan eng katta muammolardan biri edi. Bu muammo, ayniqsa, issiqlikda nurlanishni o'rganish jarayonida yaqqol namoyon bo'ldi. Uni yechish yo'lida dadil g'oyani ilgari surgan nemis fizigi M.Plank 1900 – yilda “energiya faqat kichkina portsiyalar, ya'ni kvantlar ko'rinishida chiqariladi va yutiladi”, degan fikrni bildirdi. 1905-yilda A.Eynshteyn fotoeffekt hodisasi uchun o'z formulasini yozib, Plank gipotezasini yanada rivojlantirdi.

Yorug'likning har ikkala tabiatini ham tasdiqlovchi hoddisalarning mavjudligi, u har ikkala xususiyatga ham ega emasmi, degan fikrning tug'ilishiga sabab bo'ldi. Bu – yorug'likning korpuskular to'lqin dualizimining paydo bo'lishiga olib keladi.

2. Kvant parametrlari. Plank gipotezasi yorug'lik kvanti haqidagi tuhsunchaning paydo bo'lishiga olib keladi va u **foton** deb nom oldi. Foton quyidagi xarakteristikalariga ega.

Fotonning energiyasi: $E = h\nu = \frac{hs}{\lambda}$

massasi $m = \frac{E}{c^2} = \frac{h\nu}{c^2} = \frac{h}{c\lambda}$,

impulsi $p = mc = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$

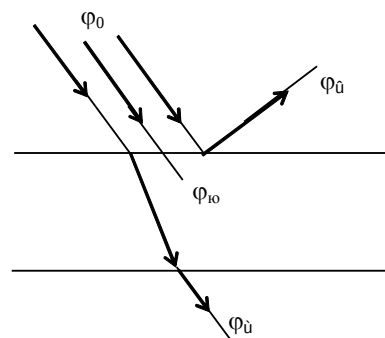
Yuqoridagi ifodalarda $\nu = \frac{c}{\lambda}$ ekanligi e'tiborga olingan. $c = 3 \cdot 10^8$ m/s – yorug'likning bo'shliqdagi tezligi.

Foton yorug'lik tezligiga teng bo'lgan tezlik bilan harakatlanadi. Uni sekinlashtirib ham, tezlatib ham bo'lmaydi. Shuning uchun fotonning tinchlikdagi massasi to'g'risida gapirish ma'noga ega emas.

3. Issiqlikdan nurlanish yutilish qobiliyati. Nur yutish qobiliyati hamma to'lqin uzunliklar uchun bir xil va birdan kichik bo'lqan jism kulrang jism deb ataladi.

$$a_{l,T} = a_T = \text{ConSt} < 1.$$

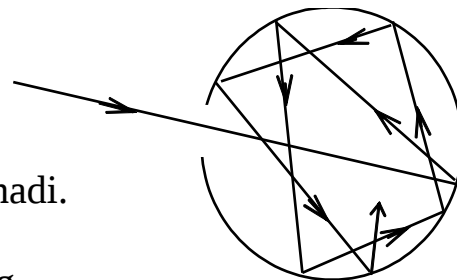
Odatda o'zining xususiyatlari bilan absolyut qora jismdan kam farq qiladigan Maykelson taklif etgan modeldan foydalaniladi. **Bu modelda nur qaytarish va nur yutish qobiliyatlari tashqari T temperaturadagi jismning birlik sirtidan birlik vaqtda nurlanayotgan elektromagnit to'lqinlarning energiyasini ifodalaydigan kattalik - T temperaturadagi jismning nur chiqarish qobiliyati yoki energetik yorqinligi (et orqali belgilanadi va Vt/m^2 (J/m^2s) bilan o'lchanadi) degan tushuncha kiritiladi.** Bundan tashqari l to'lqin uzunlikli, T temperaturadagi jism nur chiqarish qobiliyati e_{lr} dan foydalaniladi. Absolyut qora jism nur chiqarish qobiliyati E_{lr} bilan belgilanadi.



Issiqlik nurlanishi boshqa turdagi nurlanishlardan bir xususiyati bilan farq qiladi.

T temperaturadagi jism issiqlik o'tkazmaydigan qobiq bilan o'ralgan deb faraz qilaylik. Jism chiqargan nurlanish qobiqqa tushib undan bir yoki bir necha marta qaytadi va yana jisimga tushadi. Jism bu nurlanishni qisman yoki to'la yutadi.

Qisman yutsa, qolgan qismini qaytaradi. Shuning uchun jism vaqt birligi ichida qancha energiya chiqarsa, shuncha energiya yutadi va jismning temperaturasi o'zgarmaydi. Bu holatni muvozanatli holat deyiladi.



4. Issiklik nurlarining oqimi. Nurlanish oqimi F biror plastinkaga tushayotgan bo'lsin. Bu oqim qisman qaytadi (F_q) qisman jismda yutiladi (F_{yu}), qolgani jismdan o'tadi (F_o), ya'ni

$$F_q + F_{yu} + F_o = F$$

$F_q/F = r$ - jismning nur qaytarish qobiliyati;

$F_{yu}/F = a$ - jismning nur yutish qobiliyati;

$F_o/F = D$ - jismning nur o'tkazish qobiliyati;

$$r + a + D = 1$$

Nisbatan qalinroq bo'lgan jismlar uchun $D=0$ va

$$r + a = 1,$$

Tajribalarning ko'rsatishicha r va a , l va T larning funksiyasidir

$$r_{l,T} + a_{l,T} = 1$$

Umuman $r_{l,T}$ va $a_{l,T}$ larning qiymatlari 0 dan 1 gacha o'zgaradi.

1) $r_{l,T}=1$ $a_{l,T}=0$ nur to'la qaytariladi (absolyut oq jism);

2) $r_{l,T}=0$ $a_{l,T}=1$ nur to'la yutiladi (absolyut qora jism).

Tabiatda absolyut oq jism ham, absolyut qora jism ham bo'lmaydi. Har qanday jism tushayotgan nurlanishning bir qismini yutsa, qolgan qismini qaytaradi. Farqi shundaki, ba'zi jismlar ko'proq qismini yutib ozrog'ini qaytarsa, boshqa jismlar ko'prog'ini qaytarib ozrog'ini yutadi. Masalan, qorakuya uchun $l = 0,40, 0,75$ mkm sohada $a_{l,T}=0,99$.

Mavzuni mustahkamlash uchun savollar

1. Kvant fizikasi qanday muammolarni o'rgatadi?
2. Yorug'lik qanday xususiyatga ega bo'ladi?
3. Plank gipotezasini ta'riflab bering.
4. Plank doimiysi va uning fizik ma'nosini aytib bering.
5. Plank gipoteziyasiga muvofiq atomlarning nurlanish energiyasi qanday bo'ladi?

Uyga vazifa

Kompton effekti.

18- MA'RUZA. FOTOEFFEKT HODISASI.

Reja:

1. Fotoeffekt qonuniyatlari.
2. Tashqi fotoeffekt.
3. A.G.Stoletov tajribalari va qonunlari.
4. Eynshteyn tenglamasi.

Tayanch iboralar: fotoeffekt hodisasi, tashqi va ichki fotoeffekt, Eynshteyn tenglamasi, Stoletov tajribasi.

Ko'rgazmali qurollar: plakatlar, slaydlar, animatsion dasturlar.

O'tilgan mavzuni takrorlash.

1. Kvant fizikasi qanday muammolarni o'rgatadi?
2. Yorug'lik qanday xususiyatga ega bo'ladi?
3. Plank gipotezasini ta'riflab bering.
4. Plank doimiysi va uning fizik ma'nosini aytib bering.
5. Plank gipoteziasiga muvofiq atomlarning nurlanish energiyasi qanday bo'ladi?

Mavzuning borishi

1. Fotoeffekt qonuniyatlari. Fotoeffekt - yorug'lik ta'sirida jismdan elektron ajralib chiqishidir. Bu hodisani birinchi bo'lib, 1887-yilda G.Gerts kuzatgan va uni miqdoran A.Stoletov tekshirgan. 1898-yilda Lenard va Tomson fotoeffekt natijasida katoddan ajralib chiquvchi zarra elektron ekanligini zarralarning magnit maydonida oqishiga asoslanib aniqladi. Fotoeffekt hodisasini o'rganish uchun havosi so'rib olingan shisha idish, uning ichidagi katod va anod plastinkalari olinadi.

O'tkazilgan tajribalar natijasida rasmdagi volt – amper xarakteristikasi olingan.

Fotoeffektning 4 ta asosiy qonuni bor:

1. Muayyan fotokatodga tushayotgan yorug'likning spektral tarkibi o'zgar-mas bo'lsa, fototokning to'yinish qiymati yorug'lik oqimiga to'g'ri proporsional.

2. Muayyan fotokatoddan ajralib chiqayotgan fotoelektronlar boshlang'ich tezliklarining maksimal qiymati yorug'lik intensivligiga bog'liq emas. Yorug'likning to'lqin uzunligi o'zgarsa, fotoelektronlarning maksimal tezliklari ham o'zgaradi.

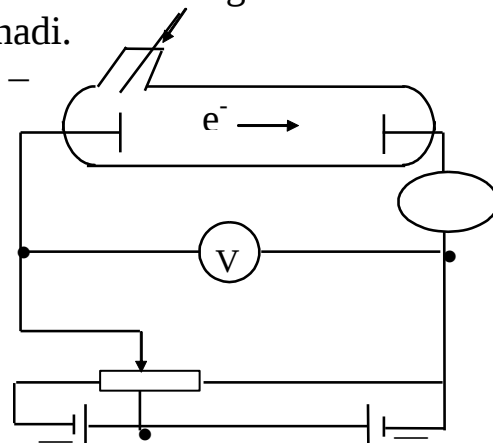
3. Har bir fotokatod uchun biror "qizil chegara" mavjud bo'lib, undan kattaroq to'lqin uzunlikli yorug'lik ta'sirida fotoeffekt vujudga kelmaydi.

λ_q ning qiymati yorug'lik intensivligiga mutlaqo bog'liq emas, u faqat fotokatod materialining ximiyaviy tabiatiga va sirtining holatiga bog'liq.

4. Yorug'lik fotokatodga tushishi va fotoelektronlarning hosil bo'lishi orasida sezilarli vaqt o'tmaydi.

2. Tashqi fotoeffekt. Yorug'lik ta'sirida elektronlarning moddalardan ajralib chiqish hodisasi *tashqi fotoeffekt* deyiladi. Bu hodisani 1887-yilda G.Gers kashf qilingan va u 1890 yilda rus fizigi Stoletov tomonidan o'rganilgan. Agar atom yoki molekuladan ajratib olingan elektron moddaning ichida erkin elektronlar sifatida qolsa, bunday hodisaga *ichki fotoeffekt* deyiladi.

3. A.G.Stoletov tajribalari va qonunlari. O'tkazgan juda ko'p nozik tajribalari asosida Stoletov fotoeffektning quyidagi qonunlarini aniqladi.



1. To'yinish fototokning kuchi katodga tushayotgan yorug'lik oqimiga proporsional:

$$I_k = k \cdot \Phi_e$$

ya'ni yorug'lik oqimi qancha katta bo'lsa fototok ham shuncha katta bo'ladi. Bu yerda k – katod materialining yorug'likni sezishini xarakterlovchi koeffitsiyent.

2. Fotoelektronlarning kinetik energiyasi tushayotgan yorug'likning chastotasiga to'g'ri proporsional va yorug'lik oqimiga bog'liq emas.

3. Tushayotgan yorug'lik intensivligi qanday bo'lishidan qat'i nazar, fotoeffekt ma'lum chastotadan (to'lqin uzunligidan) boshlab ro'y bera boshlaydi va bu chastota katodning qanday materialdan yasalganiga bog'liq.

4. Eynshteyn tenglamasi. Yorug'likning to'lqin nazariyasi va fotoeffekt orasida yuqorida bayon qilingan mos kelmasliklar mavjud. Shuning uchun 1905-yilda A.Eynshteyn yorug'likni kvant nazariyasini taklif qildi. Eynshteyn Plank nazariyasini yorug'likka nisbatan qo'llab, yorug'lik kvantlar tariqasida nurlanibgina qolmay, balki yorug'lik energiyasining tarqalishi ham, yutilishi ham kvantlashgan bo'lishini ta'kidladi. Bunda yorug'lik fotonlar (yorug'lik zarralari) sifatida qaraladi. $h\nu$ energiyaga ega bo'lgan foton o'z energiyasini metalltdagi elektronga beradi. Agar bu energiya yetarlicha katta bo'lsa, metalltdan elektron ajralib chiqadi. Energiyaning qolgan qismi esa metalltdan tashqariga chiqib olgan elektronning maksimal kinetik energiyasi sifatida namoyon bo'ladi. Buni

$$h\nu = A_r + m\vartheta_{\max}^2/2$$

ko'rinishda ifodalash mumkin. *Bu tenglama Eynshteyn tenglamasi deb ataladi.* Eynshteyn tenglamasi fotoeffektning barcha qonunlarini tushuntira oladi. Xususan qizil chegara uchun $h\nu = A_r$.

Mavzuni mustahkamlash uchun savollar

1. Fotoeffekt deb nimaga aytiladi?
2. Tashqi fotoeffekt deb qanday hodisaga aytiladi?
3. Ichki fotoeffekt deb nimaga aytiladi?
4. Stoletov tajribasini tushuntiring.
5. Stoletov qonunlarini ayting.

Uyga vazifa

Stoletov qonunlarining talqini.

19 - MA'RUZA. YORUG'LIK BOSIMI VA KOMPTON EFFEKTI.

Reja:

1. Yorug'likning bosimi.
2. P.N.Lebedev tajribasi.
3. Kompton effekti.

Tayanch iboralar: fotonlar energiyasi, fotonlar massasi, fotonlar impulsi, Kompton effekti.

Ko'rgazmali qurollar: animatsion dastur.

O'tilgan mavzuni takrorlash

1. Fotoeffekt deb nimaga aytiladi?
2. Tashqi fotoeffekt deb qanday hodisaga aytiladi?
3. Ichki fotoeffekt deb nimaga aytiladi?
4. Stoletov tajribasini tushuntiring.
5. Stoletov qonunlarini ayting.

Mavzuning borishi

1. Yorug'likning bosimi. Maksvell nazariyasiga binoan, jism sirtiga tushayotgan har qanday elektromagnit to'lqin jismga bosim beradi. Bu bosim $P=w(1+\rho)$, w - sirtga tushayotgan yorug'lik dastasi energiyasining hajmiy zichligi, ρ - sirtning yorug'lik qaytarish koeffitsiyenti. Yorug'lik bosimini birinchi bo'lib 1900 yilda P.N. Lebedev tajribada aniqladi: osongina buriladigan parrakning qanotlaridan biri qoraytirilgan, ikkinchisi esa yaltiroq qilib yasalgan. Bu qanotlarni navbatma-navbat yoritish natijasida hosil bo'ladigan paraklarning buralishlari taqqoslanadi. Yaltiroq sirt uchun $\rho = 1$. Shuning uchun $P_{ya} = (1+\rho)=2w$. Yorug'likni to'la yutuvchi qoraytirilgan sirt uchun $\rho = 0$. Natijada

$$P_x = (1+\rho)=\omega$$

nisbati

$$P_y / P_k = 2$$

Tajriba bu natijani tasdiqladi.

Yorug'lik bosimini kvant tasavvurlar asosida ham tushuntirish mumkin.

2. P.N.Lebedev tajribasi. Yorug'likning bosimini birinchi bo'lib o'lchash 1899 – yilda rus fizigi Lebedev tomonidan nasib etgan, yorug'likning qattiq jismlarga ko'rsatadigan bosimini o'lchash uchun o'tkazgan tajribasining sxemasi ko'rsatilgan. Qurilma havosi so'rib olingan idishda o'rnatilgan bo'lib, ingichka ipga osib qo'yilgan va “qanotchalar” birlashtirilgan yengil osmadan iborat. Qanotchalar qalinligi 0,01mm dan 0,1 mm gacha bo'lgan oq va qoraytirilgan disklar shaklida bo'ladi. Ular osma atrofida aylanadigan o'qqa nisbatan simmetrik qilib o'rnatilgan. Tushgan

yorug'lik oq va qoraytirilgan disklarga turli xil bosim ko'rsatadi. Natijada osmani tutib turgan ingichka ip aylantiruvchi moment ta'sirida buraladi. Yorug'likning bosimi aynan shu ipning burilish burchagi yordamida aniqlanadi. O'z navbatida, bu burilish qanotchalarga tushayotgan yorug'likning bosimi mavjudligini, bu bosim jism sirtining qaytara olish qobiliyatiga va tushayotgan yorug'lik oqimiga bog'liqligini ko'rsatadi.

3. Kompton effekti. Yorug'likning korpuskulyar xossalari Kompton effektida yorqin nomoyon bo'ladi. Amerikalik fizik Kompton 1923 yilda yengil atomli moddalarda monoxromatik rentgen nurlarining sochilishini o'rganayotib, sochilgan nurlanish tarkibida birlamchi to'lqin uzunlikli nurlanish bilan birga kattaroq to'lqin uzunlikli nurlanish borligini aniqladi. Tajribalar $\Delta\lambda = \lambda' - \lambda$ farq tushuvchi nurlanishning to'lqin uzunligi λ , sochuvchi jismga bog'liq bo'lmay, faqat sochilish burchagi θ ga bog'liqligini ko'rsatdi:

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = 2 \lambda_c \sin^2 \theta/2$$

bu yerdagi λ_c Kompton doimiysi deb ataladi va $\lambda_c = 2,41 \cdot 10^{-12}$ m ga teng. Rasmda ko'rsatilgan D_1 , D_2 diafragmalardan o'tgan ingichka rentgen nurlari K_r kristallga tushadi. Sochilgan nurlanishni S_n – spektrograf yordamida tekshirish mumkin. Nurlanish yo'nalishda ($\theta=0$) λ o'zgarmaydi, boshqa yo'nalishlarda $\Delta\lambda \sim \sin^2 \theta/2$.

Shunday qilib, Kompton effekti deb nurlanish (rentgen, γ - nurlanish) moddaning erkin elektronlarida sochilishi natijasida to'lqin uzunligining ortishiga aytiladi.

To'lqin nazariya nuqtai nazaridan bu hodisani tushutirib bo'lmaydi. Elektron yorug'lik to'lqini ta'sirida shu to'lqin chastotasiga teng chastota bilan tebranishi va shu chastotaga teng to'lqin nurlantirishi kerak. Kvant nuqtai nazariga ko'ra rentgen fotonlarining kristall elektronlari bilan ta'sirlashganda yuqoridagi ifoda hosil bo'ladi. Bunda $\lambda_c = h/m_0c$ hisob-kitoblar λ_c uchun yuqoridagi son qiymatini beradi.

Mustahkamlash uchun savollar

1. Yorug'likning bosimi haqidagi fikr qanday paydo bo'ladi?
2. Yorug'lik bosimini birinchi bo'lib kim va qachon aniqlangan?
3. Nima uchun Lebedev qurilmasi havosi so'rib olingan idishda o'rnatgan?
4. Kompton effektini tushuntiring.

Uyga vazifa

Lebedev tajribasining ahamiyati.

20- MA'RUZA. MODDANING TO'LQIN XOSSASI. NOANIQLIK IFODASI.

Reja:

1. De-Broyl gipotezasi.
2. De – Broyl to'lqin uzunligi va uning xossalari.
3. Mikrozarralar to'lqin xususiyatlarining amaliy isboti.
4. Geyzenbergning aniqmaslik ifodasi.

Tayanch iboralar: De-Broyl gipotezasi, to'lqin uzunligi, mikrozarralar to'lqin xususiyatlari.

Ko'rgazmali qurollar: slaydlar, animatsion dasturlar plakatlari.

O'tilgan mavzuni takrorlash

1. Fotonlar impulsi, massasi va energiyasi qanday aniqlanadi?
2. Yorug'likning bosimi haqidagi fikr qanday paydo bo'ladi?
3. Yorug'lik bosimini birinchi bo'lib kim va qachon aniqlangan?
4. Nima uchun Lebedev qurilmasi havosi so'rib olingan idishda o'rnatgan?
5. Kompton effektini tushuntiring.

Mavzuning borishi

1. De-Broyl gipotezasi. Frantsuz fizigi Lui-de-Broyl yorug'lik tabiati tug'risidagi dualistik ya'ni korpuskulyar va to'lqin xususiyatlari to'grisidagi fikrni rivojlantirib 1924-yilda korpuskulyar to'lqin dializmining universalligi to'g'risidagi gipotezani ilgari surdi. Bunga ko'ra nafaqat fotonlar yoki elektronlar emas balki materiyaning istalgan zarrachalari bir vaqtning o'zida ham korpuskulyar ham to'lqin xususiyatiga egadir.

2. De – Broyl to'lqin uzunligi va uning xossalari. De- Broylga ko'ra har qanday mikroob'ekt bir tomondan korpuskulyar xarakterga E – energiyasi va R - impulsi bilan; boshqa tomondan esa to'lqin xarakteristikasi ν - chastota va λ - to'lqin uzunligi bilan bog'landi. U holda elektromagnit nurlanish fotoni uchun o'rinli bo'lgan quyidagi

$$E = h\nu, P = \frac{hc}{\lambda}$$

munosabatni modda zarralari uchun ham qo'llash mumkin.

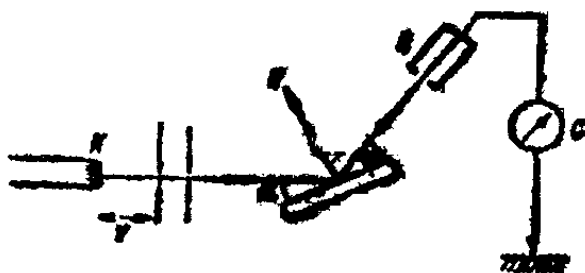
Shuning uchun massasi m , tezligi v (ya'ni impulsi $R = mv$) bo'lgan zarrachaning harakatlanish jarayonida uzunligi

$$\lambda = \frac{h}{P} = \frac{h}{mv}$$

bo'lgan to'lqinlarning xususiyatlari namoyon bo'lishi kerak, degan xulosaga keladi. Ifodani De Broyl formulasi deb, λ ni esa De - Broyl to'lqin uzunligi deb atash odat bo'lgan. De-Broyl gipotezasining to'g'riligi ko'pgina tajribalarda tasdiqlandi.

3. Mikrozaralar to'liqin xususiyatlarining amaliy isboti. De - Broyl gepotezasi to'g'ri bo'lsa, elektronlar uchun difraktsiya hodisasini kuzatish lozim. Haqiqatan, 1927-yilda Devisson va Jermer tajribasida bu fikr tasdiqlandi. Bu tajribaning sxemasi.

Qizdirilgan K katoddan chiqqan termoelektronlar katod va A anod oralig'idagi elektr maydon ta'sirida tezlatiladi. Elektronlar dastasi D_1 va D_2 diafragmalar yordamida ingichka dasta yordamida Kr kirstallga undan sochilgan elektronlar esa ionzatsion



kamera (IK) ga tushadi. Ionizatsion kamerada vujudga kelgan tok galvanometr yordamida o'lchanadi. Tajribada ionizatsion kamerani siljitish yordamida turli burchaklar ostida sochilgan elektronlarni qayd qilish imkoniyati mavjud edi. Tajribalar natijasi shuni ko'rsatdiki, sochilish burchagining o'zgarishi bilan ionizatsion kameradagi tok kuchi monoton ravishda o'zgarmaydi, balki bir qator maksimumlar kuzatiladi.

Keyinchalik, elektronlar difraktsiyasi boshqacha usullar bilan o'tkazilgan tajribalarda ham kuzatiladi. Xususan P.S.Tartakovskiy ham Tomson va Reyd juda yupqa metall folga (zar) orqali o'tish jarayonida vujudga kelgan elektronlar difraktsiyasini tekshirdilar.

4. Geyzenbergning aniqmaslik ifodasi. Ma'lumki zarachalarni koordinata va tezlik parametrlarni orqali xarakterlash mumkin. Bu parametrlar orasida munosabatni Geyzenberg tomonidan aniqlangan.

v tezlik bilan tirqish tomon uchib borayotgan zarrachalarning tirqishdan o'tish paytida OX o'q yo'nalishida oladigan vaziyati tirqishning kengligi qadar aniqlik bilan belgilanadi deyishimiz kerak bo'ladi. Elektron bilan o'q yo'nalishidagi vaziyatini aniqlashdagi qiymatini Δx bilan begilasak,

$$\Delta x = d \quad \text{bo'ladi.}$$

Agar markaziy maksimumga kelib tushadigan elektronlarnigina hisobga olsak, harakat miqdorining OX o'q yo'nalishiga tushirilgan p_x proektsiyasining son qiymati.

$$0 \leq p_x \leq p \sin \varphi$$

$$\sin \varphi = \lambda / d$$

Binobarin, tirqishdan o'tayotgan elektronlar shu'lasining OX o'q yo'nalishidagi harakat miqdorini baholashda yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan, xato Δp_x quyidagicha deya olamiz u vaqtda

$$\Delta p_x \cong p \frac{\lambda}{d}$$

De - Broyl

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

$$\Delta p_x \cong \frac{h}{d}$$

d - koordinatani aniqlashdagi Δx qo'yimga barobar bo'lganligi sababli, so'nggi tenglikdan

$$\Delta x \cdot \Delta p_x \cong h$$

boshqa yo'nalishda $\Delta x \cdot \Delta p_x \cong h$, $\Delta y \cdot \Delta p_y \cong h$, $\Delta z \cdot \Delta p_z \cong h$,

Geyzenbergni aniqmaslik ifodasi energiya va vaqtga ham tegishli

$$\Delta \tau \cdot \Delta E \geq h$$

ΔE zarachani energiyasini aniqlashda yo'l qo'yiladigan xatolik $\Delta \tau$ -esa zarachani berilgan E enegetik sathda bo'lish vaqtini aniqlashda yo'l qo'yiladigan xatolik.

Mavzuni mustahkamlash uchun savollar

1. De - Broyl tenglamasini aytib bering.
2. De - Broyl to'lqin uzunligi qanday aniqlanadi?
3. Geyzenberg noaniqmaslik ifodasini aytib bering.

Uyga vazifa

Shredingerning vaqtga bog'liq bo'lmagan tenglamalari.

21 - MA'RUZA. ATOM TUZILISHI.

Reja:

1. Rezerford tajribasi.
2. Atomning polenar modeli va uning kamchiliklari.
3. Bor postulatlari.
4. Frank Gers tajribasi.

Tayanch iboralar: Rezerford tajribasi, Bor nazariyasi, Frank Gers tajribasi.

Ko'rgazmali qurollar: plakatlar, slaydlar.

O'tilgan mavzuni takrorlash

1. De – Broyl gepotezasining fizik ma'nosi nimada?
2. De – Broyl to'lqin uzunligi nimani xarakterlaydi?
3. Zarrachalarning to'lqin xossasini qanday tajribalar asosida isbotlash mumkin?
4. Geyzenbergning aniqmaslik ifodasining fizik ma'nosi nimada?
5. Geyzenbergning aniqmaslik ifodasi qanday parametrlar orasidagi bog'lanishni xarakterlaydi?

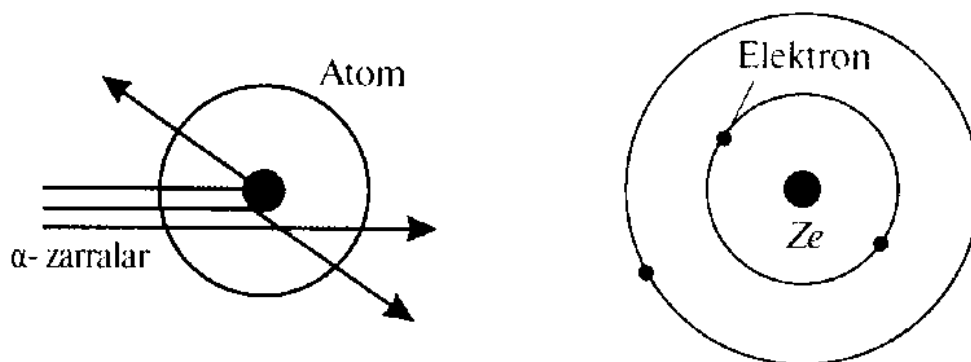
Mavzuning borishi:

1. Rezerford tajribasi. Rezerfordning o'z oldiga qo'ygan maqsadini tushunish uchun atomning Tomson modelini oddiy tarvuz sifatida tasavvur qilaylik: tarvuzning go'shti musbat zaryadlari bo'lsa, danaklari elektronlar

bo'lsin. Bunda ishonch hosil qilish uchun qanday yo'l tutish kerak? Bunday tarvuzni parchalab bo'lmaydi, chunki u juda kichik, kattaligi 10^{-10} m. yagona yo'l tarvuzga undan ham kichikroq jismlarni yo'naltirish, ya'ni uni nishonga olib otish. Tarvuzni teshib o'tgan o'q uning ichki tuzilishi haqida ma'lumot beradi. Bordi – yu, tarvuzning markazi tomon yo'nalgan o'qlar uni teshib o'tamasdan orqaga qaytsa – chi? Bunda qanday xulosa chiqariladi? Demak, uning markazida o'q teshib o'ta olmaydigan, og'ir o'zak bo'lmog'i kerak. Aks holda o'q orqaga qaytmas edi. Endi Rezerford tajribasining sxemasi bilan tanishaylik. Rezerford tajribasida atomga α – zarralar oqimi yo'naltiriladi. α – zarraning zaryadi $+2e$ ga, massasi esa $6,64 \cdot 10^{-27}$ kg ga teng. Manba tor tirqishi qo'rg'oshin idishda joylahtirilgan bo'lib, zarralar ma'lum yo'nalishdagina chiqariladi va boshqa yo'nalishdagilarini qo'rg'oshin devorlar yutib qoladi. α – zarralarning yo'lga perpendikulyar qilib $1 \mu\text{m}$ qalinlikdagi oltin qog'oz qo'yilgan. Oltin qog'ozdan o'tgan α – zarralarning yo'nalishi ekran yordamida qayd qilingan. Rezerford o'z tajribasida α – zarralarning bir qismi dastlabki yo'nalishda ma'lum burchaklarga og'ishini va hatto oltin qog'ozdan qaytuvchi zarralar ham bo'lishini qayd etgan. Garchi bunday hol 10 000 ta zarradan bittasida kuzatiladi.

2. Atomning yadroviy modeli. Tariba natijalari asosida Rezerford 1911-yilda atomning yadroviy (planetalar) modelini taklif qildi. Ushbu modelga ko'ra hatto jajigina quyosh sistemasidek tasavvur qilinadi. Elektronlar yadro atrofida (yopiq) orbitalar – atomning elektron qobig'i bo'ylab harakatlanadi va ularning zaryadi yadrodagi musbat zaryadga teng.

Taklif qilingan model atomning tuzilishi haqida to'la xulosa chiqarishga imkon beradimi? Afsuski, yo'q.



Atomning Rezerford modeli klassik mexanika va elektrodinamika qonunlari bilan qarama-qarshi bo'lib olmadi. Kelgusi mavzuda ushbu muammolarga batafsilroq to'xtalamiz.

3. Bor postulatlari. 1913-yilda Rezerfordning yadroviy modeliga kvant nazariyasi tatbiq etilib, tajriba natijalarini to'la tushuntirib bera oladigan vodorod atomi nazariyasi yaratildi. Umuman olganda, kattaliklarning istalgan emas, balki ma'lum qoidaga bo'ysunuvchi tanlangan

qiymatlarni qabul qilish kvantlanish deyiladi. Kvantlanish asosida yaratilgan nazariyaga esa kvant nazariyasi deyiladi.

Statsionar (turg'un) holatlar haqidagi postulat: atomda stasionar holatlar mavjud bo'lib, bu holatlarga elektronlarning stasionar orbitalari mos keladi.

Elektronlar faqat shu stasionar orbitalarda bo'lib, hattoki tezlanish bilan harakatlanganlarida ham nurlanish chiqarmaydilar.

$$m_e v_n r_n = n \hbar,$$

bu yerda m_e – elektronning massasi; r_n – n – orbitaning radiusi; v_n – elektronning shu orbitadagi tezligi; $m_e v_n r_n$ – elektronning shu orbitadagi impuls momenti; n – nolga teng bo'lmagan ($n \neq 0$) butun son, unga bosh kvant soni deyiladi; $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ (h – plank doimiysi).

Chastotalar haqidagi postulat: 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 elektronning n - va m - statsionar orbitalardagi energiyalari.

4. Frank - Gers tajribasi. Nemis fizigi D. Frank va G.Gers elektronlarning gaz atomlari bilan to'liqnashuvini tutuvchi potentsiallar usulida o'rganib 1913 – yil, atom energiyasi qiymatlarining diskretligini tajribada isbotladilar. Simob bug'lari bilan to'ldirilgan, hovasi so'rib olingan nayda katod (K), anod (A) va to'rlar (T_1 va T_2) bo'lgan. Frank va Gers tajribalarining ko'rsatishicha, simob atomlari bilan to'qnashgan elektron o'z energiyasining faqat ma'lum qismini ularga berishi mumkin. Bu energiya 4,86 eV teng bo'lib, asosiy holatdagi simob atomi yutilishi mumkin bo'lgan eng kichik energiya porsiyasidir. Shunday qilib, atomda stasionar holatlar mavjudligi haqidagi bor nazariyasi tajribada to'la isbotlangan.

Mavzuni mustahkamlash uchun savollar

1. Rezerford tajribasining sxemasini tushuntiring.
2. Oltin qog'ozning buncha yupqa qilib olinishiga sabab nima?
3. Oltin qog'ozdan o'tishda dastlabki yo'nalishda og'ganmi?
4. Borning ikkinchi postulat Rezerford modelining qanday kamchiligini bartaraf qilgan?
5. Frank – Gers tajribalaridan maqsad nima?

Uyga vazifa

Spin to'risida. Atomdagi energetik sathlar.

22-MA'RUZA. ATOM SPEKTRLAR

1. Ridberg doimiysi va uning fizikaviy ma'nosi.
2. Atom spektrlari
3. Chiziqli spektrlar.
4. Bor nazariyasining kamchiliklari.

Tayanch iboralar: Ridberg doimiysi, Bor nazariyasining kamchiliklari, spin to'g'risida tushuncha.

Ko'rgazmali qurollar: plakatlar, slaydlar.

O'tilgan mavzuni takrorlash

1. Rezerford tajribasining sxemasini tushuntiring.
2. Oltin qog'ozning buncha yupqa qilib olinishiga sabab nima?
3. Oltin qog'ozdan o'tishda dastlabki yo'nalishda og'ganmi?
4. Borning ikkinchi postulat Rezerford modelining qanday kamchiligini bartaraf qilingan?
5. Frank – Gers tajribalaridan maqsad nima?

Mavzuning borishi.

1. Ridberg doimiysi va uning fizikaviy ma'nosi. Ridberg doimiysining qiymati tajribada topilgan natijalar bilan to'la mos keldi. Bu esa vodorod atomi uchun Bor nazariyasi to'g'riligining yaqqol isbotidir. Bor nazariyasi o'zi yaratilguncha atom fizikasida mavjud bo'lgan barcha muammolarni yechib bo'lsa – da, atomning stasionar holatlari mavjudligi va energetik sathlarning diskret qiymatlarni qabul qilishi hali tajribada isbotlanmagan edi. Ridberg doimiysi quyidagicha

$$R = \frac{m_e e^4}{8h^3 \epsilon_0^2}$$

2. Atom spektrlari. Rezerfordning yadroviy modeli fizikasining ulkan yutug'i bo'lsa – da, u atomning spektral qonuniyatlarni tushuntirib bera olmaydi. Bundan tashqari, bu model klassik mexanika va elektrodinamika qonunlariga zid bo'lib chiqdi.

Birinchidan, elektronini yadro atrofidagi orbita bo'ylab harakati chiziqli, ya'ni tezlanish bilan ro'y beradigan harakatdir. Bu harakat esa klassik elektrodinamika qonunlariga muvofiq elektron o'qidan nur chiqarishi kerak. Ya'ni harakat davomida elektronning energiya kamayadi, uning aylanish orbitasi kichrayadi va u yadroga yaqinlasha boradi. Boshqacha aytganda, ma'lum vaqtdan keyin elektron yadroga tushib, 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 $\left(\frac{m v^2}{R}\right)$ ortishi bilan elektronning nurlanish chastotasi ham uzuluksiz ravishda ortishi va demak, uzluksiz nurlanish spektri tuzatilishi kerak. Biz esa ushbu mavzuda, tajribalar atomning nurlanish spektri uzlukli (chiziqli) ekanligini ko'rsatganini bildik.

3. Chiziqli spektrlar. Elektron bir energetik sathdan ikkinchisiga o'tganida

$$h\nu = E_2 - E_1 = \frac{m_e e^4}{8h^2 \varepsilon_0^2} \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

Energiyali foton chiqariladi yoki yutiladi. Agar elektron ikkinchi orbitadan foton ($n_2=2$) birinchisiga o'tsa ($n_1=1$), foton chiqiriladi. Teskari holda – yutiladi. Elektronni $n_1=1$ orbitadan $n_2 \rightarrow \infty$ o'tkazish uchun, boshqacha aytganda, elektronni atom yadrosidan ajratib olish (atomni ionlashtirish) uchun eng katta energiya sarflanadi. Bu energiyaning qiymati 13,53eV teng bo'lib, vodorod atomini ionlashtirish energiyasidir.

Demak, vodorod atomining asosiy holatidagi elektronning energiyasi 13,53 eV ga teng. Yuqorida ta'kidlaganimizdek, energiyasining manfiyligi elektronning bog'langan holatda ekanligini ko'rsatadi. Erkin holatdagi elektronning energiyasi nolga teng deb qabul qilingan. Chiqariladigan yoki yutiladigan fotonning chastotasini yoki to'lqin uzunligini aniqlash mumkin:

$$\nu = \frac{m_e e^4}{8h^3 \varepsilon_0^2} \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{m_e e^4}{8h^3 \varepsilon_0^2 c} \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

Ushbu formulalar seriyalar formulasi deyiladi. Ular yordamida vodorod atomi spektrining barcha seriyalarini hosil qilish mumkin.

4. Bor nazariyasining kamchiliklari. Bor nazariyasi atom fizikasi rivojlanishiga ulkan hissa qo'shib, kvant mexanikasining yaratilishida muhim qadam bo'lib xizmat qildi. U vodorod va vodorodsimon atomlarning spektrlar va spektral chiziqlarning chastotalarini hisoblashga imkon bergan bo'lsa – da, bu chiziqlarning intensivligini aniqlashga va u yoki bu o'tishlarning ro'y berishiga sabab nimaligini tushuntirishga ojizlik qild. Bor nazariyasining jiddiy inqirozi, aniqmas, eng soda elementlardan biri, vodoroddan bevosita keyingi element geliy atomining spektrini tushuntirish

yo'lidagi urinishlarning muvaffaqiyatsizlikka uchrashida namoyon bo'ldi. Borning o'zi buning asosiy sababi – nazariyaning yarim klassik ekanligida, ya'ni, bir tomondan, kvant postulatlarini qo'llanilsa, ikkinchi tomondan klassik fizika qonunlarining qo'llanilishida, deb tan oldi. Atomning ichiga yanada dadilroq nigoz tashlash uchun yangi g'oya, yangi nazariyalarga muhtojlik tug'ildi.

Mavzuni mustahkamlash takrorlash

1. 4,86 eV qanday energiya?
2. Rydberg doimiysi nimaga teng?
3. Rydberg doimiysining nazariy qiymati va tajribada topilgan natijalar mos keladimi?
4. Bor nazariyasining kamchiliklari nimadan iborat?
5. Bu kamchiliklarning mavjudligiga sabab nima?
6. Qachon foton chiqariladi, qachon yutiladi?
7. Atomni ionlashtirish uchun qanday energiya sarflanadi?

23 - MA'RUZA. KO'P ELEKTRONLI ATOMLAR.

Reja:

1. Ishqoriy metallarning spektrlari.
2. Spontan va mavburiy nurlanishlar
3. Lazerlar. Lazer nurlarining xossalari.
4. Mendeleyev davriy sistemasi.

Tayanch iboralar: bosh seriya, aniq seriya, diffuz seriya va asosiy seriya, ko'p elektronli, energetik sathlar. Zeemanning normal effekti.

Ko'rgazmali qurollar: plakatlar, slaydlar.

O'tilgan mavzuni takrorlash

1. Rydberg doimiysi nimaga teng?
2. Rydberg doimiysining nazariy qiymati va tajribada topilgan natijalar mos keladimi?
3. Bor nazariyasining kamchiliklari nimadan iborat?
4. Bu kamchiliklarning mavjudligiga sabab nima?
5. Qachon foton chiqariladi, qachon yutiladi?
6. Atomni ionlashtirish uchun qanday energiya sarflanadi?

Mavzuning borishi

1. **Ishqoriy metallarning spektrlari.** Ishqoriy metallar chiqarish spektrlari, vodorod spektri singari, bir necha seriyaga qarashli chiziqlardan

tashkil topgan. Ulardan eng intensivlari bosh seriya, aniq seriya, diffuz seriya va asosiy seriyalarga bo'linadi.

Ishqoriy metallar seriyalarning chastotalarini hisoblashga imkon beruvchi empirik formulalarni bundan oldingi asr oxirlaridayoq Ridberg topgan. Bu formulalar hamma seriyalar uchun o'xshash bo'lib, quyidagi ko'rinishga ega:

$$\omega = \omega_{\infty} - \frac{R}{(n + \alpha)^2}$$

bunda ω_{∞} - seriya chegarasiga mos keluvchi chastota, R – Ridberg doimiysi, n – butun son, α – kasr soni.

Aniq seriya:

$$\omega = S_{\infty} - \frac{R}{(n + s)^2} \quad (n=4,5,\dots)$$

s-seriya momenti.

Bosh seriya:

$$\omega = R_{\infty} - \frac{R}{(n + p)^2} \quad (n=3,4,\dots)$$

Diffuz seriyasi:

$$\omega = D_{\infty} - \frac{R}{(n + d)^2} \quad (n=3,4,\dots)$$

Asosiy seriya:

$$\omega = F_{\infty} - \frac{R}{(n + f)^2} \quad (n=4,5,\dots)$$

2. Spontan va majburiy nurlanishlar. 1925-yili amerikalik fiziklar Jorj Ulenbek (1900) va Semyuel Gaudsmit (1902-1979) agar elektron xususiy mexanik va magnit momentlarga ega deb faraz qilinsa, Shtern va Gerlax, A.Eynshteyn va de Gaaz tajribalarini ham, atomlarining spektral chiziqlarini bo'linishini ham tushuntirish mumkinligini isbotladilar. Klassik fizika nuqtai nazaridan qaraganda elektron o'z o'qi atrofida aylangandagina xususiy impuls va magnit momentiga ega bo'ladi. *Elektron zaryadga ega bo'lishi natijasida magnit momenti vujudga keladi. Elektronning xususiy impuls momentini spin, xususiy magnit momentini spin magnit momenti deb ataladi.*

"Spin" inglizcha so'z bo'lib, "aylanmoq" degan ma'noni anglatadi. Bu termini ishlatilishiga sabab o'sha vaqtda elektronni o'z o'qi atrofida aylanuvchi zaryadli sharcha sifatida tasavvur qilingan. Lekin bunday tasavvur noto'g'ri ekanligi keyinchalik ma'lum bo'ldi. Chunki, elektron uchun odatdagi impuls va magnit moment qiymatini olish uchun u yorug'lik tezligidan yuz martadan ham katta chiziqli tezlikda aylanishi kerak ekan. Bu esa Eynshteyn nisbiylik nazariyasiga zid keladi. Bunday bo'lishini hisoblab ko'rish mumkin. Elektronning mexanik impuls momenti

$$L = I\omega = \frac{2}{5}mr^2 \cdot \omega = \frac{2}{5} m\vartheta_0 r$$

formula bilan aniqlanadi. Bu formulada ϑ_0 elektronning "ekvatoridagi" chiziqli tezligi. Agar elektronni spin momenti $L_s = 1/2 \hbar$ ekanligini hisobga olsak, 0 uchun

$$V_0 = \frac{5}{2} \frac{\hbar}{mr} = \frac{5}{2} \frac{1,05 \cdot 10^{-34}}{9,1 \cdot 10^{-34} \cdot 2 \cdot 10^{-15}} = 600 \cdot 10^8 \frac{m}{s} = 200 \text{ C}$$

qiymat kelib chiqadi.

Hozirgi vaqtda elektron spini, uning aylanishini bildirmaydi, spin xuddi zaryad va massa kabi elektronning impuls momentini bildiruvchi kattalik hisoblanadi.

Elektron spinni uning aylanishi bilan bog'lash noto'g'ri ekanini zaryadsiz zarracha-neutron ham mexanik momentdan tashqari spin magnit momentiga ega bo'lishida ko'rishimiz mumkin.

Elektronning spin mexanik momenti ham orbital mexanik momentga o'xshab kvantlanadi, ya'ni

$$L_s = \hbar \sqrt{S(S+1)} = \sqrt{3} \frac{\hbar}{2}$$

Bu formulada $S = 1/2$ ga teng bo'lib, spin kvant soni deb ataladi. Spin magnit momentining qiymati

$$P_{m_s} = \frac{e}{m} L_s = \frac{e}{m} \frac{\hbar}{2} \sqrt{3} = \mu_B \sqrt{3}$$

ifoda bilan aniqlanadi. Elektronning spin mexanik momentida ham fazoviy kvantlanish mavjud, ya'ni u fazodagi ixtiyoriy Z yo'nalishda ikkita proyeksiyaga ega,

$$L_{sz} = m_s \hbar = \pm \frac{1}{2} \hbar$$

Bu ifodada $m_s = \pm \frac{1}{2}$ ga teng bo'lib, magnit spin kvant soni deb ataladi. Bundan ko'rinadiki, elektron Plank doimiysi birligida yarimta spinga ega ekan. Odatda $m_s = +\frac{1}{2}$ ni "spin-tepaga ($\uparrow$); $m_s = -1/2$ ni "spin-pastga ko'rinishida belgilanadi. Spin magnit momentining ham tashqi magnit maydon yo'nalishidagi proyeksiyasi faqat ikkita qiymatga ega bo'la oladi.

$$P_{m_{sz}} = \frac{e}{m} L_{sz} = \frac{e}{m} m_s \hbar = \pm \frac{eh}{2m} = \pm \mu_B$$

Ko'rinib turibdiki, spin magnit momentining fazodagi tashkil etuvchisining qiymati Bor magnetoni B ga teng ekan.

Elektronning spin kvant sonini hisobga olsak, uning atomdagi holati, to'rtta kvant soni orqali aniqlanadi.

Kvant sonlari	Olishi mumkin bo'lgan qiymati	Umumiy qiymati
Bosh kvant soni, n	1, 2, 3, ...	Har qanday sonni

Orbital kvant soni, l	0, 1, 2,, (n-1)	n
Magnit kvant soni, ml	0, 1, 2, ... l	$2l + 1$
Spin magnit kvant soni, m_s	-1/2, +1/2	$2S + 1$

Elektronlar atom yadrosi atrofidagi elektron qobiqlarda Pauli ta'kidlash prinsipi bo'yicha taqsimlanadi. Bu haqida keyingi paragrafda to'liq ma'lumot beramiz. Elektron qobiqlarda elektronlar doimo qarama-qarshi spin bilan juft-juft bo'lib joylashadi.

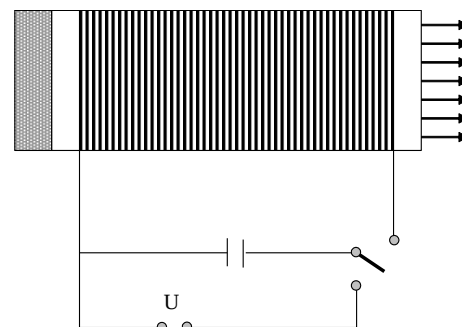
Shuning uchun to'lgan qobiqning natijali spin momenti nolga teng bo'ladi. Bir valentli kimyoviy elementlarda tashqi qobig'ida S holatda faqat bittadan elektron bo'lgani uchun yuqorida aytganimizdek, bu elektronning orbital magnit momenti nolga teng, lekin spin magnit momenti nolga teng bo'lmasdan u atomning magnit momentini belgilaydi. Bunday atomlar magnit maydonidan o'tishda spinlari $m_s = +\frac{1}{2}$ ga teng bo'lganlari bir tomonga, $m_s = -\frac{1}{2}$ ga teng bo'lganlari esa boshqa tomonga og'adilar. Natijada tashqi qobiqda S- holatda bittadan elektroni bo'lgan barcha atomlar Shtern-Gerlax tajribasida ekranda bir-biridan aniq ajralgan chiziq hosil qiladi.

3. Lazerlar. Lazer nurlarining xossalari. Lazer deb ataluvchi optik kvant generatorlarning paydo bo'lishi fizika fanining yangi sohasi – kvant elektronikasining ulkan yutug'idir. Lazerlar deganda, juda aniq yo'naltirilgan kogerent yorug'lik nurining manbayi tushuniladi. Lazelar so'zining o'zi inglizcha “majburiy tebranish natijasida yorug'likning kuchaytirilishi” so'zidan birinchi harflardan olingan (“Light amplification by stimulated emission of radiation”).

1939-yilda V.A.Fabrikant birinchi marta yorug'likni kuchaytiradigan muhit hosil qilish mumkinligini va shu muhitda nur majburiy nurlanish hisobiga kuchaytirilishi g'oyasini olg'a surdi.

1953-yilda I.G.Basov bilan A.M.Proxorov-lar, AQSh dan Ch.Tauns bilan Veberlar tomonidan santimetr to'lqin uzunligidagi elektro magnit to'lqinlarni kuchaytiradigan molekulyar generatorlar yasaldi, bu generatorlar lazerlar deb ataladi.

1960-yilda esa T. Neyman tomonidan qattiq jisimli, optik diapazonda ($\lambda = 6943 \text{ \AA}$) ishlaydigan optik generator yasaldi.



Bunday generatorlarni lazerlar deb ataladi. Nurni kuchaytiradigan aktiv muhitning tipiga qarab lazerlar - qattiq jismli, gazli, yarim o'tkazgichli va suyuqlikli lazerlarga bo'linadi.

Yanada aniqroq aytganda lazerlarning turlarini sinflashda majburiy yig'ish (optik nakachka) usuli ham muhim rol o'ynaydi. Majburiy yig'ish usullari-optik, issiqlik, kimyoviy, elektroionizatsion va boshqa usullardan iborat bo'ladi.

Bundan tashhari generatsiyalash turi uzluksiz yoki impulsli bo'lishi mumkin.

Lazerlar uchta asosiy qismdan iborat bo'ladi:

- 1) Aktiv muhit - metastabil holatga ega bo'lgan modda.
- 2) Majburiy yig'ish (optik nakachka) sistemasi - aktiv muhitda inversiyali joylashish holatini hosil qiladigan qurilmalar.

Inversiyali joylashish holati deb asosiy holatdagi atomlar soniga nisbatan uyg'ongan holatdagi atomlar sonining ko'p bo'lishiga aytiladi.

- 3) Ochiq rezonator - lazer nurlanishini shakllantiruvchi qurilma.

Biz ko'rdikki, muhitga tushgan ω chastotali nur, modda atomlaridan birining $\omega = (E_n - E_m)/\hbar$ chastotasiga mos kelsa, bu holda atom $E_m \rightarrow E_n$ holatga o'tsa, bu majburiy o'tishda u nurni yutadi. ($E_m > E_n$), agar $E_m \rightarrow E_n$ o'tish sodir bo'lsa, u holda tushayotgan nurning intensivligi muhitdan o'tishda kuchayadi.

Muhit orqali o'tgan nurning intensivligi Buger qonuniga asosan aniqlanadi:

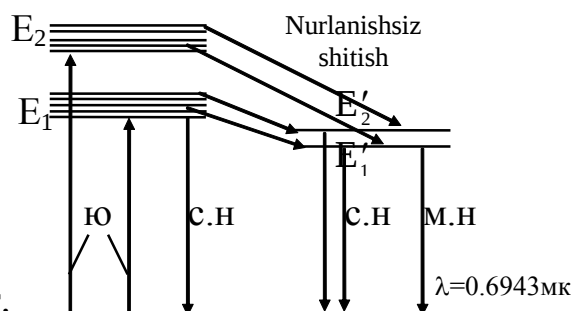
$$I = I_0 e^{-\mu X}$$

bunda, $\mu > 0$ bo'lsa, nur muhitda yutiladi, $\mu < 0$ bo'lsa, nur muhitdan o'tishda kuchayadi. Kvant generatorida $\mu < 0$ holat vujudga keltiriladi.

T.Meyman yasagan birinchi qattiq jismli muhitga ega bo'lgan lazer bilan tanishaylik. Kuchaytirgich sifatida alyuminiy oksidi Al_2O_3 olingan bo'lib (rubin yoki qizil Yoqut) kristall panjarasining ba'zi tugunlarida uch valentli Cr^{3+} (0,005%-xrom) joylashgan.

Bu qizil yoqutning uzunligi 5 sm, diametri esa 1sm bo'lgan sterjen ko'rinishidadir. Uning asoslari o'zaro parallel va juda yaxshi silliqlangan.

Sterjenning bir tomoni nur o'tkazmaydigan kumush qatlami bilan qoplangan, ikkinchi tomoni ham xuddi shunday kumush bilan qoplangan bo'lib, bu tomon faqat 8% nurni o'tkazadi, xolos. O'tish jarayoni esa quyidagicha: nurlanish yoqut tarkibidagi xrom ionlarini E_0 asosiy energetik sathdan E_1 va E_2 uyg'ongan energetik sathlarga ko'taradi. Bu uyg'ongan



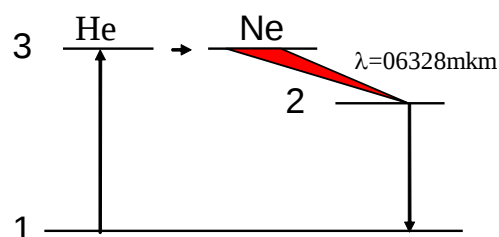
sathlarning yashash davomiyligi ancha kichik ($\tau \sim 10^{-7} \text{c}$). Ulardan nurlanishsiz E_1 va E_2 sathlarga o'tish sodir bo'ladi. Bir-biriga yaqin joylashgan bu sathlarning yashash davomiyligi anchagina katta $\tau=5 \cdot 10^{-3} \text{ s}$. *Bunday sathlarni metastabil sathlar deyiladi.* Metastabil sathlardagi ionlarning biroz spontan nurlanishi ham sodir bo'ladi. Kristall o'qi bo'ylab harakatlanayotgan fotonlar qaytaruvchi asoslardan ko'p marta qaytadi, bu harakat davomida ko'p sonli majburiy nurlanishlar vujudga keladi. Natijada fotonlarning kuchli oqimi kristallning shaffof tomonidagi asosi orqali tashqariga chiqadi. Shundan so'ng tashqi manбайдan yana energiya olinadi va jarayonlar bayon qilingan ketma-ketlikda takrorlanaveradi.

Metastabil sathda yiqilgan energiya shu jismning o'zida spontan nurlanish sifatida ajralib chiqadi, ya'ni lazer generatorlik vazifasini bajaradi. Shuning uchun lazerni kvant generatori deb ataladi.

Agar metastabil sathdagi majburiy nurlanish tashqi ta'sir tufayli vujudga kelsa, lazer kirish signalini kuchaytirgan bo'ladi. *Bunday lazerni kvant kuchaytirgich deyiladi.*

Birinchi gazli lazer 1961-yilda neon va geliy gazi aralashmasi asosida yaratildi.

Bizga ma'lumki, gazlar ingichka yutilish chiziqlariga ega bo'lgani uchun gazli lazerlarda majburiy yig'ish (optik nakachka) elektr razryadi orqali amalga oshiriladi.



Geliy - neonli lazerda majburiy yig'ish ikki bosqichda amalga oshiriladi: geliy energiya tashuvchi vazifasini bajarsa, neon nurlanish hosil qiladi; gaz razryadida hosil bo'lgan elektronlar to'qnashishi natijasida geliy atomini uyg'otadi va 3 - holatga o'tadi.

Uyg'ongan geliy atomi neon atomlari bilan to'qnashib, ularni uyg'otadi va ular geliy sathiga yaqin bo'lgan neonning yuqori sathlaridan biriga o'tadi. Neon atomlarini 3-sathdan quyi sathlardan biriga o'tishi $\lambda=0,6328 \mu\text{m}$. li to'lqin uzunlikdagi lazer nurlanishini vujudga keltiradi.

Lazer nurlari quyidagi xossalarga ega:

- 1) Ular yuqori darajada kogerent va dastasi esa nihoyatda ingichka.
- 2) O'ta monoxromatik ($\Delta\lambda < 10^{-11} \mu\text{m}$).
- 3) Katta quvvatli: masalan, $W=20 \text{ J}$ energiya bilan majburiy yig'ish (optik nakachka) va 10^{-3} s nurlantirilsa, nurlanish oqimi $\Phi = 2 \cdot 10^{-4} \text{ j/s}$, $R = 2 \cdot 10^{10} \text{ Bt/m}^2$.
- 4) tarqalish burchagi (ingichka) juda kichik.

Hozirgi paytda f.i.k. 0,01 % - 75 % bo'lgan lazerlar mavjud. Lekin ko'pchilik lazerlarning f.i.k. i 0,1 - 1% oraliqda bo'ladi. Uy temperaturasida uzluksiz ishlaydigan quvvatli SO_2 lazer yaratildi. Bu lazer to'lqin uzunligi

$\lambda = 10,6$ mkm bo'lgan infraqizil elektromagnit to'lqinlarni ishlab chiqaradi. Uning f.i.k. 30% dan yuqoridir. Lazer nurlardan metallarni kesishda, payvandlashda, buyumlardagi nuqsonlarni aniqlashda, meditsinada nozik operatsiyalarni bajarishda, nihoyatda toza materiallar olishda, o'lchash texnikasida, alohida ham keng foydalaniladi.

Lazer nurlarining xossalari. Lazerlar nurlanish xossasiga ko'ra quyidagilarga bo'linadi.

1. Yuqori darajada kogerent, yani fotonlarning fazalari bir xil.
2. Qat'iy monoxromatik. Dastaga kiruvchi fotonlar to'lqin uzunliklarning farqi 10^{-11} m dan oshmaydi, ya'ni $\Delta\lambda < 10^{-11}$ m.
3. Nurlanishning quvvati 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.
4. 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 yoritgan bo'ladi.

4. Mendeleyev davriy sistemasi. Ma'lumki, kimyoviy elementlar dunyosi xilma-xil. Shuning uchun olimlar ularni ma'lum bir tartibga solishga harakat qildilar. 1869 yilda rus olimi D.I.Mendeleyev elementlarni atom massalari bo'yicha ma'lum bir sistemaga solishga erishdi. Ya'ni, kimyoviy elementlar davriy sistemasini yaratdi. Agar elementlarni massalarini ortib borishi tartibda joylashtirilsa, ma'lum bir tartib raqami oralig'ida (bu oraliq davr deb ataladi), ularning ko'pgina kimyoviy va fizik xossalarini takrorlanishi ma'lum bo'ldi.

Masalan, litiy bir valentli ishqoriy metall bo'lib, tartib raqami $Z=3$ ga teng. Yana 8 ta tartib raqamidan keyin kelgan natriy ($Z=11$) ham, undan yana 8 ta raqam keyin joylashgan kaliy ($Z=19$) ham litiyga o'xshab ishqoriy metall hisoblanadi. Bunday ishqoriy metall xossasi 18 tartib raqamidan keyin rubidiy ($Z=37$) va seziyda ($Z=55$) ham takrorlanadi.

Davriy sistema yaratilgan vaqtda 63 ta kimyoviy element borligi ma'lum edi. D.I.Mendeleyev tomonidan katakchalarga davriy sistemadagi elementlar birin-ketin qo'yib chiqilgandan keyin ayrim katakchalar bo'sh qoldirildi. Mendeleyev bu bo'sh katakchalarni to'ldirishi mumkin bo'lgan, hali topilmagan kimyoviy elementlarning xossalarini oldindan aytib berdi. Masalan, shunday yo'l bilan Fransiyada davriy sistemada tsinkdan keyin joylashgan galliy elementi kashf etildi. Undan keyin boshqa kimyoviy elementlar ham kashf etilib, davriy sistemadagi bo'sh kataklar to'lib bordi. Davriy sistema yaratilgandan keyin ko'p savollarga javob topishga to'g'ri keldi. Masalan, "nima sababdan elementlarning xossalari ularning atomlari massasiga bog'liq, nima sababdan elementlarning xossalari ma'lum davr bilan takrorlanadi, nima uchun bu davrlar 8, 18, 32 tartib raqamiga teng?"

degan savollar tug'ildi. O'sha vaqtda bunday savollarga javob topishni imkoni bo'lmadi. Keyinchalik ma'lum bo'ldiki, kimyoviy elementning davriy sistemadagi tartib raqami atom yadrosi zaryad sonini yoki yadro atrofidagi elektronlar sonini bildirar ekan. Elementning davriy sistemadagi tartib raqami ortgan sari uni massasi ham, yadro zaryadi ham ortib boradi. Birinchi savolga javob topilgandek bo'ldi, lekin yana boshqa savollar paydo bo'ldi. Masalan, yadro atrofida aylanuvchi elektronlar eng kichik energiyali holatni olishga intilishi natijasida hammasi birinchi Bor orbitasida aylanishi kerak edi. Agar birorta elektron qo'shilganda ham elementlarning xossalarini unchalik o'zgartirmasligi kerak. Ammo bizga ma'lumki, bitta elektron bilan farq qiluvchi argon ($Z=18$) inert gaz, kaliy ($Z=19$) ishqoriy metall. Shunday holni kripton ($Z=36$) va rubidiy, ksenon ($Z=54$) va tseziy ($Z=56$), radon ($Z=86$) va fransiy ($Z=87$) juftlarida ham kuzatishimiz mumkin. Bu elementlar bitta elektroni bilan farq qilgani holda, birinchilari inert gaz, ikkinchilari esa ishqoriy metallardir. Buni sababini ham tushuntirib berish kerak edi.

Atomning tartib raqami ortgan sari uning o'lchami uzuluksiz kichiklashib borishi kerak, chunki elektronlar soni ortgan sayin Kulon tortishish kuchlari ham ortib boradi.

Lekin amalda esa atomlarni o'lchami bir davr elementlaridan boshqa davr elementlariga o'tganda uzluksiz holda emas, aniq bir qiymatni olgan holda keskin ortib ketadi.

Element II davr	Li	Be	B	C	N	O	F
Diametr $\overset{\circ}{A}$	3,10	2,26	1,82	1,54	1,42	1,32	1,28
Element III davr	Na	Mg	Al	Si	O	S	Cl
Diametr $\overset{\circ}{A}$	3,78	3,29	2,89	2,68	2,60	2,08	1,98

Masalan, bunga misol qilib ikkinchi davr oxiridagi fluor bilan uchinchi davr boshidagi natriyni olishimiz mumkin. Atom o'lchamini bir davrdan boshqa davrga o'tganda keskin o'zgarib ketishini nima bilan izohlashni Pauli tomonidan ta'kidlash prinsipi yaratilguncha bilishmadi.

Hozirgi vaqtda davriy sistemadagi barcha elementlarning elektronlari Pauli prinsipiga bo'yin so'ngan holda energetik sathlar bo'yicha qanday taqsimlanishi ma'lum. Biz birinchi element vodoroddan boshlaylik. Uning bittagina elektroni bor. Bu elektron Pauli va minimal energiya prinsipiga asosan $n = 1$, $l = 0$, $m = 0$, $S = -1/2$ kvant sonlar bilan ifodalanuvchi 8.2-jadvalda keltirilgan 1S energetik sathni egallaydi. Geliy atomida ikkita elektron 1S holatda spinlari antiparalell bo'lgan holda joylashadi va $1S^2$ ko'rinishida (1S holatda 2 ta elektron) yozildi. Geliyda K-qobiq 2 ta elektron bilan to'ladi, natijada davriy sistemadagi I davr tugaydi. Litiydagi ($Z=3$) uchinchi elektron

Pauli prinsipiga ko'ra to'lgan K-qobiqda joylashishi mumkin emas, u $n=2$ bo'lgan L-qobiqdagi eng kichik 2S energetik sathni egallaydi. Litiyda elektronlarni qobiqlar bo'yicha taqsimlanishi $1S^2 2S$ ko'rinishda belgilanadi. To'rtinchi element Be-bereliyda ($Z=4$) ikkinchi qobiqdagi 2S qobiqcha to'ladi. Bereliydan keyingi V($Z=5$) dan boshlab He ($Z=10$) gacha bo'lgan oltita elementda 2R qobiqchani to'lishi tugallanadi (jadval). Sistemani II davri inert gaz neon bilan tugaydi. Neonda L- qobiq to'lgan bo'ladi.

Natriydagi ($Z=11$) o'n birinchi elektron M-qobiqdagi eng quyi sath 3S da joylashadi. Unda elektronni qobiqlarda taqsimlanishi $1S^2 2S^2 2R^6 3S$ ko'rinishida belgilanadi.

Natriydagi 3S va litiydagi 2S-sathlarda bittadan elektron bo'lgani uchun ularning kimyoviy va fizik xossalari o'xshash bo'lib, ishqoriy metallar guruhiga kiradi. Uglerodan ($Z=12$) boshlab M-qobiqni to'lishi boshlanadi va argonda ($Z=18$) tugaydi. Argon ham He, Ne ga o'xshab inert gazdir. III-davr argon bilan tugaydi.

Kaliyning ($Z=19$) optik va kimyoviy xossalari xuddi Li va Na atomlariga o'xshaydi. Bu shundan dalolat beradiki, elektronlarning o'zaro ta'siri tufayli $n = 4$, holat $n = 3$, $l = 2$ holatga qaraganda kichik energiyaga ega bo'lib qolar ekan. Shuning uchun kaliyning 19-elektroni M-qobiqining 3d qobiqchasida joylashmasdan N qobiqning 4S qobiqchasida joylashar ekan. Natijada kaliy ham ishqoriy metall bo'lib qoladi.

Kalsiyning ($z=20$) spektroskopik va kimyoviy xossalari ham uni 20-elektronini 4S sathda joylashganini ko'rsatadi. Keyingi 21-element Sc - skandiydan boshlab M-qobiqni 3d qobiqchasi ham to'la boshlaydi va uni to'lishi Zn-tsinkda ($Z=30$) tugaydi. Keyingi N -qobiqni to'lishi Kr-kriptonda ($Z=36$) tugaydi. Ne va Ar ga o'xshab, kriptonni ham tashqi S va P qobiqchalari to'lgan bo'ladi. IV davr shu kripton - inert gazi bilan tugaydi.

Shunday mulohazalar Mendeleyev jadvalidagi boshqa elementlarga ham tegishli. Yana shu narsani aytib o'tish kerakki, elementlarning keyingi davrlari ham ishqoriy metallardan boshlanib, inert gazlarda tugaydi. Keyingi inert gazlarning ham oxirgi tashqi S va P-qobiqchalari to'lgan bo'ladi. Davriy sistemadagi lantanoidlar deb ataluvchi bir guruh elementlarni (lantandan ($Z=57$) boshlab lyuteytsiygacha ($Z=71$) xossalari bir xil bo'lgani uchun bir katakka, yana aktinidlar nomini olgan bir guruh elementlarni (aktiniydan ($Z=89$) boshlab lourensiygacha ($Z=103$) yana bir boshqa katakka joylashga to'g'ri keldi. Chunki, aktinidlarning ham xossalari bir-biriga juda o'xshash.

Davr	Z	Element	K	L		M			N			
			1S	2S	2P	3S	3P	3d	4S	4P	4d	4f
I	1	H	1									
	2	He	2									
II	3	Li	2	1								
	4	Be	2	2								
	5	B	2	2	1							
	6	C	2	2	2							
	7	N	2	2	3							
	8	O	2	2	4							
	9	F	2	2	5							
	10	Ne	2	2	6							
III	11	Na	2	2	6	1						
	12	Mg	2	2	6	2						
	13	Al	2	2	6	2	1					
	14	Si	2	2	6	2	2					
	15	P	2	2	6	2	3					
	16	S	2	2	6	2	4					
	17	Cl	2	2	6	2	5					
	18	Ar	2	2	6	2	6					
IV	19	K	2	2	6	2	6	-	1			
	20	Ca	2	2	6	2	6	-	2			
	21	Sc	2	2	6	2	6	1	2			
	22	Ti	2	2	6	2	6	2	2			
	23	V	2	2	6	2	6	3	2			
	24	Cr	2	2	6	2	6	5	1			
	25	Mn	2	2	6	2	6	5	2			
	26	Fe	2	2	6	2	6	6	2			
	27	Co	2	2	6	2	6	7	2			
	28	Ni	2	2	6	2	6	8	2			
	29	Cu	2	2	6	2	6	10	1			
	30	Zn	2	2	6	2	6	10	2			
	31	Ga	2	2	6	2	6	10	2	1		
	32	Ge	2	2	6	2	6	10	2	2		
	33	As	2	2	6	2	6	10	2	3		
	34	Se	2	2	6	2	6	10	2	4		
	35	Br	2	2	6	2	6	10	2	5		
	36	Kr	2	2	6	2	6	10	2	6		

Lantanoidlarning xossalari o'xshash bo'lishiga tashqi R va Q qobiqlarda bir xil, ya'ni 6S va 7S sathlarda ikkitadan elektron bo'lishi sabab bo'ladi.

Shunday qilib davriy sistemadagi elementlarning xossalarini bir-biriga yaqin bo'lishiga ularning tashqi elektron qobiqini o'xshashligi sabab bo'lar ekan. Masalan, inert gazlarning hammasining tashqi qobig'ida 8 tadan elektron bo'ladi. Ya'ni doimo S va R-qobiqcha elektron bilan to'lgan bo'ladi. Ishqoriy metallarning (Li, Na, K, Rb, Cs, Fr) S-qobiqchasida doimo 1 tadan elektron, ishqoriy - yer metallarida (Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra) S-sathda 2 tadan elektron, gologenlarining (F, Cl, Br, J, At) tashqi qobig'ini to'lishiga bittadan elektron etishmaydi.

Mavzuni mustahkamlash uchun savollar

1. Ishqoriy metallarning spektri deb nimag aytiladi?
2. Elektronning spin mexanik va spin magnit momentlari orasida qanday bog'lanish bor?
3. Lazerlar nima?
4. Lazer so'zi qayerdan olingan?
5. Lazer nurlari qanday hosil bo'ladi?
6. Lazerlarning qanday xossalarini bilasiz?

Uyga vazifa

Lazerlar.

24 - MA'RUZA. RENTGEN NURLARI.

Reja:

1. Rentgen nurlarining va ularning xossalari.
2. Rentgen nurlarning spektrlari
3. Uzlukli va uzluksiz spektrlar.
4. Mozli qonuni.

Tayanch iboralar: rentgen nurlari, rentgen trubkasi, rentgen yutulishi va sochilishi, uzlukli va uzluksiz spektrlar, mozli qonuni.

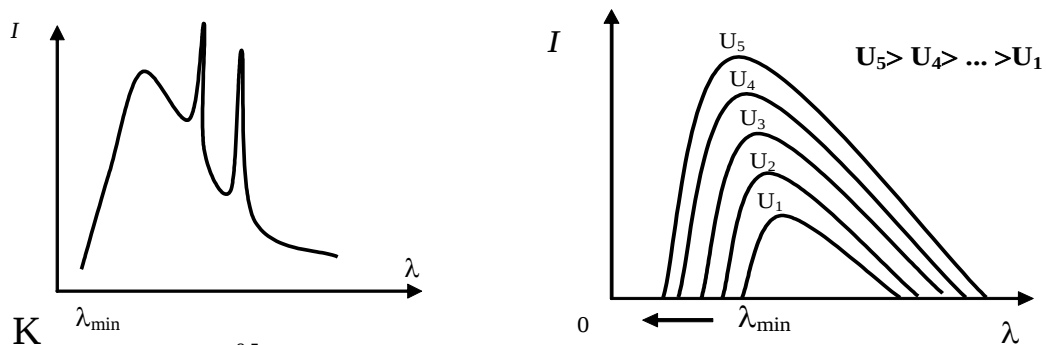
Ko'rgazmali qurollar: plakatlar, slaydlar.

O'tilgan mavzuni takrorlash

1. Ishqoriy metallarning spektri deb nimag aytiladi?
2. Elektronning spin mexanik va spin magnit momentlari orasida qanday bog'lanish bor?
3. Lazerlar nima?
4. Lazer so'zi qayerdan olingan?
5. Lazer nurlari qanday hosil bo'ladi?
6. Lazerlarning qanday xossalarni bilasiz?

Mavzuning borishi

1. Rentgen nurlarining va ularning xossalari. Rentgen nurlarini 1895-yilda nemis fizigi Vilgelm Rentgen (1845-1923) kashf etgan. U bu kashfiyoti uchun 1901-yilda birinchi bo'lib Nobel mukofotini olishga sazavor bo'lgan. V.Rentgen o'zi kashf etgan nurlarni dastlab X-nurlar deb atagan, keyinchalik bu nurlar uni nomi bilan ataladigan bo'ldi. V.Rentgen bu kashfiyotini katod nurlarini o'rganish vaqtida tasodifan topdi. U tajribalaridan birida katod nayini qora kardon qog'oz bilan yaxshilab o'radi. Xonani qorong'i qilib, katod nayida razryad hosil qilganda xonani boshqa tomonida u qandaydir nurlanishni ko'rdi. Ma'lumki, katod nurlari (elektronlar oqimi) havoda bir necha santimetr masofagacha tarqalishi mumkin xolos. Tajribani takrorlaganda ham, yana bu hol takrorlandi. Xonani yoritib qarasa, nurlanayotgan narsa, qurilma yaqinidagi flyuoressensiyalanuvchi ekran ekan. Shunda rentgen yangi nurlanish turiga duch kelganini tushundi.



eyinchalik ma'lum bo'ldiki, rentgen nurlanishi katta tezlikdagi elektronlarni keskin tormozlanishi natijasida hosil bo'lar ekan.

Rentgen nurlari sxemasi tasvirlangan rentgen trubkasida hosil qilinadi.

Maxsus transformatorga ulanadigan volfram sim katod (K) vazifasini o'taydi. Katod va anod (A) orasida hosil qilinadigan elektr maydon katoddan uchib chiqayotgan termoelektronlarni tezligini orttiradi. Yetarlicha katta kinetik energiyaga erishgan elektronlar volfram yoki platinadan qilingan anod mishenni ichiga kirib borish vaqtida keskin tormozlanishi natijasida rentgen nurlari hosil bo'ladi. Bu nurlar to'lqin uzunligi 10^{-12} – 10^{-8} oralig'ida bo'lgan elektromagnit to'lqinlardan iborat. Rentgen nurlarining elektromagnit to'lqin tabiati ularning kristallardan o'tishdagi difraksiyasi orqali isbotlangan.

2. Rentgen nurlarning spektrlari. Rentgen nurlarining spektral tarkibi murakkab bo'lib, elektronlar energiyasiga va anod materiallarining turiga bog'liq.

Rasmda rentgen nurlari spektrining tipik shakli tasvirlangan. Rentgen nuri spektri qisqa to'lqin uzunlik tomondan chegaralangan min tutash va tutash spektr sohasida joylashgan katta intensivlikdagi bir necha chiziqli (1, 2,...) spektrlar yig'indisidan iborat.

Tajribani ko'rsatishicha tutash spektr anod materialiga bog'liq bo'lmay, u faqat anodga urilayotgan elektronning energiyasiga bog'liq bo'lib, elektronlarning anodga urilishi natijasida tormozlanishi tufayli hosil bo'lar ekan. Shuning uchun ham rentgen nurining tutash spektri tormozlanish spektri deb ham ataladi. Bunday xulosa nurlanishning klassik nazariyasiga ham mos keladi, ya'ni bu nazariyaga ko'ra zaryadli zarrachalar tormozlanganda tutash spektrli nurlanish hosil bo'lishi kerak.

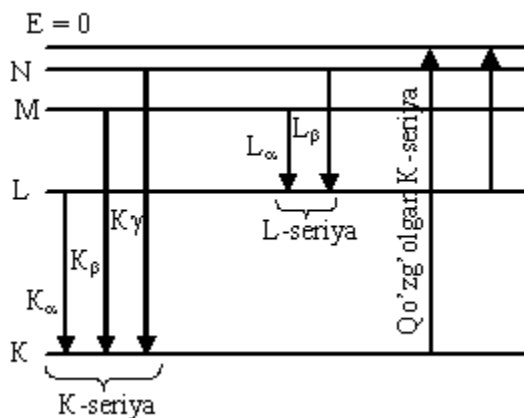
Agar anod va katod orasidagi kuchlanishni orttirib borsak, tutash rentgen nurini qisqa to'lqin uzunlik tomondagi chegarasi ham qisqa to'lqin uzunlik tomonga siljib boradi.

Rentgen nuri tutash spektrini qisqa to'lqin uzunliklar sohasidagi keskin chegarsini faqat kvant nazariya asosida tushuntirish mumkin. Agar elektronning kinetik energiyasi to'liqicha nurlanishga sarflansa, nurlanish chastotasi eng katta yoki nurlanish to'lqin uzunligi eng kichik bo'ladi, ya'ni

$$eU = \frac{m\vartheta^2}{2} = h\nu_{\max} = \frac{hc}{\lambda_{\min}}$$

Bu ifoda tajriba natijasiga mos keladi. Katod va anod orasidagi potentsiallar farqi qancha katta bo'lsa, shuncha qisqa uzunlikdagi rentgen nuri hosil bo'ladi.

3. Uzlukli va uzluksiz spektrlar. "Spektrning katta to'lqin uzunliklar sohasi qanday tushuntiriladi?" degan savol tug'ilishi mumkin. Tormozlanish vaqtida hamma elektronlarning ham energiyasi to'lig'icha nurlanishga aylanmaydi, ularning energiya-sining bir qismi issiqlikka aylanishi mumkin. Shuning uchun energiya-ning issiqlikka aylanishi ortgan sari kvantlar soni kamayadi, to'lqin uzunligi esa ortadi. Tutash rentgen spektrini qisqa to'lqin uzunliklar sohasidagi chegaraviy to'lqin uzunlikni o'lchab Plank doimiysini katta aniqlikda hisoblash mumkin.



Rentgen qurilmasini anodiga kelayotgan elektronlarning energiyasi oshishi bilan tutash rentgen nuri spektri ichida anod materialiga bog'liq bo'lgan katta intesivlikdagi bir necha chiziqli spektrga ega bo'lgan xarakteristik rentgen nurlanishi paydo bo'ladi. Bu nurlanishni hosil bo'lish jarayoniga to'xtalaylik. Atomning tashqi elektron qobig'idagi elektronlarni qo'zgalgan holatga keltirish uchun 0,1-10 eV atrofida energiya kerak. Bunda

atom turg'un holatga qaytayotganda IQ, UB yoki ko'zga ko'rinadigan sohadagi chiziqli spektrli yorug'lik chiqaradi.

Atomning yadroga yaqin joylashgan elektron qobiqini qo'zg'algan holatga keltirish uchun, 1-10 eV atrofida energiya kerak bo'ladi. Shuning uchun rentgen qurilmasi anodiga bir necha ming volt (40-80 kV) kuchlanish berilganda unda xarakteristik rentgen nurlanishi chiqishi kuzatiladi. Bunda anodda tormozlanayotgan elektronlarning bir qismi anod materiali atomlarining ichiga kirib, bu atomlarning K, M,... qobiqlardagi biror elektronni urib chiqarishi mumkin. Masalan, K- qobiqdagi biror elektron atomni tashlab chiqib ketganligi tufayli, uning bo'sh o'rniga L yoki M qobig'idagi elektron kelishi mumkin. Natijada xarakteristik rentgen nurlanishning K-seriyalari hosil bo'ladi. Ma'lumki K - qobiqdagi elektron atom bilan mustahkam bog'langan, L - qobiqdagi elektron esa zaifroq, M – qobiqdagisi undan ham zaifroq bog'langan. Shuning uchun $L \rightarrow K$ o'tishda vujudga keladigan xarakteristik rentgen nurlanishi kvantining energiyasi K va L qobiqlardagi elektronlarning bog'lanish energiyalari farqiga teng bo'ladi. Xarakteristik rentgen spektrning K, L, M va N seriyalarining vujudga kelish sxemasi.

Ma'lum bir seriyaga kirgan chiziqli spektrning tartibi ortgan sayin to'lqin uzunligi kamayib boradi. Agar anod materiali atom massasi og'irroq metall bilan almashtirilsa, xarakteristik rentgen nurlarini tarkibi o'zgarmaydi, ammo butun spektr qisqa to'lqin uzunlik tomonga siljiydi.

Ma'lum bir bosh kvant soniga mos kelgan xarakteristik rentgen nurlari ham orbital va magnit kvant sonlarini qiymatiga qarab bir necha spektral chiziqlarga bo'linib ketishi mumkin.

4. Mozli qonuni. Ingliz fizigi G.Mozli (1887-1915) 1913-yilda turli elementlarning xarakteristik rentgen nurlari spektrini o'rganib, uni nomi bilan ataluvchi va quyidagi formula bilan ifodalanuvchi qonunni aniqladi:

$$\nu = R(z - \sigma)^2 \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

bunda

ν - ma'lum bir xarakteristik rentgen nurining chastotasi,

R -Ridberg doimiysi, σ - ekranlash doimiysi, $m = 1, 2, 3, \dots$, qiymatlarni, n esa $n = m+1$ qiymatlarni qabul qiladi.

Mozli qonunining vodorod atomi spektral seriyalarni ifodalovchi Balmerning umumiy formulasi o'xshaydi.

Ekranlash doimiysining ma'nosi shundan iboratki, u ichki qobiqdagi "bo'sh" o'ringa tashqi qobiqlardan kelayotgan elektronga yadroning Z e hamma zaryadi ta'sir etmay, elektronlarning ekranlash ta'siri tufayli

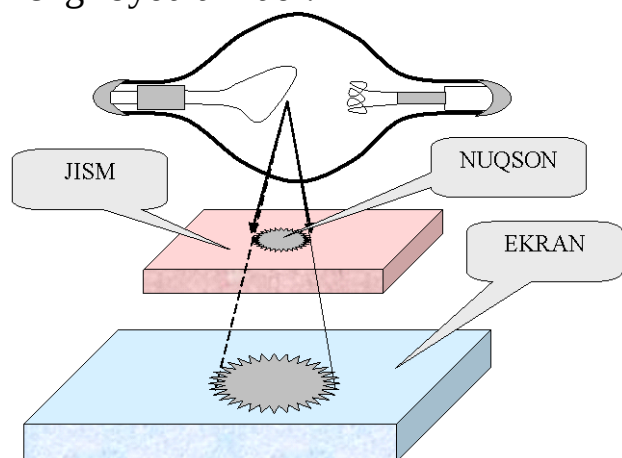
kuchsizlangan (Z-). e zaryad ta'sir etishini ko'rsatadi. Masalan, K seriyaning K chiziqli uchun faqat bitta elektron ekranlovchi ta'sir ko'rsatgani uchun teng 1 bo'lib Mozli qonuni

$$\nu = R (z - 1) \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} \right)$$

ko'rinishda yoziladi.

Mozli qonunning yana bir muhim tomoni shundan iboratki, u xarakteristik rentgen nuri chastotasi bilan elementning yadro zaryadi Z ni, ya'ni davriy sistemadagi o'rnini bog'laydi. Bundan elementning davriy sistemasidagi o'rnini aniqlashning yangi usuli kelib chiqadi. Shunday yo'l bilan sistemadagi elementlarning o'rniga aniqlik kritildi. Bu qonun yordamida argon bilan kaliy, kobalt bilan nikel o'rinlari almashtirildi.

Endi rentgen nurlarini qo'llanilishiga to'xtalib o'taylik. Rentgen nurlari yordamida kristall moddalardagi atomlarning joylashishini, kristallarning sofligini va joylashish vaziyatini, qotishmalariga termik va plastik ishlov berganda, ularda bo'ladigan o'zgarishlarni, qotishmalar olishda texnologik jarayonlarni, qattiq jismlardagi va tirik organizmlarda nuqsonlarni va boshqa narsalarni tekshirish mumkin. Rentgen nurlarining ajoyib xususiyatlaridan biri shundaki, ular yorug'lik nurlari uchun shaffof bo'lmagan jismlardan o'ta oladi. Aniqrog'i, rentgen nurlarining bir qismi jismda yutiladi, qolgan qismi esa jismdan o'tib ketadi. Jismning zichligi, qalinligi qanchalik kam bo'lsa, u shuncha rentgen nurlarini kam yutadi. Demak, zichligi kamroq jismlar rentgen nurlari uchun shaffofroq hisoblanadi. Uning bu xususiyatidan meditsina, metallurgiya, mashinasozlik va texnikaning boshqa sohalarida keng foydalaniladi.



Jism ichidagi nuqsonlarni aniqlash uchun ishlatiladigan qurilma sxemasi ko'rsatilgan. Agar jismdagi nuqsonni zichligi jismning boshqa sohalarining zichligidan kichikroq bo'lsa, rentgen nurlari bu nuqsondan o'tishda kamroq yutiladi, natijada ekranda uni shakli yorug'roq bo'ladi. Aksincha, nuqsonni zichligi kattaroq bo'lsa, ekranda uning shakli xirra-roq bo'ladi. Kerak bo'lgan hollarda

ekran o'rniga fotoplastinka qo'yib, nuqsonni rasmini olish ham mumkin. Bayon qilgan bu usul rentgenodefektoskopiya deb ataladi.

Mavzuni mustahkamlash uchun savollar

1. Rentgen nurlari nima?
2. Rentgen nurlarning nechiga bo'linadi va ular qaysilar?

3. Rentgen nurlari spektri va ularning hosil bo'lishini tushuntiring.
4. Mozli qonuni nima haqida va u nimalarga aniqlik kiritdi.
5. Rentgen nurlanishi spektridan Plank doimiysi qanday aniqlanadi?

Uyga vazifa

Rentgen nurlarini internet saytlardan to'ldirish.

25 - MA'RUZA. ELEMENTAR ZARRALAR VA ULARNING TA'SIRI.

Reja:

1. Zarralarning asosiy klassifikatsiyalari.
2. Zarrachalarning kuzatish va qayd qilish usullari.
3. Kosmik nurlar.
4. Zarralar va antizarralar.
5. Kuchsiz o'zaro ta'sir
6. Gravitatsion o'zaro ta'sir.
7. Yadroviy reaksiyalar.
8. Yadroviy reaksiyalar vaqtidagi massa, impulsi va uning saqlanish qonuni.

Tayanch iboralar: elementar zarralar ta'sirlashuvning turlari, kuchli ta'sirlashuv, elektromagnit ta'sirlashuv, kuchsiz ta'sirlashuv, elementar zarralar, yadroviy reaksiyalarning saqlanish, energiyasi, impulsi, massa saqlanish qonuni.

Ko'rgazmali qurollar: plakatlar, slaydlar.

1. Zarralarning asosiy klassifikatsiyalari. *Elementar zarralarning ta'sirlashuvi.* 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.

Kuchli yoki yadroviy ta'sirlashuv. Bu ta'sirlashuv atom yadrosidagi nuklonlarning (proton va neytron) aloqasini ta'minlaydi va yadroni bir butun mahsulot sifatida saqlab turadi. Aynan uning sharofati bilan moddalarning barqarorligi ta'minlanadi. Kuchli ta'sirlashuv atom yadrosining radiusiga teng $\sim 10^{-15}$ m masofada namoyon bo'la boshlaydi. U nuklonlar o'rtasida π -mezonlar almashinuvi bilan amalga oshiriladi.

Elektromagnit ta'sirlashuv. Bunday ta'sirlashuv barcha elektr zaryadiga eng zarralar orasida mavjud. U kuchli ta'siridan 137 marta kuchsiz. Ta'sir radiusi cheklanmagan. Elektromagnit maydon energiyasini tashuvchi

zarra foton vositasida amalga oshiriladi. U atomning mavjudligini ta'minlaydi. Eng batafsil o'rganilgan ta'sirlashuv hisoblanadi.

Kuchsiz ta'sirlashuv. Asosan elementar zarralarning parchalanishida namoyon bo'ladi. B – yemirilish, μ – yemirilish kuchsiz ta'sirlashuvga yaxshi misol bo'ladi. U kuchli ta'sirdan 10^{14} marta kuchsiz bo'lib, oraliq bozonlari (z, w) vositasida amalga oshiriladi.

Fotonlar. Bu guruh faqat bitta zarra – elektromagnit nurlanish kvanti fotondan iborat.

Leptonlar. Leptonlar (*“leptos”* yunoncha – yengil ma'nosini anglatadi) elektromagnit va kuchsiz ta'sirlarda ishtirok etadi. Leptonlarga elektron, myuon va tay neytrinosi, elektron, myuon, tay-lepton va ularning antizarralari kiradi.

Mezonlar. Massasi 207 elektron massasidan katta, ammo proton massasidan kichik bo'lgan zarralar mezonlar guruhini tashkil qiladi.

Barionlar. Og'ir zarralar. Ular protondan boshlanadi va nuklonlar, giperonlarni o'z ichiga oladi. Barcha ta'sirlashuvlarda ishtirok etadi.

Elektron zarralar jadvali

Zarralarning nomi			Belgisi		Elektron massasi birligidagi massasi	Elektron zaryadi birligidagi zaryadi	Yasash vaqti, s
			Zarra	Antizarra			
	Foton		γ	γ	0	0	Doimiy
Leptonlar	Elektron neytrinosi		ν_e	$\bar{\nu}_e$	0	0	Doimiy
	Myuon neytrinosi		ν_μ	$\bar{\nu}_\mu$	0	0	Doimiy
	Tau neytrino		ν_τ	$\bar{\nu}_\tau$	0	0	Doimiy
	Elektron		e^-	e^+	1	-1	Doimiy
	Muyon		μ^-	μ^+	207	-1	$2,2 \cdot 10^{-6}$
	Tau-lepton		τ^-	τ^+	3492	-1	$1,46 \cdot 10^{-12}$
Mezonlar	Pi-mezonlar (pionlar)		π^0	π^0	264,1	0	$1,83 \cdot 10^{-16}$
			π^+	π^-	273,1		$2,6 \cdot 10^{-8}$
	Ka-mezonlar (kaonlar)		K^+	K^-	966,4	1	$1,2 \cdot 10^{-8} K^0$
			K^0	$\bar{K}^0$	974,1		$8,9 \cdot 10^{-11} K^0$ $5,2 \cdot 10^{-8} K^0$
	Eta-nol-mezon		η^0	$\bar{\eta}^0$	1074	0	$2,4 \cdot 10^{-19}$
Barionlar	Nuklonlar	Proton	p	$\bar{p}$	1836,1	1	Doimiy (?) 10^3
		Neytron	n	$\bar{n}$	1838,6	0	

	Giperonlar	Giperon – lyambda	Λ^0	$\bar{\Lambda}^0$	2183,1	0	$2,63 \cdot 10^{-10}$
		Giperon – sigma	Σ^+	$\bar{\Sigma}^+$	2327,6	1	$8 \cdot 10^{-11}$
			Σ^0	$\bar{\Sigma}^0$	2333,6	0	$5,8 \cdot 10^{-20}$
			Σ^-	$\bar{\Sigma}^-$	2343,1	-1	$1,48 \cdot 10^{-10}$
		Giperon-ksi	Ξ^0	$\bar{\Xi}^0$	2572,8	0	$2,9 \cdot 10^{-10}$
			Ξ^-	$\bar{\Xi}^-$	2572,8	-1	$1,64 \cdot 10^{-10}$
		Omega-minus giperon	Ω^-	$\bar{\Omega}^+$	3273	-1	$8,2 \cdot 10^{-11}$

Shu bilan birga, spinning qiymatiga qarab zarralar fermionlarga (spini $S = \frac{1}{2}$ bo'lgan zarralar) va bozonlarga (spini $S = 0$ yoki butun $S = 1$ bo'lgan zarralar) bo'linadi. Yashash davriga qarab, zarralar *barqaror* va *beqaror* zarralarga ajratiladi.

Kvarklar. Materiyaning eng kichik g'ishtchalari hisoblangan elementar zarralar murakkab tuzilishiga ega ekanligi ma'lum bo'lgandan so'ng, materiyaning haqiqatdan eng kichik g'ishtchalarini izlash muammosi vujudga keldi. Agar shunday zarralar mavjud bo'lsa, hozirgacha bizga ma'lum bo'lgan va murakkab tuzilishga ega bo'lgan barcha zarralar ulardan tashkil topgan bo'lishi kerak. 1964-yilda amerikalik fizik M.Gell-Mann va D.J.Sveyglar mezonlar va barionlar *kvarklar* deb ataluvchi sodda zarralardan tashkil topganligi to'g'risidagi gipotezani taklif qildilar. Bu gipotezaga muvofiq, barionlar uchta: *u*, *d*, *s* kvarklardan, antibarionlar esa antikvarklardan tashkil topgan. Bu kvarklar yarim spinga ega bo'lishlari, zaryadlari esa elektron zaryadining $\frac{1}{3}$ va $\frac{2}{3}$ qismiga teng bo'lishi kerak. Keyinchalik yana ikkita: *c* “maftunkor” (inglizcha “charm”) va *b* “go'zal” (inglizcha “beauty”) kvarklari antikvarklari bilan birga kiritiladi. Zamonaviy gipotezalarga ko'ra, kvarklar ham leptonlar kabi oltita bo'lishi kerak. Lekin *t* “haqiqiy” (inglizcha “truth”) kvarkning mahsulini topish maqsadida qilinayotgan barcha urinishlar hozircha hech qanday natija bermadi. Shu bilan birga kvark va antikvarklarning kombinatsiyalari mavjud mezonlarning barchasini vujudga kelishini tushuntirib bera oladi. Shu nuqtayi nazardan qaraganda, kvarklar hech qanday ichki tuzilishga ega emas va ularni chin ma'noda elementar zarralar deb hisoblash mumkin.

2. Zarrachalarning kuzatish va qayt qilish usullari. Radioaktiv modellarning 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 ionlashishiga va fotokimyoviy ta'sirlarga asoslangandir. Bu vazifani bajaruvchi asboblarning ham ikki turga bo'linadi:

1. Zarralarni fazoning biror qismidan o'tganligini qayd qiluvchi va ba'zi hollarda ularning baz'i xarakteristikalarini, masalan, energiyasini aniqlashga imkon beruvchi asboblarning. Bunday asboblarga sintillatsion (chaqnovchi) hisoblagich. Cherenkov hisoblagichi, gaz razryadli hisoblagich, yarimo'tkazgichli hisoblagich va impulsli ionlashtiruvchi kamera misol bo'la oladi.

2. Zarraning moddada izini kuzatishga, masalan, suratga tushirishga imkon beruvchi asboblarning. Bunday asboblarga Vilson kamerasi, diffuziyali kamera, pufakli kamera, fotoemulsiya usuli misol bo'la oladi. Biz quyida ularning ba'zilarini bilan tanishib o'tamiz.

Sintillatsion hisoblagich. Ish prinsipi tez zarralarning fluoretsiyalanuvchi ekranga tushishida ro'y beradigan chaqnash – sintillatsiyaning kuzatilishiga asoslangan. Hosil bo'lgan kuchsiz yorug'lik chaqnashi elektr impulsiga aylantiriladi va kuchaytirilib, maxsus apparatlar yordamida qayd qilinadi. A – zarra birinchi marta aynan shunday hisoblagich yordamida qayd qilingan edi.

Gaz razryadli hisoblagich. Bunday hisoblagich, odatda, gaz to'ldirilgan metall silindr (katod) va uning o'qi bo'ylab tortilgan ingichka sim (anod)dan iborat bo'ladi. Qayd etiladigan zarra elektrod orasidan o'tganda gazni ionlashtiradi. Bu ionlar esa gaz, devor atomlari va molekulalar bilan to'qnashib, ularni ikkilamchi ionlashtiradi. Umuman olganda, ikki xil razryadli hisoblagich mavjud. Birinchisi, *proporsional hisoblagich* deyilib, unda deb ataluvchi ikkinchi xil hisoblagichda esa gaz razryadi mustaqil bo'ladi. Geyger-Miyuler hisoblagichlarning ajrata olish vaqti $10^{-3} - 10^{-7}$ s ni tashkil qiladi, ya'ni shunday vaqt oralig'ida tushgan zarralar qayd qilinadi. Gaz razryadli hisoblagichlarning zaryadlangan zarralarni qayd etish unumdorligi 100% bo'lsa, γ – kvantlar uchun 5% ni tashkil qiladi.

Vilson kamerasi. Kamera 1911-yilda ingliz fizigi Ch. Vilson tomonidan yaratilgan. U tez uchib kelayotgan zarralarning bug'simon holatdagi moddadan o'tganida, shu modda molekulalarini ionlashtirishiga asoslangan.

Fotoemulsiya usuli. 1927-yilda rus fizigi L. Misovski zaryadlangan 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.

3. Kosmik nurlar. 1912 – yilda Yer sirtidagi havo qatlamining ionlashuvini o'rgangan avstriyalik fizik V.F.Gess qiziq natijaga duch keldi. Uning fikriga ko'ra, havoning ionlashuvini asosan Yerdan chiqayotgan radioaktiv nurlar vujudga keltirishi va shuning uchun ham yuqoriga ko'tarilgan sari havoning ionlashuvi kamayishi kerak edi. Ammo tajriba natijasiga ko'ra 500 m balandlikdagi havoning ionlashish darajasi Yer sirtinikidan 3 marta katta bo'lib chiqdi.

Ushbu holni tahlil qilgan olimlar, havoning ionlashuvini faqatgina Yerning radioaktivligi emas, balki koinotdan va Quyoshdan kelayotgan nurlar ham vujudga keltiradi, degan xulosaga kelishdi. Bu nurlarga *kosmik nurlar deb* nom berdi.

Tajribalarning ko'rsatishicha, kosmik nurlarning intensivligi yuqoriga ko'tarilgan sari tez ortadi va o'zining maksimal qiymatiga erishgach, yana kamayadi. Taxminan 50 km balandlikdan boshlab intensivlik qariyb o'zgarmay qoladi. Kosmik nurlar *birlamchi va ikkilamchi* kosmik nurlarga ajratiladi.

Birlamchi kosmik nurlar. Bevosita kosmosdan keladigan nurlar *birlamchi kosmik nurlar* deyiladi.

Ikkilamchi kosmik nurlar. Atmosferaning yuqori qatlamlarigacha yetib kelgan birlamchi kosmik nurlar u yerdagi atom yadrolari bilan to'qnashib *ikkilamchi kosmik nurlarni* vujudga keltiradi.

4. Zarralar va antizarralar. “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 200 dan ortiq elementar zarralar mavjud. Ularning ko'pchiligi nostabil bo'lib, asta-sekin yengil zarralarga aylanadi.

Antizarralar. Birinchi antizara – elektronning antizarrasi (qarama-qarshi zarrasi) – *positron* kashf qilingandan so'ng, boshqa zarralarning ham antizarrasi yo'qmikan, degan savol tug'ildi. Antipotron 1955-yilda mis nishoni protonlar bilan bombardimon qilish natijasida hosil qilindi. 1956-yilda esa Eynshteyn kashf qilindi. *Hozirgi paytda har bir zarraning o'z antizarrasi, ya'ni massasi va spini teng zaryadli esa qarama-qarshi bo'lgan zarra mavjudligi aniqlangan.*

Elektron va protonlarning antizarralari zaryadining ishorasi bilan farq qilsa, neytron va antineytron xususiy magnit momentlarining ishorasi bilan

farq qiladi. Zaryadsiz zarralar foton, π^0 – mezonlarning o'zlari va antizarralarining fizik xossalari bir xil.

5. Kuchli va kuchsis o'zaro ta'sir. Elementar zarralarning kuchli o'zaro ta'siri o'ziga xos o'lchamsiz doimiy bilan xarakterlanadi:

$$\alpha_s = \frac{g^2}{4\pi\hbar c} \approx 15$$

bunda g - kuchli o'zaro ta'sir "zaryadi" (mezon zaryadi). Kuchli ta'sirning asosiy xossalari:

- a) ta'sir radiusi juda kichik
- b) yadrolar barqarorligini ta'minlaydi
- v) universal emas
- g) eng yuqori simmetriyaga ega
- d) yadroda nuklonlar π^0 , $\pi^\pm$, $K^\pm$ kabi mezonlar almashinish tufayli bog'lanadi, kvarklar esa glyuonlarga almashinadi.

Elektromagnit o'zaro ta'sir. Elektromagnit kuchlarga nisbatan yaxshiroq o'rganilgan. Zarralarning o'zaro elektromagnit ta'sirlashuv kuchi kuchli o'zaro ta'sirga qaraganda ancha ojiz, boshqa kuchlarga nisbatan esa o'ta kuchlidir. Elektromagnit kuchlarining ta'sir doirasi 10^{-12} sm dan tortib kosmik masofalargacha davom etadi. Ko'pchilik fizikaviy hodisalar: atomlar va molekulalar tuzilishi, kristallar, ximiyaviy reaksiyalar, jismlarning termik va mexanikaviy xususiyatlari, radioto'lqinlar, quyosh va yulduzlarning nurlanishi va hokazo hodisalar elektromagnit kuchlarining ta'sir doirasiga kiradilar.

Elektromagnit o'zaro ta'sir har xil zarralarda har xil shiddat bilan namoyon bo'ladi. Elektr zaryadiga ega bo'lgan zarralarda eng katta elektromagnit o'zaro ta'sir kuchlari vujudga keladi. Massasi va spini nolga teng bo'lmagan zaryadsiz zarralar o'zaro kuchsizroq elektromagnit ta'sirda bo'ladilar. Eng kuchsiz elektromagnit o'zaro ta'sirga neytral, spinsiz zarralar, masalan neytral π -mezon egadir. Zarralardan neytrino elektromagnit ta'sirni deyarli sezmaydi.

Elektromagnit o'zaro ta'sirni nozik tuzilish doimiysi deb ataluvchi o'lchamsiz kattalik xarakterlaydi:

$$\frac{e^2}{\hbar c} \approx \frac{1}{137}$$

Elektromagnit o'zaro ta'sir zarralarning o'zidan foton chiqarib va yutib turishi jarayonida hosil bo'ladi deb tushuntiriladi. Bunday jarayon ham virtual, ya'ni kuzatib bo'lmaydigan jarayondir.

Kuchsiz o'zaro ta'sir. Agar tabiatda kuchsiz o'zaro ta'sir bo'lmasa, zarralardan faqat neytrino bo'lmas edi. Yadrolar, atomlar, molekulalar, kristallar mavjud bo'laverardi. Faqat barqaror zarralar soni va binobarin,

atomlar va materiyaning tuzilish shakllari ancha ko'p bo'lardi. Kuchsiz o'zaro ta'sirning mavjudligi ba'zi bir zarralarni va natijada jismlarning ba'zi tuzilish shakllarini barqaror qiladi. Shunday qilib, kuchsiz o'zaro ta'sir ko'proq zarralarning parchalanishi bo'yicha "mutaxassisdir". Masalan, myu-mezonlar, zaryadli pi-mezonlar, neytron va boshqa bir guruh oqim zarralarning parchalanishi faqat kuchsiz o'zaro ta'sir orqaligina ro'y beradi. Kuchsiz o'zaro ta'sir jarayonlarining bunchalik xilma-xilligiga qaramasdan ularning hammasi uchun doimiy bitta:

$$\left(\frac{G}{\hbar c}\right)^2 \left(\frac{\hbar}{mc}\right)^{-4} \approx 5 \cdot 10^{-14}$$

$\frac{\hbar}{mc}$ - parchalanuvchi zarraning kompton to'liq uzunligi, G - parchalanish jarayoni uchun bog'lanish doimiysi.

Kuchsiz o'zaro ta'sir doirasining radiusi eng qisqa bo'lib, taxminan 10^{-16} sm ga teng. Kuchsiz o'zaro ta'sirni tashuvchi zarralar $W^\pm$ va Z^0 oraliq bozonlardir.

Kuchsiz o'zaro ta'sir kuchli va elektromagnit o'zaro ta'sirlarga qaraganda kamroq simmetriyaga ega, ya'ni kuchsiz o'zaro ta'sirlarda saqlanish qonunlari ko'proq buziladi.

5. Gravitatsion o'zaro ta'sir. Gravitatsion o'zaro ta'sir ko'rib o'tilgan o'zaro ta'sirlar ichida eng zaifidir. Tabiatda mavjud to'rtta o'zaro ta'sirlar ichida zarralarning o'zaro gravitatsiya ta'siri uni xarakterlovchi vaqtning juda kattaligi ($\sim 10^{17}$ sek) va unga xos ta'sir kuchining juda kichikligi (10^{-38}) sababli hozirgacha elementar zarralar nazariyasida deyarli e'tiborga olinmaydi.

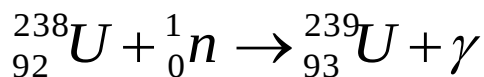
Gravitatsion o'zaro ta'sir o'zining uchta muhim xususiyati - cheksiz katta ta'sir doirasiga egaligi, absolyut universalligi va har qanday ikki massa o'rtasidagi ta'sir kuchi ishorasining bir xilligiga asosan butun Koinotda, astronomik masshtablarda asosiy rol o'ynaydi. Uchinchi xususiyatiga asosan gravitatsion o'zaro ta'sir kuchi shu ta'sirdagi jismlarning massalari ortishi bilan tez ortadi.

Shu sababli elementar zarralar nazariyasining oxirgi yutuqlari gravitatsion o'zaro ta'sir katta energiyalik zarralar olamida munosib o'ringa ega bo'lishi mumkinligini ko'rsatdi. Haqiqatdan yuqori energiyagacha tezlatilgan zarralarning relyativistik massasi ortishi bilan gravitatsion o'zaro ta'sir sezilarli bo'ladi. Elektromagnit maydonga qiyos qilib gravitatsion o'zaro ta'sir gravitonlar deb ataluvchi zarralar vositasida vujudga keladi deb hisoblanadi. Har qanday jism, zarralar o'zidan gravitonlar chiqarib turadi. Gravitonning harakatsiz holdagi massasi 10^{-39} - 10^{-42} MeV ga, ya'ni deyarli nolga teng, harakat tezligi yorug'lik tezligidan biroz kam, spini ikkiga teng.

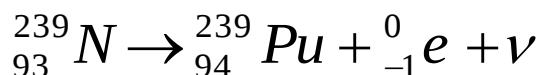
Gravitonning to'lqin uzunligi 10^{28} sm. Bu kattalik koinotning radiusiga teng keladi.

Gravitatsion o'zaro ta'sirni xarakterlovchi vaqtning va gravitonlar to'lqin uzunligining cheksiz kattaligi bu ta'sirning butun Olam bo'ylab deyarli so'nmasdan tarqalishiga sabab bo'ladi. Shunday qilib gravitatsiya maydoni bilan o'zaro ta'sirda bo'ladigan har qanday zarra uchun gravitonlar har doim realdir. Real gravitonsiz hech qanday holatning bo'lishi mumkin emas. Bu fikr har qanday o'zaro ta'sirda ham ishtirok qiluvchi gravitatsiya maydoni universal ekanligini ko'rsatadi.

6. Yadroviy reaksiyalar. Tabiiy uranlarda ishlovchi reaktorda ikkilamchi neytronlarning bir qismini uran – 238 yutib uran – 239 ga aylanadi:



Uran bir karra β – yemirilishidan so'ng neptuniy yadrosi plutoniy – 239 yadrosiga aylanadi:



Plutoniy – 239 ning yarim yemirilish davri 24 ming yilga teng va uning bo'linish qobiliyati uran – 235 dan kam emas. Undan yadro reaktorlarida yonilg'i sifatida foydalanish mumkin. Shunday qilib, uran – 235 ning ishlatilishi undan yomon bo'lmagan yonilg'i – plutoniy – 239 ning hosil bo'lishiga olib keladi.

Bitta uran – 235 yadrosi bo'linganda o'rtacha 2,5 ta neytron ajraladi. Zanjir reaksiyasini davom ettirish uchun esa bitta neytron yetarli. Demak, 1,5 ta neytron plutoniy yadrosini hosil qilishga sarflanadi. Shunday qilib, uran – 235 yadrosi bo'linganda nafaqat energiya ajralib chiqmay, ishlatilganidan ko'ra ko'proq yadro yonilg'isi ham qayta ishlab chiqilar ekan.

Yadro reaktorining turlari. Hozirgi paytda turli-tuman reaktorlar yaratilgan bo'lib, ular quyidagi turlarga bo'linadi:

- *yonilg'i yadrosining bo'linishini vujudga keltiradigan neytronlarning energiyasiga qarab:* issiq neytronlar reaktori; tez neytronlar (energiyasi 1 MeV dan katta neytronlar) reaktori;

- *yonilg'ining turiga qarab:* tabiiy uranda, boyitilgan uranda, sof yonilg'ida ishlaydigan reaktorlar;

- *vazifasiga qarab:* ilmiy tadqiqotlar uchun, plutoniy ishlab chiqarish uchun, elektr energiya ishlab chiqarish uchun mo'ljallangan reaktorlar.

7.Yadroviy reaksiyalar vaqtidagi massa, impul's va uning saqlanish qonuni. Ikki zarracha sistemasining harakati to'g'risidagi

massala qo'zg'almas markazdan r masofada turgan va massasi ikkala zarracha massalari orqali

$$\mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$$

bilan ifodalangan bitta zarrachaning harakati to'g'risidagi masalaga ekvivalent ekan. μ massa saqlanish qonuni deb ataladi. Nyutonning uchinchi qonuniga binoan, bu kuchlarning kattaligi teng va yo'nalishi qarama – qarshi, shuning uchun

$$F_{12} + F_{21} = 0$$

$m_1 r_1 = F_{12}$ va $m_2 r_2 = F_{21}$ larni qo'shib va $F_{12} + F_{21} = 0$ ni hisobga olgan holda quyidagilarni topamiz:

$$m_1 r_1 + m_2 r_2 = 0,$$

bunda

$$\frac{d}{dt}(m_1 r_1 + m_2 r_2) = 0,$$

$$m_1 r_1 + m_2 r_2 = \text{const},$$

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = \text{const}$$

$m_i r_i = m_i v_i$ vektor kattalik zarrachaning impulsi yoki harakat miqdori deb ataladi.

Har qanday kichik kuchlar ta'sirida bo'lgan ikkita zarracha sistemasida impulsining saqlanish qonunini ifodalaydi. n ta zarrachalar sistemasiga ham umumlashtirish mumkin. k – zarrachaning harakat tenglamasi

$$m_k r_k = \sum_l F_{kl}$$

Sistemaning barcha zarrachalari uchun harakat tenglamalarni yozib va ularning yig'indisini olib, chap tomonini vaqtdan olingan birinchi hosila shaklida ifodalaymiz:

$$\frac{d}{dt} \sum_i m_i r_i = \sum_{i,j} F_{ij}$$

Nyutonning uchinchi qonuniga binoan, har bir kuchlar juft uchun

$$F_{kl} + F_{lk} = 0$$

shuning uchun,

$$\frac{d}{dt} m_i r_i = 0$$

yoki

$$\sum m_i r_i = \text{const},$$

shuni isbot qilish kerak edi.

Mavzuni mustahkamlash uchun savollar

1. Kuchli o'zaro ta'sirni tushuntirib bering?
2. Qanday ta'sirlarga kuchsiz o'zaro ta'sir deb ataladi?
3. Gravitatsion ta'sir qanday ta'sir?
4. Yadroviy reaksiyalar vaqtidagi massa, impul's va uning saqlanish qonunlarni tushuntirib bering.

Uyga vazifa

Bosqichma-bosqich o'zaro ta'sirlashish. Materiyaning yagona nazariyasi haqida.

25 - MA'RUZA. ATOM YADROSI VA TERMOYADROVIY REAKSIYALAR

Reja:

1. Atom yadrosining tarkibi.
2. Yadro kuchlari va ularning xossalari.
3. Yadro massasi va bog'lanish inergiyasi.
4. Tabiiy radioaktivlik. Sun'iy radioaktivlik.
5. Radioaktivlik qonunlari.
6. Yadrolarning bo'linishi.
7. Termoyadroviy reaksiya energiyasi. Termoyadroviy reaksiyalar.
8. Yagona maydon haqida tushuncha.
9. Olamning paydo bo'lishi va uning kelajagi.

Tayanch iboralar: atom yadrosining tuzilishi, yadro kuchlari, atom yadrosi, radioaktivlik, sun'iy radioaktivlik, tabiiy radioaktivlik, yadrolarning bo'linishi, zanjir reaksiyasi.

Ko'rgazmali qurollar: plakatlari, animasion dasturlar, slaydlar.

O'tilgan mavzuni takrorlash

1. Kuchli o'zaro ta'sirni tushuntirib bering?
2. Qanday ta'sirlarga kuchsiz o'zaro ta'sir deb ataladi?
3. Gravitatsion ta'sir qanday ta'sir?
4. Yadroviy reaksiyalar vaqtidagi massa, impul's va uning saqlanish qonunlarini tushuntirib bering.

Mavzuning brishi

1. Atom yadrosining tarkibi. Atom markazida yadro joylashgan va uning atrofida turli orbitalar bo'yicha elektronlar tinimsiz harakat qiladi. Atom yadrosi atomning markaziy qismida joylashgan bo'lib, proton va neytronlardan tashkil topgan. Atomning ichki tuzilishi qanday? - bu savol XX asr boshlarigacha yechilmay keldi. Shu davrga qadar faqat atomning

o'lchami 10^{-8} sm atrofida ekanligi, musbat va manfiy zarralar esa atom ichida muallaq harakatda ekanligi, hamda elektron massasi atom massasiga nisbatan bir necha ming marta kichik bo'lishligi ma'lum edi, xolos.

Yana bir elementar zarra - neytronni 1932-yil Chedvik aniqladi. Shundan so'ng fizik D.D.Ivanenko va nemis olimi V.Geyzenberg bir-biridan mustaqil ravishda atom yadrosi proton va neytronlardan tashkil topgan, degan fikrni ilgari surdilar. Shu tariqa atom yadrosining proton-neytron modeli yaratildi. Proton va neytronning birgalikdagi nomi nuklon deb ataladi. Bu nom lotincha NUCLEUS yadro degan so'zdan olingan bo'lib, u proton va neytron yadroviy zarralar ekanligini anglatadi.

Proton musbat elementar elektr zaryadga ega bo'lgan zarradir, ya'ni $q=+e=+1,60219 \cdot 10^{-19}$ Kl. Uning tinchlikdagi massasi $m_p=1,67265 \cdot 10^{-27}$ kg. Neytron esa elektroneytral zarra bo'lib, uning tinchlikdagi massasi $m_n=1,67495 \cdot 10^{-27}$ kg. Bundan tashqari energiya va massaning ekvivalent qonuniga ($W = m \cdot c^2$) asoslanib, massa Joullarda yoxud elektron Voltlarda ($1J = 6,2419 \cdot 10^{18}$ eV) ham ifodalanadi. Demak,

$$m_p=1,5033 \cdot 10^{-10} \text{ J} = 938,28 \text{ MeV}$$

$$m_n=1,5054 \cdot 10^{-10} \text{ J} = 939,57 \text{ MeV}$$

Har qanday fermionlar (Fermi-Dirak statistikasiga tegishli zarralar) kabi nuklonlarning ham spinlari (Spin - ingliz so'zidan olingan bo'lib burilib aylanish deganidir) yarimga teng, ya'ni $S = 1/2$. Elementar zarralar spinlarini kvant sonlari yordamida ana shunday yozish mumkin. Proton yoxud neytronning spini $1/2$ ga teng deyilganda, nuklon spinining ixtiyoriy yo'nalishga (masalan tashqi magnit maydon yo'nalishiga) proyeksiyasi

$$\frac{1}{2} \hbar = \frac{1}{2} \cdot 1,054559 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} = 0,5273 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

ga teng ekanligini tushunishimiz lozim.

Proton va neytronlar xususiy magnit momentlarga ham ega, ularning qiymatlari quyidagicha:

$$\mu_p = + 2,79 \mu_{\text{я}}$$

$$\mu_n = - 1,91 \mu_{\text{я}}$$

Bu ifodadagi yadrolar va zarralarning magnit momentlarini o'lchash uchun qo'llaniladigan va yadroviy magneton deb ataluvchi kattalik. Bu tushuncha Bor magnetoniga qiyoslab kiritilgan. Agar Bor magnetoni ifodasining maxrajidagi elektron massasi m_e o'rniga proton massasi m_p qo'ysak, yadroviy magnetonning ifodasi hosil bo'ladi:

$$\mu_{\text{я}} = \frac{e\hbar}{2m_p} = 5,0508 \cdot 10^{-27} \frac{\text{A}}{\text{M}^2}$$

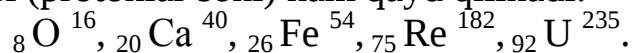
D.I.Mendeleyev davriy jadvalidagi elementlarning tartib nomeri Z shu element atomi yadrosining zaryadini aniqlaydi. Yadrodagi nuklonlar soni,

ya'ni yadro tarkibidagi barcha protonlar soni Z va barcha neytronlar soni N ning yig'indisi

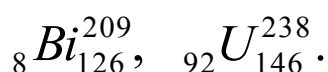
$$Z + N = A$$

yadroning massa soni deyiladi.

Yadrolarni belgilashda elementning ximiyaviy simvolidan foydalanib, simvolning yuqoridagi o'ng tomonida yadroning massa soni yoziladi. Masalan: Li^7 , Au^{197} va hokazo. Ba'zan simvolning pastki chap tomonida elementning tartib nomeri (protonlar soni) ham qayd qilinadi:



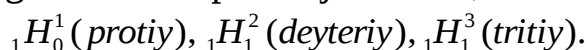
Ba'zi hollarda esa yadrodagi protonlar va neytronlar sonini aks ettirish uchun ximiyaviy simvolning pastki o'ng tomoniga neytronlar soni ham yozib qo'yiladi:



Demak, yadroni xarakterlash uchun Z, N va A sonlar qo'llaniladi. Bu sonlardan birontasi o'zgarmas bo'lgan yadrolarni umumlashtiruvchi quyidagi nomlardan foydalaniladi:

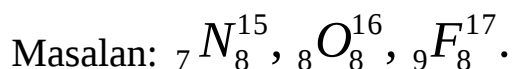
1. Z lari bir xil bo'lgan yadrolar IZOTOPLAR deyiladi.

Masalan vodorodning uchta izotopi mavjud bo'lib,



Demak, izotoplar deganda neytronlar soni bilan farqlanuvchi ayni element atomlarining yadrolarini tushunish lozim.

2. N lari bir xil bo'lgan yadrolar IZOTONLAR deyiladi.



3. Z va N lari har xil, lekin $A=Z+N$ lari bir xil bo'lgan yadrolar IZOBARLAR deyiladi.



Yadrolarning impuls momentlari (yoki oddiygina spinlari) yadro tarkibiga kiruvchi nuklonlarning orbital va xususiy momentlarining vektor yig'indisi shaklida aniqlanadi. Yadrolar spinlarining qiymatlari Z va N larning toq va juftligiga bog'liq:

- Z va N lari juft sonlar bilan ifodalangan barcha yadrolar (bunday yadrolar juft-juft yadrolar deb ataladi) ning spinlari nolga teng.
- Z va N lari toq sonlar bilan ifodalangan yadrolar (bunday yadrolar toq-toq yadrolar deb yuritiladi) ning spinlari butun sonli qiymatlarga (masalan 0, 1, 2, ...) ega bo'ladi.
- Nuklonlarning umumiy soni $A=Z+N$ toq sonli qiymatlar bilan aniqlanadigan yadrolar (Z-toq, N-juft, yoki aksincha, bo'lishi lozim) ning spinlari 1/2, 3/2, 5/2 va hokazo qiymatlarga teng bo'ladi.

Yadroning magnit momentini yadro tarkibidagi nuklonlar xususiy magnit momentlarining vektor yig'indisi tarzida ifodalash mumkin emas. Bu fikrimizning isboti tariqasida H^2 (deyteriy) yadrosi ustida mulohaza yuritaylik. H^2 yadrosi bitta proton va bitta neytrondan tashkil topgan. Uning spini 1 ga teng. Bundan proton va neytronning spinlari bir xil yo'nalishga ega (chunki $1/2+1/2=1$), degan xulosaga kelamiz. U holda deyteriyning magnit momenti

$$\mu_H = \mu_p + \mu_n = (2,79 - 1,91\mu_{ya}) = 0,88\mu_{ya}$$

bo'lishi lozim edi. Tajribalarda esa deyteriyning magnit momenti $0,86\mu_{ya}$ ga tengligi topiladi. Demak, yadroning magnit momentida nuklonlarning xususiy magnit momentlaridan tashqari protonlarning orbital magnit momentlarining qissasi ham mavjud.

Yadro o'lchamlarini aniqlash uchun bir qator tajribalar o'tkazilgan. Bu tajribalarda yadrolarning shakli sferaga yaqinligini va bu sferalarning radiuslari yadroning massa sonini $1/3$ darajasiga proporsional ekanligi aniqlanadi:

$$R_{ya} \approx 1,3 \cdot 10^{-15} A^{1/3} \text{ m.}$$

Yadro moddasining zichligini esa taqribiy ravishda quyidagicha aniqlash mumkin:

$$\rho_{\text{я}} = \frac{m_{\text{я}}}{V_{\text{я}}} = \frac{A \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}{\frac{4}{3} \pi R_{\text{я}}^3} \approx 1,8 \cdot 10^{17} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}.$$

Demak, yadro moddasining zichligi yadro tarkibidagi nuklonlar soniga bog'liq emas. Uning qiymati shu qadar kattaki, yadroviy modda zichligidek zichlikka ega bo'lgan jismdan yasalgan, radiusi 200 m chamasidagi sharning massasi Yerning massasiga teng bo'lar edi.

$$F_k = \frac{e \cdot e}{4\pi\epsilon_0 r^2} \approx 34 H$$

2. Yadro kuchlari va ularning xossalari. Nuklonlar orasidagi o'zaro gravitatsion tortishish kuchi demak, bu aqlga sig'maydi. Chunki tortishish kuchi juda kichik. Ikkita proton orasida o'zaro tortishish kuchi, ular orasidagi kulon ta'sir ichida ham 10^{36} marta kichik. Bu kuch kulon kuchi ham bo'lishi mumkin emas. Chunki yadrodagi protonlar orasida tortishish emas, balki itarishish kuchlari mavjud bo'lishi kerak. Proton va elektrneytral neytron hamda neytron – neytron orasida umuman Kulon ta'sir bo'lishi mumkin emas. Bundan tashqari, elektr xarakteriga ega atomdagi elektronning energiyasi eV lar tartibida bo'lsa, yadrodagi nuklonlarning energiyasi undan million marta kattaligini oldingi mavzuda qayd etdik. Bularning hammasi, yadroda bizga noma'lum bo'lgan boshqa kuch mavjud, degan xulosaga kelishimizga sabab bo'ldi.

Yadroni kulon kuchi ta'sirida parchalanib ketishidan saqlab turadigan bunday tortishish kuchlari yadro kuchlari deyiladi.

3. Yadro massasi va bog'lanish inergiyasi. Turli kimyoviy elementlar izotoplarining massalari mass-spektrometr deb ataluvchi qurilmalar yordamida yetarlicha aniqlik bilan o'lchanadi. Mass-spektrometrlarning tuzilishi rasmda tasvirlangan. Ion manbaida (IM) jism atomlari musbat zaryadlangan ionlarga aylantiriladi. So'ngra D_1 va D_2 tirqishli to'siqlar oralig'ida q zaryadli ionlar qU energiyagacha tezlatiladi, ya'ni vakuum kameraga (VK) kirayotgan ionlar uchun

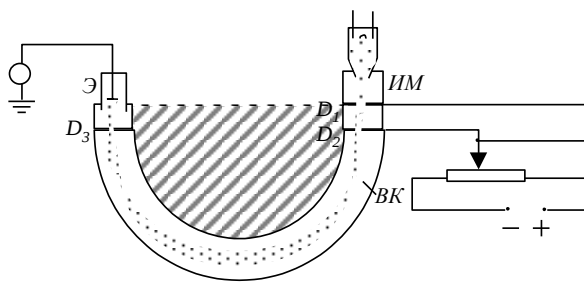
$$\frac{mV^2}{2} = qU$$

munosabat o'rinli bo'ladi. Bunda m - ionning massasi, V - uning tezligi. Vakuum kamerada ionlarga perpendikulyar yo'nalishdagi bir jinsli magnit maydon ta'sir etadi. Bu maydon ta'sirida ion aylanma taryektoriya bo'yicha harakatlanadi. R radiusli aylana bo'ylab harakatlanayotgan ionga ta'sir etuvchi markazdan qochma kuch induksiyasi B bo'lgan magnit maydon tomonidan ta'sir etuvchi Lorens kuchiga teng, ya'ni

$$\frac{mV^2}{R} = qVB$$

tenglamalarni birga yechsak,

$$m = \frac{qR^2B^2}{2U}$$



ifodani hosil qilamiz. Demak, m massa va q zaryad bilan xarakter-lanuvchi ionning induksiyasi B bo'l-gan bir jinsli maydondagi aylanma trayektoriyasining radiusi U tezla-tuvchi potentsial bilan aniqlanadi. Shuning uchun

tezlatuvchi potentsial-ni asta-sekin o'zgartirib, ion orbita-sining radiusini kamera radusiga moslashtirish mumkin. Natijada ionlar D_3 to'siqdagi tirqishdan o'tib E elektrometr-ga tushadi, bu esa o'z navbatida elektrometr tokining qiymatini keskin oshishiga sabab bo'ladi. (2.4) ifodadan foydalanib ion massasi aniqlanadi. Yadro massasi haqida axborot olish uchun ion massasidan uning tarkibidagi barcha elektronlar massalarini ayirish kerak, albatta. Mass-spektrometrlar yordamida olingan ma'lumotlar shuni ko'rsatadiki, yadroning massasi uning tarkibidagi nuklonlar massalarining yig'indisidan kichik. Masalan, He^4 yadrosining massasi 4,001523 m.a.b. ga

teng. Bu yadro ikki proton va ikki neytrondan tashkil topgan. Bu nuklonlarning umumiy massasi

$2 m_p + 2 m_n = (2 * 1,007276 + 2 * 1,008665) \text{ m.a.b.} = 4,031882 \text{ m.a.b.}$ ga teng. Demak, He^4 yadrosining massasi uning tarkibidagi nuklonlarning umumiy massasidan $\Delta m = (2m_p + 2m_n) - m_{\text{He}^4} = (4,031882 - 4,001523) \text{ m.a.b.} = 0,030359 \text{ m.a.b.}$ qadar kichik. Bu muammoni qanday tushunmoq kerak. Mazkur savolga javob berish uchun nisbiylik nazariyasining asosiy xulosalaridan biri bo'lgan energiya va massaning ekvivalentligi haqidagi prinsipga murojaat qilamiz. Bu printsipning ta'kidlashicha, agar sistema biror ΔW energiya yo'qotsa yoki qo'shib olsa, uning massasi

$$\Delta m = \frac{\Delta W}{c^2}$$

qadar kamayadi yoki ortadi. Shu prinsipga asoslanib yuqoridagi misolni muhokama qilaylik. Ikki proton va ikki neytrondan iborat sistema mavjud. Nuklonlar bir-biri bilan ta'sirlashmaydigan darajadagi uzoqlikda joylashgan (ya'ni izolyatsiyalashgan) xayoliy holni sistemaning bir holati desak, to'rtala nuklon yadro bo'lib bog'langan real holni sistemaning ikkinchi holati deb hisoblash lozim. Sistemaning bu ikki holatdagi massalarining o'zgarishi m ga teng bo'lyapti.

Demak, munosabatga asosan, nuklonlar bir-biri bilan bog'langanda (yadro tarzida) ularning energiyasi

$$\Delta W = \Delta m \cdot c^2$$

ga o'zgaradi. Boshqacha aytganda, Δm - nuklonlarning bog'lanish energiyasini ifodalovchi kattalik.

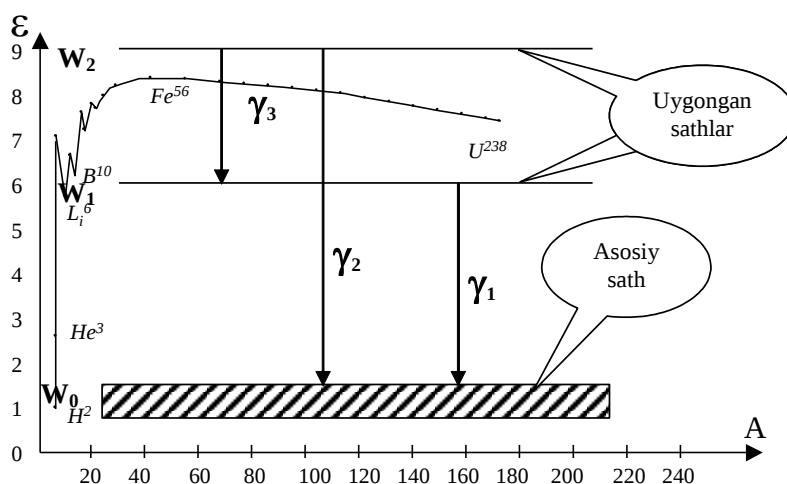
Umuman, fizikada (kimyoda ham) bog'lanish energiyasi deganda shu bog'lanishni butunlay buzish uchun bajarilishi lozim bo'ladigan ish tushuniladi. Xususan, yadrodagı nuklonlarning bog'lanish energiyasi - yadroni tashkil etuvchi nuklonlarga butunlay ajratish uchun sarflanadigan energiyadir. Uning qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$W_b = (Zm_p + Nm_n - m_{ya})c^2.$$

Yadro bog'lanish energiyasining nuklonlar soniga nisbati, ya'ni

$$\varepsilon = \frac{W_b}{A}$$

kattalik yadrodagı nuklon bog'lanishining o'rtacha energiyasi deb ataladi. ε ning qiymati qanchalik katta bo'lsa, nuklonni yadrodan ajratish uchun shunchalik ko'proq energiya sarflash kerak bo'ladi. Bu esa o'z navbatida yadroning mustahkamroq ekanligini bildiradi. ε ning turli yadrolar uchun qiymatlari. Abssissa o'qi bo'ylab yadrolarning massa soni A joylashtirilgan.



Rasmdan ko'rinishicha, $A = 50 \div 60$ da ε ning qiymati maksimumga ($\sim 8,8 \text{ MeV}$) erishadi. Eng kichik qiymat esa H^2 misolida ($\sim 1 \text{ MeV}$) kuzatiladi. Massa soni 3 ga teng bo'lgan H^3 va He^3 yadrolari uchun $\varepsilon \approx 2,5 \text{ MeV}$. Lekin He^4 yadrosida ε ning qiymati 7 MeV ga yetadi. Shuning uchun ham He^4 juda mustahkam yadro sifatida namoyon bo'ladi. Umuman, Mendeleyev davriy jadvalining o'rta qismidagi elementlar yadrolari, ya'ni $40 < A < 120$ bilan xarakterlanuvchi yadrolarda nuklonlar yadro bilan mustahkam bog'langan. Nuklonlar soni yanada oshgan sari ε ning qiymati kamayib boradi. Masalan, uran uchun ε ning qiymati $7,6 \text{ MeV}$ ga teng. ε ning A ga bog'liqlik grafigidagi $40 < A < 120$ sohani deyarli gorizontal bo'lishini yadroviy kuchlarning to'yinish xususiyati bilan tushuntiriladi, ya'ni yarodagi har bir nuklon qolgan barcha nuklonlar bilan emas, balki faqat o'zining atrofidagi nuklonlar bilan yadroviy kuchlar vositasida ta'sirlashadi. $A < 40$ sohada esa yadrolardagi nuklonlar soni unchalik ko'p emas. Shuning uchun har bir nuklon yadrodag i barcha nuklonlar bilan ta'sirlashadi. Bu esa o'z navbatida ε ning qiymatini yadrodag i nuklonlar soniga deyarli proporsional o'zgarishiga sabab bo'ladi. Grafikning og'ir yadrolariga mos sohada pasayishini yadrodag i protonlar orasidagi kulon itaraishish kuchlarining roli bilan tushuntiriladi. Haqiqatan, og'ir yadrolarda yadroviy kuchlar to'yingan. Kulon kuchlari esa yadro o'lchamidan katta masofalarda ham namoyon bo'la oladi. Shuning uchun bu kuchlar yadrodag i protonlar soniga monand ravishda ortib boradi va yadroviy kuchlarga qarshilik ko'rsatadi. Bu esa og'ir yadrolarda ε ning qiymatini kamayishiga olib keladi. Z proton va N neytrondan tashkil topgan yadro bog'lanish energiyasining qiymatlari bir necha bo'lishi mumkin. Bu qiymatlar yadroning turli holatlarini ifodalaydi. Xususan, yadroning asosiy holatiga bog'lanish energiyasining eng kichik qiymati W_0 mos keladi. Bog'lanish energiyasining kattaroq qiymatlari esa yadroning uyg'onan holatlarini xarakterlaydi. Shuning uchun yadro

bog'lanish energiyasining mumkin bo'lgan $W_i > W_0$ qiymatlari ayni yadroning energetik sathlarini ifodalaydi. 17.4-rasmda yadroning asosiy va uyg'ongan energetik sathlari tasvirlangan. Yadro bir uyg'ongan holatdan quyiroq uyg'ongan holatga yoki asosiy holatga o'tganda elektromagnit nurlanish chiqaradi. Bu nurlanish gamma-kvant yoki gamma-nur (γ) deb ataladi. Chiqariladigan γ -nurlarning energiyasi yadroning boshlang'ich va oxirgi holatlarini xarakterlovchi energetik sathlar farqiga teng. Masalan, γ_1 -kvant energiyasi $W_1 - W_0$ ga, γ_2 -kvant energiyasi esa $W_2 - W_0$ ga teng. Lekin yuqoriroq sathdan quyiroq sathga o'tishlarning barchasi ham amalga oshavermaydi. Umuman, o'tishlar intensivligi (ya'ni ehtimolligi) sathlarning kvant xarakteristikalariga bog'liq. O'tishlar intensivligining tafsiloti ancha murakkab bo'lib, ular ustida to'xtalmaymiz.

4. Tabiiy radioaktivlik. Uran radioaktiv 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 holda, suv, tuproqda, jonli organizmning hujayralarida, oziq – ovqatlarda istalgancha topiladi.

Tabiiy radioaksiya deb, nostabil atomi yadrolarining turli zarralar chiqarish va energiya ajratish bilan stabil izotoplarga aylanishiga aytiladi.

Sun'iy radioaktivlik. Uran radioaktiv 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 holda, suv, tuproqda, jonli organizmning hujayralarida, oziq – ovqatlarda istalgancha topiladi. Yadro reaksiyalari vositasida olinadigan izotoplarning radioaktivligi sun'iy radioaktivlik deyiladi. Sun'iy va tabiiy radioaktivlik orasida unchalik farq yo'q. Ular bir xil qonuniyatlarga bo'ysunadi.

5. Radioaktivlik yemirilish qonunlari. Yadroning radioaktiv nur chiqarish bilan boshqa yadroga aylanishi radioaktiv yemirilishi yoki soddagina yemirilish deyiladi.

Radioaktiv yemirilgan yadro ona yadro, hosil bo'lgan yadro esa bola deyiladi. 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, bu ba'zilarida milliardlab yil davom etadi. Umuman olganda, yadroning yemirilishi tasodifiy hodisadir. Shuning uchun, u yoki yadroning berilgan vaqt oralig'ida yemirilishi statistik qonunlariga bo'ysunadi. Radioaktiv elementning asosiy

xarakteristikalaridan bittasi har bir atomning bir sekund davomida yemirilish ehtimoli bilan aniqlanadigan kattalikdir. U λ harfi belgilanadi va radioaktiv yemirilish doimiysi deyiladi.

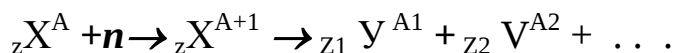
Agar boshlang'ich moment $t = 0$ da N_0 ta radioaktiv atom mavjud bo'lsa, t momentda qolgan radioaktiv tomlarning soni

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

qonunga muvofiq aniqlandi. Bu yerda $e \approx 2,72$ natural logarifmning radioaktiv yemirilish qonuni deyiladi.

6. Yadrolarning bo'linishi. E. Fermi (Italiya), I. Jolio - Kyuri va P. Savich (Fransiya), O. Gan va F. Shtrassman (Germaniya), O. Frish va L. Maytner (Avstriya) lar ning tajribalari va nazariy izlanishlari tufayli neytronlar bilan bombardimon qilingan og'ir yadrolar (masalan, uran) ni ikki qismga bo'linishi aniqlandi. Bundan tashqari neytronlar, elektronlar va γ - nurlanishlarning ham vujudga kelishi kuzatildi. Bu hodisa yadro bo'linishi deb nom oldi. Bo'linish jarayonida vujudga kelgan (Mendeleyev davriy jadvalining o'rtarog'idagi elementlariga taalluqli) yadrolarni esa bo'linish parchalari deb ataldi.

Bu hodisani yadro fizikasiga oid bilimlarimiz asosida talqin qilib ko'raylik. Neytron ${}_0^1\text{X}$ yadroga kirgach, uning nuklonlari orasida o'ralashib qoladi. Natijada yangi ${}_Z^A\text{X}$ yadro hosil bo'ladi, u esa ikki yadroga, ya'ni, ${}_{Z_1}^{A_1}\text{Y}$ va ${}_{Z_2}^{A_2}\text{V}$ yadrolarga bo'linadi. Bo'linish natijasida vujudga kelishi mumkin bo'lgan boshqa zarralar bilan qiziqmasak, mazkur reaksiyani quyidagicha yoza olamiz:

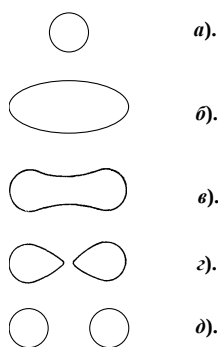


X yadroni Y va V yadrolarga ajralish imkoniyati energetik nuqtai nazardan

$$Q = (\epsilon_1 A_1 + \epsilon_2 A_2) - \epsilon A$$

ifodaning ishorasiga bog'liq. ϵ_1 , ϵ_2 , ϵ lar mos ravishda bo'linish parchalari - Y va V hamda X yadrolardagi bitta nuklonga to'g'ri keluvchi bog'lanish energiyalarining qiymatlari. Davriy jadvalning o'rta qismidagi elementlar yadrolari uchun nuklonning yadroga bog'lanish energiyasi (ya'ni, ϵ_1 va ϵ_2 lar) ning qiymatlari jadval oxiridagi og'ir yadrolarniki (ya'ni ϵ) ga nisbatan $\sim 0,8$ MeV katta. Shuning uchun Q ning ishorasi musbat bo'ladi. Bundan tashqari X yadroning nuklonlari Y va V yadrolar orasida taqsimlanganligi uchun

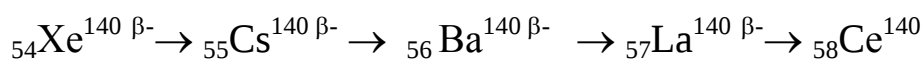
$$Z_1 + Z_2 = Z \text{ ba } A_1 + A_2 = A + 1 \approx A$$



deb hisoblash mumkin. Natijada og'ir yadro (masalan, U^{235}) ikki o'rtacharoq yadroga ajralganda $Q \approx A * 0,8 \text{ MeV}$ energiya ajralishi lozim, degan xulosaga kelamiz. Qizig'i shundaki, (hisoblashlar massa soni 100 dan katta bo'lgan barcha yadrolar uchun Q ning ishorasi musbat ekanligini ko'rsatdi. Demak, nazariy jihatdan $A > 100$ bo'lgan yadrolar o'z-o'zidan, ya'ni spontan bo'linishi mumkin. U holda nima uchun spontan bo'linish faqat og'ir yadrolarda kuzatiladi? Haqiqatan, spontan ravishda og'ir yadroni ikki

o'rtacharoq yadroga ajralishi elementlar davriy jadvalining oxiridagi ba'zi yadrolarda sobiq sovet fiziklari G.N.Flerov va K.A.Petrjaklar tomonidan kuzatildi. Lekin spontan bo'linishning tajribada aniqlangan ehtimolligi juda kichik, ya'ni yarim yemirilish davri nihoyat katta. Masalan, uran uchun $0,8 \cdot 10^{16}$ yilga teng. Demak, yuqoridagi savolni quyidagicha ifodalansa ham bo'ladi: nima uchun ikkiga ajralishga nisbatan $Q > 0$ bo'lgan yadrolarning bo'linishini amalga oshirish uchun tashqaridan biror ta'sir berilishi kerak? Bu savolga javob berish uchun yadroning tomchi modelidan foydalaniladi. Mazkur modelda atom yadrosi suyuqlik tomchisiga o'xshatiladi. Shuning uchun yadroning bo'linish jarayonini bayon qilishdan oldin suyuqlik tomchisi ustidagi mulohazalarga to'xtab o'taylik. Agar sharsimon suyuqlik tomchisini astagina turtsak, u deformatsiyalanib, "nafas olayotgandek" tebranadi. Bunda tomchining shakli sharsimondan ellipsoidsimonga, undan yana sharsimonga o'tadi. Shu tarzda ma'lum vaqt tebrangach, tomchi yana sharsimon shaklini oladi, chunki bu shakl tomchi uchun asosiydir. Agar tomchiga berilgan turtki yetarlicha katta bo'lsa, tomchi tebranish jarayonida elastik deformatsiyaning kritik nuqtasidan o'tib ketadi. Natijada tomchining boshlang'ich sferasimon shaklga qaytish imkoniyati yo'qoladi. Shuning uchun tomchi bir necha bosqichlardan o'tib, ikkiga ajraladi. Yadroning bo'linishi ham tomchinikiga o'xshash bo'ladi. Neytron yadro ichiga kirib nuklonlarga aralashib ketadi va yadroviy kuchlar tufayli yadro bilan bog'lanib qoladi. Bunda neytron yadrodagi nuklonlar "kollektivi"ga o'zining kinetik va bog'lanish energiyalarining yig'indisiga teng miqdordagi energiya beradi. Yadroga berilgan bu energiya suyuqlik tomchisini deformatsiyalash jarayonida berilgan energiyaga o'xshaydi. Neytron olib kirgan energiya ta'sirida yadro bo'linadigan darajada deformatsiyalanmasa, bir qator tebranishlardan so'ng yadro boshlang'ich holatga qaytadi. Tebranish energiyasi esa γ -kvant tarzida nurlantiriladi. Agar neytronning energiyasi yadroga v -rasmda tasvirlangandek gantelsimon shaklni berishga yetarli bo'lsa, endi yadro sferasimon shaklini tiklay olmaydi. Haqiqatan, gantelsimon shaklga kelgan yadroning chekkalarida joylashgan protonlarning o'zaro itarishish kuchlarini yadroviy kuchlar muvozanatlashtira olmaydi, chunki yadroviy kuchlar faqat qisqa masofalardagina tortishuv xarakteriga ega. Natijada gantelsimon

shakldagi yadro ikki yadroga bo'linish parchalariga ajraladi. Yadroning bo'linishi uchun yetarli darajada deformatsiyalay oladigan energiyaning qiymati bo'linishning kritik energiyasi W_{kr} (yoki *aktivlash energiyasi*) deb ataladi. Yadro bo'linish hodisasining nazariyasini 1939-yilda N.Bor, J.Uiller va Rossiyalik fizik Ya.I.Frenkel yaratdi. Shu nazariyaga asoslangan yadroning bo'linish mexanizmini soddalashtirilgan tarzda yuqorida bayon qildik. Endi, yadroning bo'linishida kuzatiladigan neytronlar va elektronlar qanday sabablar tufayli vujudga keladi? degan savolga javob beraylik. Buning uchun yadrolar tuzilishidagi quyidagi qonuniyatga e'tibor beraylik. Elementlar davriy jadvalidagi turli stabil (ya'ni, barqaror) yadrolardagi neytronlar soni N ning protonlar soni Z ga nisbati entil yadrolar uchun taxminan 1 ga teng bo'lsa, og'ir yadrolar sohasiga siljiganimiz sari bu nisbatning qiymati kattalashib boradi. Masalan, O^{16} , Ag^{108} , Ba^{137} , U^{238} yadrolari uchun N/Z ning qiymatlari mos ravishda 1,0; 1,3; 1,46; 1,6 larga teng. Demak, og'ir yadro (masalan, uran) bo'linishi tufayli hosil bo'lgan bo'linish parchalarida ham neytronlar protonlardan anchagina ko'p bo'ladi (chunki $N/Z = 1,6$ edi). Bundan tashqari bo'linish parchalari yangigina vujudga kelgan vaqtda nihoyat darajada deformatsiyalangan bo'ladi. Bunday deformatsiyalarga ega bo'lgan yadrolarni o'ta uyg'ongan yadrolar deb ataladi. O'ta uyg'ongan yadroning potentsial energiyasi juda katta. Shuning uchun o'ta uyg'ongan yadro (bo'linish parchasi) "silkinib" o'zidan bir-ikkita neytron chiqarib yuboradi. Neytron chiqarish bo'linish vaqti boshlangandan so'ng 10^{-14} s lar chamasi vaqt ichida sodir bo'ladi. Shu sababli mazkur neytronlar *oniy neytronlar* deb ataladi. Oniy neytronlar chiqarilgandan keyin ham bo'linish parchalarni tarkibida ortiqcha neytronlar mavjud bo'ladi. Shuning uchun bo'linish parchalari β -yemirilishga moyil bo'ladi, ya'ni elektron va antineytron chiqarib neytron protonga aylanadi. Natijada parcha-yadroning zaryadi 1 ga ortadi, neytronlarning soni esa 1ga kamayadi. Lekin bu yadroda ham neytronlar ortiqcha bo'lishi mumkin. U holda bu yadroda yana β - yemirilish sodir bo'ladi. Faqat oxirgi yadrodagi N/Z nisbat barqarorlik (stabillik) shartiga javob beradigan shartni qanoatlantirgandagina β -yemirilishlar zanjiri to'xtaydi. Masalan, uranning bo'linishi tufayli hosil bo'lgan bo'linish parchalaridan biri - Xe^{140} ning β -yemirilish zanjiri quyidagicha:



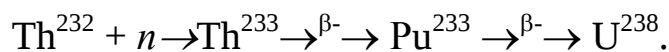
Yuqorida Xe^{140} yadrosini uran yadrosining bo'linishi tufayli vujudga keladigan parchalardan biri deb atadik. Bunday deyishimizning sababi shundaki, uranning 60 ga yaqin bo'linishi kuzatiladi. Ular ichida bo'linish parchalarining massa sonlari nisbati A_1/A_2 ning $2/3$ ga yaqin bo'lganlari esa katta ehtimollik bilan amalga oshadi.

7. Termoyadroviy reaksiya energiyasi. Termoyadroviy reaksiyalar.

Yadroviy sintez reaksiyasi, hozircha, boshqarilmaydigan tarzda amalga oshirilishi mumkin. Boshqariladigan termoyadroviy reaksiyani amalga oshirish uchun, asosan ikki qiyinchilikni yengish kerak. Birinchidan "termoyadroviy yoqilg'i" ning temperaturasi $\sim 10^8$ K gacha qizdirish, ya'ni quyosh temperaturasidan taxminan 10 marta yuqori temperaturalarni olish usulini topish lozim. Bunchalik yuqori temperaturalar zarurligining sababi nimada? Masala shundaki, sun'iy ravishda termoyadroviy reaksiya sodir bo'ladigan qurilmaning hajmi chegaralangan, natijada undan issiqlik yo'qolishi ham quyoshdagidan ancha katta bo'ladi, albatta. Shuning uchun sun'iy ravishda hosil qilinadigan "mitti quyosh" temperaturasi quyoshnikidan ancha yuqori bo'lishi lozim. "Termoyadroviy yoqilg'i" bunday yuqori temperaturalarda termoyadroviy plazmaga aylanadi. Berk hajmdagi plazma kamera devorlari bilan kontaktga kiradi va unga issiqlik berib soviydi yoki xuddi vodorod bomba misolidagidek kamerani eritib yuboradi. Shuning uchun termoyadroviy plazmani berk hajmda biror muddat davomida saqlab turish muammosi tug'iladi. Bu ikkinchi qiyinchilikdir.

Olimlar plazmaning magnit maydon yordamida izolyatsiyalash mumkin, degan fikrni ilgari surdilar. Bu fikrga asoslanib turli qurilmalar yasalgan. Ular ichida sobiq sovet olimlari yasagan va "Tokamak" nomi bilan yurgiziladigan qurilmalar e'tiborga loyiqdir. "Tokamak" lar yordamida Xalqaro hamkorlik asosida boshqariladigan termoyadroviy reaksiyani amalga oshirish bo'yicha izlanishlar ham olib borilmoqda.

8. Yagona maydon haqida tushuncha. Hozirgi vaqtda dunyoning 16 mamlakatida 100 dan ortiq atom elektrostansiya (AES) lar ishlab turibdi. Ularning umumiy elektr quvvati $4 \cdot 10^7$ kVt dan ortiq. Bundan buyon energetik balansda yadroviy energetikaning ulushi ortib boradi. Buning sababi shundaki, dunyoda ishlatilayotgan energiyaning taxminan 70% i neft va gazni yoqish hisobiga olinmoqda. Borgan sari oshib borayotgan energiya ehtiyojlarini hisobga olsak, neft va tabiiy gaz zapaslari uzog'i bilan 50 yilga yetadi. Ko'mirni yoqish hisobiga esa energiya ehtiyojlarini uzog'i bilan 500 yil davomida qondirib turish mumkin. Bu raqamlar insoniyatning energiya ta'minotida vujudga kelgan muammoni xarakterlaydi. Bu muammoni hal qilishda yadroviy energetikaga muhim rol ajratilgan. Hozirgi vaqtda AES larning reaktorlarida, asosan, U^{235} dan foydalanilmoqda. Lekin U^{238} dan tez neytronlar ta'sirida Pu^{239} hosil qilish (3.9 ga q.) mumkin. Bu protsess ko'paytirgich reaktorlarda amalga oshadi. Natijada bunday reaktorlarda ikki protsess, ya'ni yadroviy bo'linish va yangi "yoqilg'i" - plutoniy hosil bo'ladi. Ko'paytirgich reaktorlardan foydalanib yana bir "yoqilg'i" ni hosil qilish mumkin:



U^{233} va Pu^{239} larda xuddi U^{235} ga o'xshash, issiqlik neytronlar ta'sirida bo'linish reaksiyasi amalga oshadi. Mutaxassislarning fikricha, boshqariladigan bo'linish reaksiyalari uchun kerak bo'ladigan "yoqilg'i" lardan shu tarzda foydalanilsa, ular insoniyat energiyaviy ehtiyojlarini bir necha yuz yil davomida qondira olar ekan.

Termoyadroviy reaksiyani boshqarish muammosi hal bo'lgan taqdirda insoniyat uchun energiya tanqisligi xavfi butunlay yo'qolgan bo'ladi, chunki okean suvlaridagi "Termoyadroviy yoqilg'i" ning zapaslari juda katta.

9. Olamning paydo bo'lishi va uning kelajagi. Olam shunchalik turli-tumanki, barcha jismlar birgina navli zarralardan tuzilmaganligiga hech qanday shubha yo'q. Biroq ajablanadigan joyi shundaki, yulduzlarning moddasi xuddi Yerning moddasi singaridir. Koinotdagi barcha jismlarni hosil qiluvchi atomlar mutlaqo bir xil tuzilishga ega. Jonli organizmlar ham xuddi jonsiz organizmlar tuzilgan atomlardan iborat.

Elementar zarralar va ularning aylanishlari kashf etilgandan keyin materiya tuzilishining birligi olamning yagona manzarasida asosiy o'ringa chiqdi. Bu birlikning zahirida barcha elementar zarralarning moddiylik yotadi. Turli elementar zarralar materiya mavjudligining turli konkret shakllaridir.

Olamning fizik manzarasi haqidagi klassik tasavvurlarning revolyutsion o'zgarishi materiyaning kvant xossalari kashf etilgandan so'ng ro'y berdi. Mikrozarralarning harakatini tavsiflovchi kvant fizikasi paydo bo'lgandan so'ng olamning yagona fizik manzarasida yangi elementlar ko'zga tashlana boshladi.

Materiyani uzlukli tuzilishiga ega bo'lgan moddaga va uzluksiz maydonga bo'linishi o'zining absolyut ma'nosini yo'qotdi. Har bir maydonga shu maydonning o'z zarralari (kvantlari) mos keladi: elektromagnit maydonning zarrasi fotonlar, yadro maydonining zarrasi π -mezonlar yanada chuqurroq sathda esa glyuonlar va hokazo.

O'z navbatida barcha zarralar to'lqin xossalarga ega. Korpuskulyar-to'lqin dualizmi materiyaning barcha shakllariga xos.

Kvant nazariyasining prinsiplari mutloqo umumiy bo'lib, barcha zarralarni, ular orasidagi o'zaro ta'sirlarni va ularning o'zaro aylanishlarini tavsiflash uchun qo'llanilaveradi.

Shunday qilib, hozirgi zamon fizikasi tabiat birligining ko'p tomonlarini yaqqol namoyish qilmoqda. Biroq olam birligining ko'p tomonlarini, ehtimol, hatto bu birlikning fizik mohiyatini bilib olishga hali muvaffaq bo'lingani yo'qdir. Nima uchun shunchalik ko'p elementar zarralar mavjudligi noma'lum. Nima uchun ularning muayyan massalari, zaryadlari va boshqa

xarakteristikalari mavjudq hozirgacha barcha bu kattaliklar eksperimental aniqlab kelindi.

Fizikada aniqlanadigan fundamental qonunlar o'zlarining murakkabligi va umumiyliigi bilan har qanday hodisalarni o'rganish asoslanadigan dalillardan ancha ustun turadi. Biroq, ular ham bevosita kuzatiladigan sodda hodisalar haqidagi bilimlar kabi to'g'ri va shu darajada ob'yektivdir. Bu qonunlar hech qachon, har qanday sharoitlarda ham buzilmaydi.

Fizika fanining taraqqiyoti falsafiy qarashlarda tub burilishlarga olib keldi va bir qator muammolarni keltirib chiqardi. Masalan, kvarklarni nazariy kashf etilishi va ularni erkin holda kuzatish printsiptial mumkin emasligi "narsa o'zida" tezisini qayta anglashga olib keldi. Fizikaning rivojlanishi va materiyaning yagona nazariyasini qurilishi yagona olamning fizik manzarasini yaratish imkonini berdi, dunyoni bilishning ilmiy asosini vujudga keltirdi. Dialektik materializmning "materiya shakllari va xususiyatlari cheksizdir" degan tezisi tasdiqlanib bormoqda.

Mavzuni mustahkamlash uchun savollar

1. Aton yadrorosi tushunchasni kim kiritgan?
2. Nimaga asoslanib bunday tushuncha kiritilgan?
3. Yadrodan qancha kichik?
4. Atom massasining qancha qismi yadroda mujassamlashgan?
5. Materiyaning qancha qismini bo'shliq tashkil qiladi?
6. Izotoplar qanday elementlarga aytiladi?
 1. Qanday nurlar radioaktiv nurlar deyiladi?
 2. Tabiiy radioaktivlik deb nimaga aytiladi?
 3. Sun'iy radioaktivlik deb nimaga aytiladi?
 4. Tabiiy radioaktivlik bilan sun'iy radioaktivlikning farqi nimada?
 5. Radioaktiv yemirilish qonunini ta'riflang.
6. Termoyadro reaksiyasining o'ziga xos tomonlari nimalardan iborat?
7. Boshqariladigan termoyadro reaksiyasini amalga oshirish muammolari aytib bering.
8. Yadroviy energetika istiqbollari aytib bering.
9. Olamning yagona fizik tasavvuri nimalardan iborat?

Uyga vazifa

Yadrodagi nuklonlarning o'zaro ta'siri. Fizika va fan – texnika taraqqiyoti

Adabiyotlar.

1. I.V.Savelyev. "Umumiy fizika kursi." I-qism. Toshkent: O'qituvchi, 1973 y.

2. I.V.Savelyev. "Umumiy fizika kursi." II-qism. Toshkent: O'qituvchi, 1973 y.

3. I.V.Savelyev. "Umumiy fizika kursi." III-qism. Toshkent: O'qituvchi, 1973 y.

4. S.X. Astanov, M.Z. Sharipov, N.N. Dalmuradova, M.Sh.Ivayev "Fizik kattaliklar va ularning o'lchov biriliklari" elektron o'qitish kursi EHM uchun yaratilgan dastur. O'zbekiston Respublikasi davlat patent idorasi GUVOHNOMA № DGU 00975 Toshkent, 12 iyul 2005 y.

5.A.G.G'aniev, A.K.Avliyoqulov, G.A.Almardonova "Fizika" I qism Toshkent 2007 y.

6. S.X.Astanov, M.Z.Sharipov, N.N.Dalmuradova, R.V.Metanidze "Umumiy fizika kursining elektr bo'limidan" elektron darslik.

MUNDAREJA:

1. Magnit maydoni.....	4
2. Amper va Lorens qonunlar.....	10
3. Amper va Lorens kuchlar qo'llanilishi.....	14
4. Dia, para va feromagnetiklar	20
5. Elektromagnit induksiya, o'zaro induksiya.....	25
6. Masvell tenglamasi.....	33
7. Elektromagnit tebranishlar.....	38
8. Elektromagnit to'lqinlar.....	47
9. O'zgaruvchan tok.....	50
10. To'lqin optikasi.....	55
11. Yorug'lik interferensiyasi.....	65
12. Yorug'lik difraksiyasi Yorug'lik sochilishi.....	72
13. Yorug'lik qutblanishi.....	83
14. Yorug'lik dispersiyasi.....	88
15. Yorug'lik yutilishi.....	91
16. Issiqlik nurlanishi.....	94
17. Kvant nazariyasi.....	98
18. Fotoeffekt hodisasi.....	100
19. Yorug'lik bosimi. Kompton effekti.....	103
20. Modda to'lqin xossasi.....	105
21. Noaniqlik ifodasi.....	
22. Atom tuzilishi.....	107
23. Ko'p elektronli atomlar.....	110
24. Rentgen nurlar.....	112
25. Elementar zarralar va ular ta'siri.....	127
26. Atom yadrosi termoyadroviy reaksiyalar.....	136

