NAZARIYA TO‘PLAM

FIZIKA

OPTIKA | ELEKTR | ATOM YADRO FIZIKASI

TO‘LIQ NAZARİYA – TUSHUNARLI VA IXCHAM

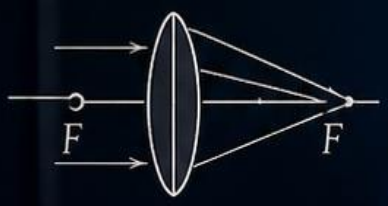
- To‘liq nazariya
- Tushunarli izohlar
- Imtihonlarga tayyorlov
- Mustaqil o‘qish uchun ideal

OPTIKA



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

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n$$



ELEKTR

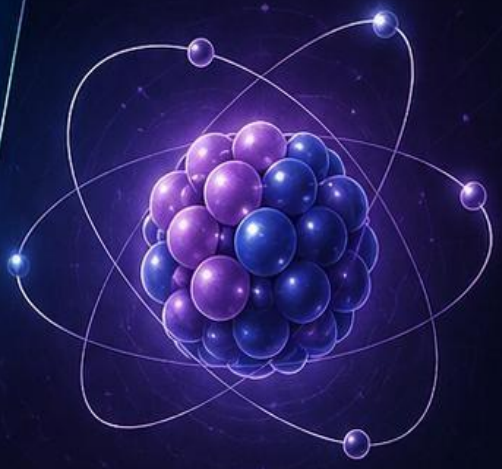


$$I = \frac{q}{t}$$

$$U = IR$$

$$P = UI$$

ATOM YADRO FIZIKASI



$$E = mc^2$$

$$\Delta m = Zm_p + Nm_n - m_{yadro}$$

$${}^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}e + \bar{\nu}$$

BARCHA MUHIM MAVZULAR BIR KITOBDA!

- Asosiy qonunlar va ta’riflar
- Formulalar va tushuntirishlar
- Misollar bilan mustahkamlash
- Imtihon va testlar uchun foydali

STUDENTLAR UCHUN ENG YAXSHI NAZARIYA MANBAI

BILIM – KELAJAK KALITI!

📘 MUNDARIJA

⚡ FIZIKA NAZARIYASI (OPTIKA • ELEKTR • ATOM VA YADRO)

---

1. 🔭 OPTIKA

- Yorug‘likning tabiati
- Yorug‘likning to‘g‘ri chiziq bo‘ylab tarqalishi
- Qaytish va sinish qonunlari
- Linzalar va oynalar
- Optik asboblar (mikroskop, teleskop)
- Interferensiya va difraksiya asoslari

---

2. ⚡ ELEKTR VA ELEKTROMAGNITIZM

- Elektr zaryad va Kulon qonuni
- Elektr maydoni
- Elektr toki va tok kuchi
- Om qonuni
- Ketma-ket va parallel ulash
- Elektr quvvati va energiya
- Magnit maydon asoslari
- Elektromagnit induksiya

---

3. ☢️ ATOM FIZIKASI

- Atom tuzilishi
- Rezerford va Bor modeli
- Energiya sathlari
- Spektrlar
- Fotoeffekt hodisasi
- Kvant tushunchalar asoslari

---

4. ☢️ YADRO FIZIKASI

- Atom yadrosi tuzilishi
- Radioaktivlik (α, β, γ nurlanish)
- Yadro reaksiyalari
- Bo‘linish va sintez reaksiyalari
- Yadro energiyasi
- Yarim yemirilish davri

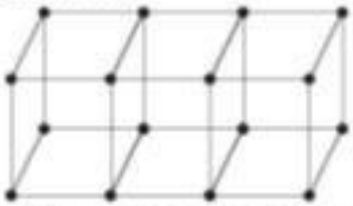
📌 QO‘SHIMCHA BO‘LIM

- Asosiy formulalar jamlanmasi
- Muhim qonunlar va ta‘riflar
- Testlar uchun qisqa eslatmalar

III BOB. ELEKTR VA MAGNETIZM

1-§. ELEKTROSTATIKA

Eng yaxshi elektr o‘tkazgichlar metallar hisoblanadi. Metallar esa atomlardan tarkib topadi. Atomlar o‘zaro birikib kristall panjara hosil qiladilar. Kristall panjara tugunlarida atomlar joylashadi:

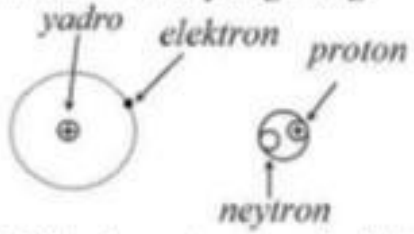


Demak, kristall panjara deganda atomlarning davriy tartibda birikishi tushuniladi.

Atom – musbat zaryadlangan yadro va uning atrofida harakatlanuvchi manfiy zaryadlangan elektronlardan tarkib topgan elektroneytral zarracha.

Elektroneytral – zaryadsiz demakdir.

Yadro – musbat zaryadga ega bo‘lgan proton va zaryadga ega bo‘lmagan neytrondan iborat. Protonning ishorasi musbat va qiymati elektron zaryadiga teng.



Eng kichik elementar zaryad elektronning zaryadi bo‘lib, u quyidagiga teng:

$q = \bar{e} = -1{,}6 \cdot 10^{-19} C(kulon)$

Neytral atomda yadro atrofidagi barcha elektronlarning umumiy zaryadi yadroning zaryadiga teng. Ya’ni neytral atomdagi elektronlar yadrodagi protonlarning soniga tengdir.

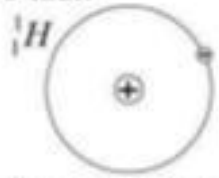
Ion – elektron yo‘qotgan yoki tashqaridan qo‘shimcha qabul qilgan atom.

Agarda atom elektron yo‘qotsa, musbat ionga, tashqaridan qo‘shimcha qabul qilsa, manfiy ionga aylanadi.

Har qanday kimyoviy element $^{A}_{Z}X$ kabi belgilanadi. Masalan: $^{1}_{1}H$ -vodorod, $^{4}_{2}He$ -geliy, $^{16}_{8}O$ -kislorod. Bunda Z-yadrodagi protonlar soni yoki atomdagi elektronlar soni (yadro zaryadi); A- massa soni (atom massa).

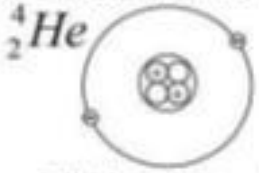
Faraz qilaylik, bizga quyidagi neytral atomlar berilgan: $^{1}_{1}H$ -vodorod; $^{4}_{2}He$ -geliy.

Vodorod atomi yadrosi faqat bitta protondan tarkib topgan. Unda neytron bo‘lmaydi. Shuning uchun yadro atrofida bitta elektron bo‘ladi:



Agar ushbu atom elektronini yo‘qotsa, unda faqat protonning o‘zi qoladi va u musbat ionga aylanadi. Bu bir karra musbat ionlashish deb ataladi va u H^{+} ion kabi ifodalanadi. Agar qo‘shimcha bitta elektron qabul qilsa, bir karra manfiy ionlashish bo‘ladi va u H^{-} ion kabi ifodalanadi.

Geliy atomi yadrosida 2 ta proton va 2 ta neytron mavjud. Shuning uchun uning yadrosi atrofida 2 ta elektron bo‘ladi.



Agar geliy atomi ikkita elektronini yo‘qotsa, ikki karra ionlashgan musbat ionga aylanadi va u He^{+2} ion kabi ifodalanadi. Bunda ionning zaryadi $q=2 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C=$3{,}2 \cdot 10^{-19}$ C ga teng bo‘ladi.

Yadrodagi zarralar va elektron massalari orasidagi munosabat:

$$m_p = m_n = 1836 \cdot m_e = 1\ m.a.b = 1{,}66 \cdot 10^{-27}\ kg$$

Shuning uchun atom massasi uning yadrosida mujassamlashgan.

Atomdan chiqib ketgan elektron *erkin elektron* deb ataladi.

Elektron massasi: $m_e = 9{,}1 \cdot 10^{-31} kg$.

Moddalar elektr jihatdan 3 xil bo‘ladi:

1. Elektr o‘tkazgichlar: metallar, ho‘l yog‘och.
2. Elektr o‘tkazmovchilar: rezina, plastmassa, kauchuk, havo, shisha, chinni, quruq yog‘och.
3. Yarim o‘tkazgichlar: germaniy, kremniy.

Elektr o‘tkazmovchilar *dielektriklar* deb ataladi. Dielektriklardan yasalgan himoyalovchi vositalar *izolyatorlar* deyiladi.

I. Jismlarning zaryadlanishi

Jismlar bir-biriga ishqalanganda ular zaryadlanadi. Zaryadlar ikki xil bo'ladi: musbat va manfiy. Zaryadlanishga misol qilib, kahrabo tayoqcha va mo'yna yoki shisha tayoqcha va shoyini keltirish mumkin.



Mo'yna va kahrabo tayoqcha o'zaro ishqalanganda mo'ynadagi elektronlarning bir qismi kahrabo tayoqchaga o'tadi va natijada kahraboda ortiqcha elektronlar yuzaga keladi va kahrabo manfiy zaryadga ega bo'ladi. Mo'ynadagi elektronini yo'qotgan atomlar esa musbat ionga aylanadilar va natijada mo'ynaning o'zi musbat zaryadga ega bo'lib qoladi.

Shisha tayoqcha va shoyida esa aksincha bo'lib, shisha tayoqcha musbat, shoyi esa manfiy zaryadlanadi.

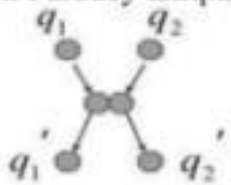
Zaryadlarning jismda taqsimlanishi: Zaryadlar jism sirti bo'ylab notekis taqsimlanadi. O'tkir qirrali joylarida zichroq, tekisroq joylarida esa siyrakroq taqsimlanadi. Shar yoki sferada esa sirt bo'ylab tekis taqsimlanadi.

Zaryad – jismning elektrlanish miqdorini xarakterlovchi fizik kattalik.

Jism zaryadini quyidagicha aniqlaymiz: $q = N \cdot \bar{e}$; bunda: N-jismdagi ortiqcha elektronlar soni yoki jism yo'qotgan elektronlar soni.

Zaryadning sirtiy zichligi – jismning birlik yuzasiga to'g'ri keladigan zaryad miqdori: $\sigma = \frac{q}{S}$; [σ]=1 C/m^2; S-jism sirtining yuzasi.

Zaryad saqlanish qonuni: Izolyatsiyalangan sistemada umumiy zaryad o'zgarmas bo'ladi: $q_1 + q_2 = q_1' + q_2'$. Zaryad saqlanish qonunini Maykl Faradey aniqlagan.



Jismda zaryad borligi yoki yo'qligini aniqlab beruvchi asbob *elektroskop* deb ataladi ("elektroskop" – "elektrni payqayman"). Agarda elektroskopga shkala qo'yilsa, u zaryad miqdorini o'lchaydi va *elektrometr* deb ataladi. Zaryad hosil qiluvchi asbob *elektrofor mashinasi* deyiladi.

II. Kulon qonuni

Bir xil ishorali zaryadlar o'zaro itarishishadi, har xil ishorali zaryadlar esa o'zaro tortishishadi.

Kulon qonuni: Vakuumda joylashgan ikkita nuqtaviy zaryad o'zaro zaryadlari modullari ko'paytmasiga to'g'ri proporsional va oralaridagi masofa kvadratiga esa teskari proporsional bo'lgan kuchlar bilan ta'sirlashadilar.

$F = k \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{R^2}$; bunda: k-proporsionallik koeffitsiyenti yoki Kulon koeffitsiyenti, R-nuqtaviy zaryadlar orasidagi masofa.

$k = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon}$; bunda: ε_0-elektr domiysi, $\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{N \cdot m^2} : \left(\frac{F(farad)}{m}\right)$; ε-muhitning dielektrik singdiruvchanligi.

Esda tuting! Havo va vakuum uchun dielektrik singdiruvchanligi $\varepsilon = 1$.

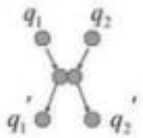
Havo va vakuum uchun: $k = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$.

k ning ma'nosi: vakuumda 1 C dan zaryadlarga ega bo'lgan ikkita zaryad orasidagi masofa 1 m bo'lganda ular o'zaro $9 \cdot 10^9 N$ kuch bilan ta'sirlashadilar.

Demak, biror muhit uchun Kulon qonuni ifodasini quyidagicha yozish mumkin:

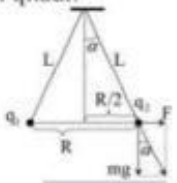
$F = k \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{\varepsilon \cdot R^2}$

Faraz qilaylik, zaryadlari q_1 va q_2 bo'lgan ikkita bir xil o'tkazgich sharlar F_1 kuch bilan ta'sirlashmoqda. Agarda ularni bir-biriga tekizib yana oldingi masofagacha uzoqlashtirsak, ularning zaryadlari q_1' va q_2' bo'lib qoladi. Bunda o'zaro ta'sirlashish kuchi esa F_2 bo'lib qoladi:



$F_1 = k \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{R^2}$; $q_1^1 = q_2^1 = \frac{q_1 + q_2}{2}$; $F_2 = k \cdot \frac{|q_1^1| \cdot |q_2^1|}{R^2}$.

Faraz qilaylik, bir xil m massali va q_1 va q_2 zaryadli sharchalar bir xil L uzunlikdagi iplarga osilgan. Iplar esa bir nuqtaga mahkamlangan. Bunda sharchalar kulon itarishish tufayli bir-biridan R masofaga uzoqlashadi va iplar o'zaro qandaydir burchak tashkil qiladi:

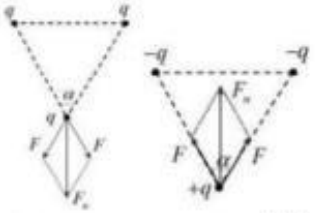


$tg\alpha = \frac{F}{m \cdot g}$; bunda: $F = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{R^2}$; $\sin\alpha = \frac{R}{2L}$;

agarda L>>R bo'lsa, ya'ni α burchak juda kichik bo'lsa, $tg\alpha \approx \sin\alpha$: $\frac{R}{2 \cdot L} = \frac{F}{m \cdot g}$

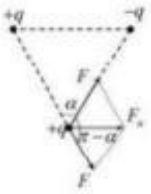
Tomoni *a* ga teng bo'lgan teng tomonli uchburchakning uchlariga zaryadlar joylashgan. Bitta zaryadga qolgan ikkitasi tomonidan ta'sir qiluvchi kuchni hisoblashni ko'rib chiqaylik:

a)



$F_0^2 = F^2 + F^2 + 2 \cdot F \cdot F \cdot \cos\alpha$; $F = k \cdot \frac{q \cdot q}{a^2}$

b)



$F_0^2 = F^2 + F^2 + 2 \cdot F \cdot F \cdot \cos(\pi - \alpha)$; $F = k \cdot \frac{q \cdot q}{a^2}$.

III. Elektr maydon

Elektr maydon kuchlanganligi

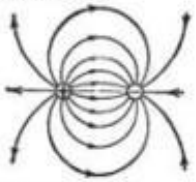
Ma'lumki, bir xil ishorali zaryadlar o'zaro itarishishadi, har xil ishorali zaryadlar esa o'zaro tortishishadi. Ushbu ta'sir qandaydir vosita orqali amalga oshadi. Bu vosita Maykl Faradey tomonidan *elektr maydon* atamasi bilan fanda kiritildi.

Elektr maydon – zaryadlangan jismlar atrofidagi maydon.

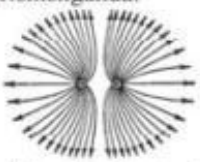
Elektrostatik maydon – tinch turgan zaryad atrofidagi elektr maydon.

Elektr maydonni grafik jihatdan tasvirlashda maydon kuch chiziqlari kiritiladi. Miqdor jihatdan xarakterlashda esa elektr maydon kuchlanganligi deb ataluvchi kattalik kiritiladi va u E harfi bilan belgilanadi. Maydon kuch chiziqlari musbat zaryaddan boshlanib manfiy zaryadda tugaydi.

a) o'zaro tortishishda:



b) o'zaro itarishishganda:



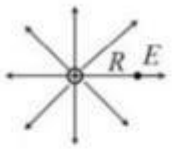
Elektr maydon kuchlanganligi – maydonga kiritilgan birlik musbat zaryadga shu maydon tomonidan ta'sir qiluvchi kuchga teng bo'lgan fizik kattalik.

$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$-elektr maydon kuchlanganligi, [E]=1 N/C=1 V/m. $\vec{E}$ - vektor kattalik.

Elektr maydon kuchlanganligi maydonni kuch jihatdan xarakterlaydi.

Esda tuting! Zaryadlangan jismda elektr maydon kuch chiziqlari doimo sirtga perpendikulyar yo'naladi.

Nuqtaviy zaryadning elektr maydon kuchlanganligi:



$$E = k \cdot \frac{q}{\varepsilon \cdot R^2}$$

Shar yoki sferaning elektr maydon kuchlanganligi:

Shar yoki sferaning sirtidagi elektr maydon kuchlanganligi: $E = k \cdot \frac{q}{\varepsilon \cdot R^2}$; R-shar yoki sfera radiusi. Bu ifodani zaryad sirt zichligi bilan ham bog'lash mumkin:

$$E = k \cdot \frac{q}{\varepsilon \cdot R^2};\ \sigma = \frac{q}{S};\ S = 4 \cdot \pi \cdot R^2;$$

$$q = \sigma \cdot 4 \cdot \pi \cdot R^2;\ k = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0};$$

$$E = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{\sigma \cdot 4 \cdot \pi \cdot R^2}{\varepsilon \cdot R^2};$$

$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon}$ - shar yoki sferaning sirtidagi elektr maydon kuchlanganligi.

Shar yoki sferaning sirtidan x masofadagi elektr maydon kuchlanganligi:

$E = k \cdot \frac{q}{\varepsilon \cdot (R+x)^2}$. Ushbu ifodani zaryad zichligi bilan ham bog'lash mumkin:

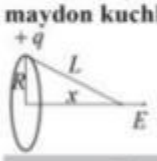
$$E = k \cdot \frac{q}{\varepsilon \cdot (R+x)^2};\ \sigma = \frac{q}{S};\ S = 4 \cdot \pi \cdot R^2;$$

$$q = \sigma \cdot 4 \cdot \pi \cdot R^2;\ k = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0};$$

$$E = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{\sigma \cdot 4 \cdot \pi \cdot R^2}{\varepsilon \cdot (R+x)^2} \Rightarrow E = \frac{\sigma \cdot R^2}{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot (R+x)^2}$$

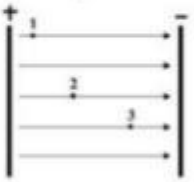
Esda tuting! Zaryadlangan jismning ichida elektr maydon kuchlanganligi nolga teng.

Zaryadlangan o'tkazgich halqa elektr maydon kuchlanganligi:



$E = k \cdot \frac{q}{\sqrt{(R^2 + x^2)^3}} \cdot x$-halqa markazidan x masofadagi elektr maydon kuchlanganligi; bunda: R-halqa radiusi; x-halqa markazidan qaralayotgan nuqtagacha bo'lgan masofa; q-halqa zaryadi; L-halqadan qaralayotgan nuqtagacha bo'lgan masofa.

Agarda maydonning barcha sohalarida maydon kuch chiziqlari bir xil zichlikda bo'lsa, bu maydon bir jinsli maydon bo'ladi, bu maydonning barcha nuqtalarida elektr maydon kuchlanganliklari bir xil qiymatlarga ega bo'ladi ($\vec{E} = const$).

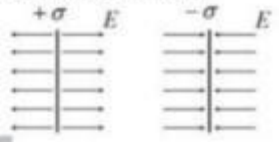


$E_1 = E_2 = E_3$

Nuqtaviy va shar yoki sferaning maydoni kvadratik ravishda susayadi. Shuning uchun ularning maydoni bir jinsli bo'lmaydi.

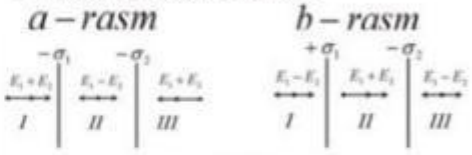
Zaryadlangan cheksiz tekisliklarning elektr maydon kuchlanganligi

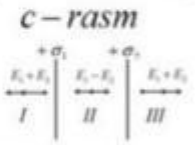
Yakka cheksiz tekisliklar:



$E = \frac{\sigma}{2 \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0}$-zaryadlangan cheksiz yakka tekislikning elektr maydon kuchlanganligi.

Parallel cheksiz tekisliklar:





a va c-rasm: I va III sohada:

$E = E_1 + E_2 = \frac{\sigma_1}{2\varepsilon\varepsilon_0} + \frac{\sigma_2}{2\varepsilon\varepsilon_0} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2\varepsilon\varepsilon_0}$, agarda $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma$ bo'lsa: $E = E' + E' = 2E' = \frac{\sigma}{\varepsilon\varepsilon_0}$;

II sohada: $E = E_1 - E_2 = \frac{\sigma_1}{2\varepsilon\varepsilon_0} - \frac{\sigma_2}{2\varepsilon\varepsilon_0} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2\varepsilon\varepsilon_0}$,

agarda $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma$ bo‘lsa: $E = E' - E'' = 0$.

b-rasm: I va III sohada:

$E = E_1 - E_2 = \frac{\sigma_1}{2\varepsilon\varepsilon_0} - \frac{\sigma_2}{2\varepsilon\varepsilon_0} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2\varepsilon\varepsilon_0}$, agarda

$\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma$ bo‘lsa: $E = E' - E'' = 0$;

II sohada: $E = E_1 + E_2 = \frac{\sigma_1}{2\varepsilon\varepsilon_0} + \frac{\sigma_2}{2\varepsilon\varepsilon_0} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2\varepsilon\varepsilon_0}$,

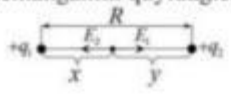
agarda $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma$ bo‘lsa:

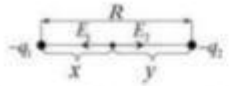
$$E = E' + E'' = 2E' = \frac{\sigma}{\varepsilon\varepsilon_0}.$$

Esda tuting! Zaryadlangan chezsiz tekisliklar har doim bir jinsli elektr maydon hosil qiladi.

Nuqtaviy zaryad elektr maydon kuchlanganliklarini qo‘shish

1) Ikkita bir xil ishorali zaryadlar bir to‘g‘ri chiziqda yotibdi. Ular orasidagi biror nuqtada natijaviy kuchlanganlik quyidagicha topiladi:

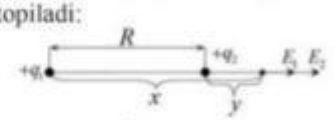


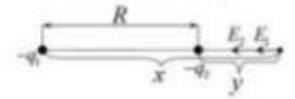


$E_n = E_1 - E_2$; $E_1 = k \cdot \frac{q_1}{x^2}$; $E_2 = k \cdot \frac{q_2}{y^2}$; $R = x + y$.

Bir xil ishorali zaryadlar orasida maydon kuchlanganligi nolga teng bo‘lgan nuqta ham mavjud. Agarda bu nuqtaning vaziyati so‘ralsa: $E_1 - E_2 = 0 \Rightarrow E_1 = E_2 \Rightarrow k \cdot \frac{q_1}{x^2} = k \cdot \frac{q_2}{y^2}$, bunda agar maydon nolga teng bo‘lgan nuqtaga masofa birinchi zaryaddan so‘ralsa y=R-x, ikkinchi zaryaddan so‘ralsa x=R-y ni qo‘yish mumkin. Nolga teng bo‘lgan nuqta modul jihatdan kichik zaryadga yaqinroq bo‘ladi.

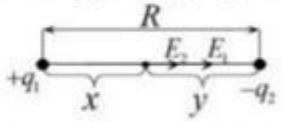
2) Ikkita bir xil ishorali zaryadlar bir to‘g‘ri chiziqda yotibdi. Shu to‘g‘ri chiziqda yotuvchi, lekin ulardan tashqarida yotuvchi biror nuqtada natijaviy kuchlanganlik quyidagicha topiladi:





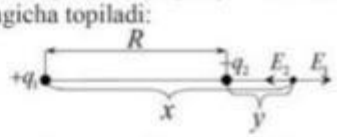
$E_n = E_1 + E_2$; $E_1 = k \cdot \frac{q_1}{x^2}$; $E_2 = k \cdot \frac{q_2}{y^2}$; $R = x - y$.

3) Ikkita har xil ishorali zaryadlar bir to‘g‘ri chiziqda yotibdi. Ular orasidagi biror nuqtada natijaviy kuchlanganlik quyidagicha topiladi:



$E_n = E_1 + E_2$; $E_1 = k \cdot \frac{q_1}{x^2}$; $E_2 = k \cdot \frac{q_2}{y^2}$; $R = x + y$.

4) Ikkita har xil ishorali zaryadlar bir to‘g‘ri chiziqda yotibdi. Shu to‘g‘ri chiziqda yotuvchi, lekin ulardan tashqarida yotuvchi biror nuqtada natijaviy kuchlanganlik quyidagicha topiladi:

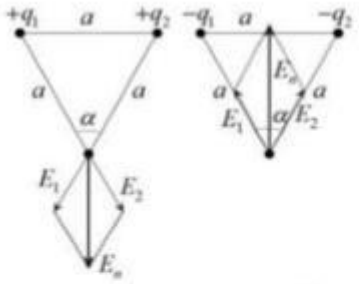


$E_n = E_1 - E_2$; $E_1 = k \cdot \frac{q_1}{x^2}$; $E_2 = k \cdot \frac{q_2}{y^2}$; $R = x - y$.

Har xil ishorali zaryadlar orasidan tashqarida maydon kuchlanganligi nolga teng bo‘lgan nuqta ham mavjud. Agarda bu nuqtaning vaziyati so‘ralsa:

$E_1 - E_2 = 0 \Rightarrow E_1 = E_2 \Rightarrow k \cdot \frac{q_1}{x^2} = k \cdot \frac{q_2}{y^2}$, bunda agar maydon nolga teng bo‘lgan nuqtagacha masofa birinchi zaryaddan so‘ralsa y=x-R, ikkinchi zaryaddan so‘ralsa x=R+y ni qo‘yish mumkin. Nolga teng bo‘lgan nuqta modul jihatdan kichik zaryadga yaqinroq bo‘ladi.

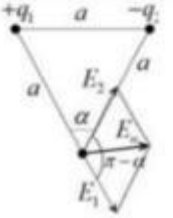
5) Muntazam uchburchakning ikki uchiga bir xil ishorali zaryadlar joylashtirilgan. Uchburchakning uchinchi uchidagi natijaviy maydon kuchlanganligi quyidagicha topiladi:



$E_a^2 = E_1^2 + E_2^2 + 2 \cdot E_1 \cdot E_2 \cdot \cos\alpha$; $E_1 = k \cdot \frac{q_1}{a^2}$;

$E_2 = k \cdot \frac{q_2}{a^2}$.

Muntazam uchburchakning ikki uchiga har xil ishorali zaryadlar joylashtirilgan. Uchburchakning uchinchi uchidagi natijaviy maydon kuchlanganligi quyidagicha topiladi:

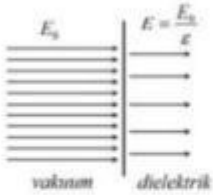


$E_a^2 = E_1^2 + E_2^2 + 2 \cdot E_1 \cdot E_2 \cdot \cos(\pi - \alpha)$; $E_1 = k \cdot \frac{q_1}{a^2}$;

$E_2 = k \cdot \frac{q_2}{a^2}$.

Elektr maydondagi dielektriklar

Ma'lumki, dielektrik ichida maydon susayadi:



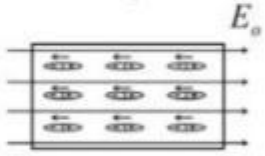
$\varepsilon = \frac{E_0}{E}$; E_0-vakuumdagi elektr maydon kuchlanganligi; E-dielektrikdagi elektr maydon kuchlanganligi.

Dielektrik elektr maydonga kiritilsa, undagi atomlarning elektron va yadrolari elektr maydon ta'sirida ikki tarafga qarab tortiladi. Natijada dipol sistemalar hosil bo'ladi.

Dipol sistema – qarama-qarshi zaryadlangan va o'zaro bog'langan zaryadlar sistemasi.



Dielektriklarda dipollar tashqi elektr maydon yo'nalishida tartibli joylashadilar va dielektrik qutblanadi. Dipollar tashqi elektr maydonga qarama-qarshi yo'nalgan ichki maydon hosil qiladilar. Natijada ular tashqi maydonni ε marta susaytiradilar.



$\varepsilon = \frac{E_0}{E} = \frac{E_0}{E_0 - E_{dipol}}$.

IV. Elektr maydon potensiali. Potensiallar farqi

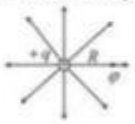
Elektr maydon potensiali – elektr maydonga kiritilgan birlik musbat zaryadning maydonni shu nuqtadagi potensial energiyasiga teng bo'lgan fizik kattalik.

Elektr maydon potensiali skalyar kattalikdir.

$\varphi = \frac{W_p}{q}$ -elektr maydon potensiali, [φ]−1 V (volt); W_p -elektr maydon potensial energiyasi. Elektr maydon potensiali maydonni energiya jihatdan xarakterlovchi kattalik.

Agar ikkita zaryadlangan jism bir-biridan R masofada turgan bo'lsa, ularning o'zaro elektrostatik ta'sirlashish potensial energiyasi quyidagiga teng: $W_p = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{\varepsilon \cdot R}$

Nuqtaviy zaryad elektr maydon potensiali:



$\varphi = k \cdot \frac{q}{\varepsilon \cdot R}$

Zaryadlangan shar yoki sfera elektr maydon potensiali:

Zaryadlangan shar yoki sferaning sirtidagi elektr maydon potensiali: $\varphi = k \cdot \frac{q}{\varepsilon \cdot R}$; R-shar yoki sfera radiusi. Bu ifodani zaryad sirt zichligi bilan ham bog'lash mumkin:

$$\varphi = k \cdot \frac{q}{\varepsilon \cdot R};\ \sigma = \frac{q}{S};\ S = 4 \cdot \pi \cdot R^2;\ q = \sigma \cdot 4 \cdot \pi \cdot R^2;$$

$$k = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0};\ \varphi = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{\sigma \cdot 4 \cdot \pi \cdot R^2}{\varepsilon \cdot R};$$

$\varphi = \frac{\sigma \cdot R}{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon}$- shar yoki sferaning sirtidagi elektr maydon potensiali.

Zaryadlangan shar yoki sferaning sirtidan x masofadagi elektr maydon potensiali:

$\varphi = k \cdot \frac{q}{\varepsilon \cdot (R + x)}$; Bu ifodani zaryad sirt zichligi bilan ham bog'lash mumkin:

$$\varphi = k \cdot \frac{q}{\varepsilon \cdot (R + x)};\ \sigma = \frac{q}{S};\ S = 4 \cdot \pi \cdot R^2;$$

$$q = \sigma \cdot 4 \cdot \pi \cdot R^2;\ k = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0};$$
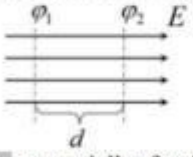
$$\varphi = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{\sigma \cdot 4 \cdot \pi \cdot R^2}{\varepsilon \cdot (R + x)};$$

$\varphi = \frac{\sigma \cdot R^2}{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot (R + x)}$.

Esda tuting! Zaryadlangan jismning sirtida elektr maydon potensiali qanday bo'lsa, uning ichidagi istalgan nuqtasida ham huddi shunday qiymatga ega bo'ladi.

Musbat zaryadning elektr potensiali musbat, manfiy zaryadning potensiali manfiydir.
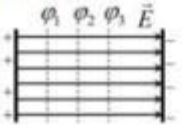
Potensiallar farqi (kuchlanish):



$U = \Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$-potensiallar farqi yoki kuchlanish. $E = \frac{U}{d}$-elektr maydon kuchlanganligi.

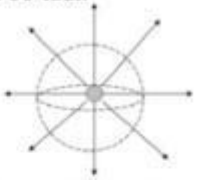
Ekvipotensial sirt – teng potensialli sirt.

Bir jinsli maydonda ekvipotensial sirtning shakli tekislik bo'ladi:



$\varphi_1 > \varphi_2 > \varphi_3$; $E_1 = E_2 = E_3$.

Nuqtaviy yoki shar va sferaning elektr maydonidagi ekvipotensial sirtlarning shakli sfera shaklida bo'ladi:



Demak, ekvipotensial sirtda:

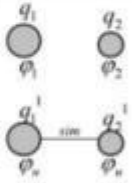
1. $\varphi = const$ bo'ladi;

2. Potensial sirt bo'ylab zaryadni ko'chirishda uning potensial energiyasi o'zgarmaydi. Ya'ni ish bajarilmaydi;

3. Elektr maydon kuch chiziqlari ekvipotensial sirtga perpendikular tarzda yo'naladi;

4. Elektr maydon kuch chiziqlari potensial kamayish yo'nalishida yo'naladi.

Esda tuting! Bir jismdan ikkinchisiga qachonki, potensiallar farqi bo'lsagina zaryad oqib o'tadi. Zaryad oqimi potensiallar tenglashgunga qadar davom etadi.



$$\varphi_1 = k \cdot \frac{q_1}{R_1} \Rightarrow q_1 = \frac{\varphi_1 \cdot R_1}{k};$$

$$\varphi_2 = k \cdot \frac{q_2}{R_2} \Rightarrow q_2 = \frac{\varphi_2 \cdot R_2}{k};\ \varphi = k \cdot \frac{q_1'}{R_1} \Rightarrow q_1' = \frac{\varphi \cdot R_1}{k};$$

$$\varphi = k \cdot \frac{q_2'}{R_2} \Rightarrow q_2' = \frac{\varphi \cdot R_2}{k};\ q_1 + q_2 = q_1' + q_2';$$

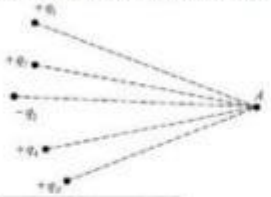
$$\frac{\varphi_1 \cdot R_1}{k} + \frac{\varphi_2 \cdot R_2}{k} = \frac{\varphi \cdot R_1}{k} + \frac{\varphi \cdot R_2}{k};$$

$\varphi = \frac{\varphi_1 \cdot R_1 + \varphi_2 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$-qaror topgan potensial.

Superpozitsiya prinsipi:

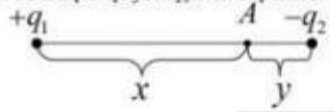
Bizga N ta nuqtaviy zaryad berilgan bo'lsin. Ushbu nuqtaviy zaryadlarning har biri o'zining hususiy maydonini hosil qiladi. Biror nuqtadagi natijaviy maydon potensialini topishda shu nuqtadagi har bir zaryadning

hosil qilgan maydon potensiallari o'zaro qo'shiladi. Bunda har bir zaryadning potensiali ishoralari inobatga olinadi:



$\varphi_A = \varphi_1 + \varphi_2 - \varphi_3 + \varphi_4 + ... + \varphi_N$

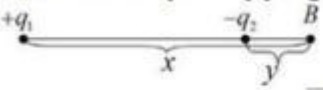
Faraz qilaylik, ikkita q_1 va $-q_2$ zaryadlar bir to'g'ri chiziqda, bir-biridan R masofada joylashgan bo'lsin. U holda shu to'g'ri chiziqda yotuvchi potensial nolga teng bo'lgan ikkita nuqta mavjud. Bu nuqtalar modul jihatdan kichik bo'lgan zaryad yaqinida ya'ni zaryadlar orasida va tashqarisida mavjuddir. Agar $|q_1| > |q_2|$ bo'lsa, birinchi A nuqta quyidagicha topiladi:



$\varphi_A = \varphi_1 - \varphi_2;\ \varphi_A = 0 \Rightarrow \varphi_1 = \varphi_2 \Rightarrow k \cdot \frac{q_1}{x} = k \cdot \frac{q_1}{y}$

bunda: $R = x + y$

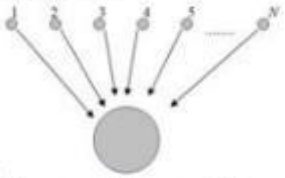
Ikkinchi B nuqta esa quyidagicha topiladi:



$\varphi_B = \varphi_1 - \varphi_2;\ \varphi_B = 0 \Rightarrow \varphi_1 = \varphi_2 \Rightarrow k \cdot \frac{q_1}{x} = k \cdot \frac{q_1}{y}$

bunda: $R = x - y$

Faraz qilaylik, N ta bir xil zaryaddagi bir xil tomchilar o'zaro qo'shilib katta tomchi hosil qilinsin. Bunda katta tomchining potensialini quyidagicha topamiz:



$\varphi_0 = k \cdot \frac{q_0}{r}$-bitta tomchi potensiali; $V = N \cdot V_0$;

$\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3 = N \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3;\ R = \sqrt[3]{N} \cdot r;\ \varphi = k \cdot \frac{N \cdot q_0}{R};$

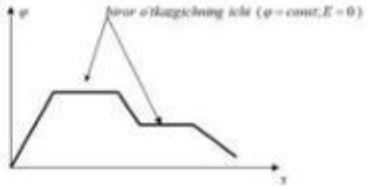
$\varphi = k \cdot \frac{N \cdot q_0}{\sqrt[3]{N} \cdot r} = \frac{N}{\sqrt[3]{N}} \cdot \varphi_0 \Rightarrow \varphi = \sqrt[3]{N^2} \cdot \varphi_0$-katta tomchining potensiali; N-tomchilar soni; φ_0-bitta kichik tomchining potensiali. Agar bitta tomchining maydon kuchlanganligi $E_0 = k \cdot \frac{q_0}{r^2}$ bo'lsa, u holda $V = N \cdot V_0;\ \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3 = N \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3;$

$R = \sqrt[3]{N} \cdot r;\ E = k \cdot \frac{N \cdot q_0}{R^2};$

$E = k \cdot \frac{N \cdot q_0}{\sqrt[3]{N^2} \cdot r^2} = \frac{N}{\sqrt[3]{N^2}} \cdot E_0$ ekanligidan katta tomchining elektr maydon kuchlanganligi $E = \sqrt[3]{N} \cdot E_0$ kabi bo'ladi.

φ, x diagramma:

$\varphi = const$ bo'lgan sohada $E = 0$ bo'ladi.



Zaryadni elektr maydonda ko'chirishda bajarilgan ish:
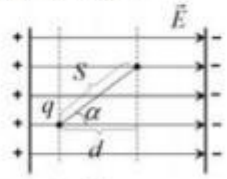
Birinchi nuqtada zaryadning potensial energiyasi: $W_1 = \varphi_1 \cdot q$.

Ikkinchi nuqtada zaryadning potensial energiyasi: $W_2 = \varphi_2 \cdot q$.

$A = \Delta W = W_1 - W_2 = \varphi_1 \cdot q - \varphi_2 \cdot q$

$A = \Delta\varphi \cdot q = q \cdot U$-zaryadni elektr maydonda ko'chirishda bajarilgan ish. $A = q \cdot E \cdot d$.

Faraz qilaylik, q zaryad bir jinsli elektr maydonda bir nuqtadan ikkinchisiga rasmdagidek ko'chirilsin:

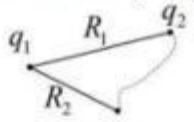


Bunda $A = q \cdot E \cdot d$ yoki

$A = q \cdot E \cdot S \cdot \cos\alpha = F \cdot S \cdot \cos\alpha$ ish bajariladi.

Esda tuting! Elektr maydonda bajarilgan ish trayektoriya shakliga bog'liq emas.

Bir zaryadning maydonida ikkinchi zaryadni ko'chirishda bajarilgan ish:



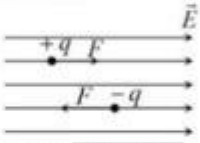
$W_1 = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{R_1}$; $W_2 = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{R_2}$; $A = W_1 - W_2$;

$A = k \cdot q_1 \cdot q_2 \cdot \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$ - bir zaryadning maydonida ikkinchi zaryadni ko'chirishda bajarilgan ish.

Zaryadli zarralarning elektr maydondagi harakati

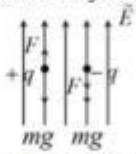
Zaryadli zarracha elektr maydonga kiritilsa, unga maydon tomonidan $F = q \cdot E$ kuch ta'sir qiladi va zarracha a tezlanish oladi:

1. Og'irlik kuchi ta'siri hisobga olinmaydigan gorizontal elektr maydondagi zaryadli zarralarning harakati:



$F = q \cdot E$; $F = m \cdot a$; $m \cdot a = q \cdot E$.

2. Zaryadli zarrachaning og'irlik kuchi ta'sir qiladigan elektr maydondagi harakati:



$+q$ zaryad uchun: $m \cdot g - F = m \cdot a$

$m \cdot g - q \cdot E = m \cdot a$.

$-q$ zaryad uchun: $m \cdot g + F = m \cdot a$

$m \cdot g + q \cdot E = m \cdot a$.

agar zaryad maydonda muallaq tursa:

$F = m \cdot g$ yoki $q \cdot E = m \cdot g$.

3. Zaryadli zarra elektr maydon kuchlari ta'sirida tezligini υ dan nolgacha kamaytirsa yoki noldan υ gacha oshirsa, u holda energiya saqlanish qonuni ishlaydi:

$A = \Delta E_k \Rightarrow q \cdot U = \frac{m \cdot \vartheta^2}{2}$; bunda U-potensiallar farqi yoki kuchlanish.

Zaryadli zarra elektr maydon kuchlari ta'sirida tezligini υ_1 dan υ_2 gacha o'zgartirsa, u holda energiya saqlanish qonuni ishlaydi:

$A = \Delta E_k \Rightarrow q \cdot U = \frac{m}{2} \cdot \left(\vartheta_2^2 - \vartheta_1^2\right)$.

4. Ikkita bir xil ishorali q_1 va q_2 zaryadlar bir-biriga υ_1 va υ_2 tezliklar bilan cheksizlikdan yaqinlashmoqdalar. Ular ma'lum bir R masofagacha bir-biriga yaqinlashsa, mazkur holatga ham energiya saqlanish qonuni o'rinli bo'ladi:

$E_{k_1} + E_{k_2} = E'_{k_1} + E'_{k_2} + W_p$

$$\frac{m_1 \cdot \vartheta_1^2}{2} + \frac{m_2 \cdot \vartheta_2^2}{2} = \frac{m_1 \cdot u_1^2}{2} + \frac{m_2 \cdot u_2^2}{2} + k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{R}$$

V. Elektr sig'imi

Elektr sig'imi – o'tkazgich jismning o'zida zaryad to'play olish qobilyati.

Istalgan zaryadlangan yakka jismning elektr sig'imini quyidagicha topamiz:

$C = \frac{q}{\varphi}$-elektr sig'imi, [C]=1 F (Farad).

Zaryadlangan shar uchun yana bitta ifodani keltirish mumkin:

$C = \frac{q}{\varphi} = \frac{q}{k \cdot \frac{q}{\varepsilon \cdot R}} \Rightarrow C = \frac{\varepsilon \cdot R}{k}$ yoki $k = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0}$

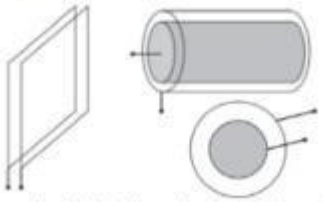
ekanligidan: $C = 4 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot R$.

Kondensator – zaryadlarni o'zida to'plovchi qurilma.

"Kondensator" – "to'plamoq", "quyuqlashtirmoq" demakdir.

Hozirgi zamonda qoplamalariga ko'ra kondensatorlarning 3 xil turi mavjud:

1. Yassi kondensator;
2. Silindrik kondensator;
3. Sferik kondensator.



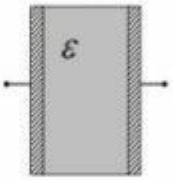
Istalgan shakldagi kondensatorning sig'imi quyidagicha topiladi:

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

Yassi kondensator uchun sig‘imni topish uchun yana bitta formula keltirilgan:

$C = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot S}{d}$; S-qoplamalar (plastinalar) yuzasi; d-qoplamalar (plastinalar) orasidagi masofa; ε-qoplamalar orasidagi muhitning dielektrik singdiruvchanligi.

Kondensatorda dielektrik qoplamalar orasiga kiritiladi:

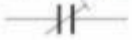


Esda tuting! Kondensatorning sig‘imi faqat qoplamalar orasidagi masofasiga, qoplamalar yuzasiga va ular orasidagi dielektrikka bog‘liq. Kondensatorning bitta qoplamasidagi zaryadi uning umumiy zaryadi deb qaraladi.

Kondensator sxematik tasviri quyidagicha:



Agarda sig‘imini rostlash mumkin bo‘lsa:



Esda tuting! Kondensator o‘zgarmas elektr tokini o‘tkazmaydi. O‘zgaruvchan elektr tokini esa o‘tkazadi.

Kondensator qoplamalarini qarama-qarshi zaryadlangan parallel tekisliklar deb qarash mumkin. Shuning qoplamalar orasidagi maydon uchun quyidagilarni keltirish mumkin: $E = \frac{\sigma}{\varepsilon \cdot \varepsilon_0}$; $E = \frac{U}{d}$; bunda σ-qoplama zaryad sirtiy zichligi, d-qoplamalar orasidagi masofa. Qoplamalar qarama-qarshi zaryadlanganligi bois ular doimo o‘zaro tortishishadi.

Kondensator energiyasi. Energiya zichligi

Kondensator energiyasi qoplamalar orasidagi fazoda elektr maydon ko‘rinishida saqlanadi. Shuning uchun kondensator energiyasi elektr maydon energiyasi deb ham yuritiladi:

$W = \frac{C \cdot U^2}{2}$; $W = \frac{q^2}{2 \cdot C}$; $W = \frac{q \cdot U}{2}$.

$W = \frac{C \cdot U^2}{2}$; $C = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot S}{d}$; $U = E \cdot d$;

$W = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot S \cdot E^2 \cdot d^2}{2 \cdot d}$; $V = S \cdot d$;

$W = \frac{1}{2} \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot V \cdot E^2$; bunda: V-qoplamalar orasidagi fazoning hajmi.

Kondensatorning energiya zichligi – bu elektr maydon energiyasi zichligi bo‘lib, birlik hajmga to‘g‘ri keladigan maydon energiyasi.

$\delta = \frac{W}{V}$-energiya zichligi, [δ]=1 J/m^3.

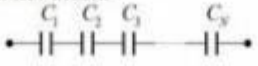
$\delta = \frac{W}{V} = \frac{\frac{1}{2} \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot V \cdot E^2}{V} \Rightarrow \delta = \frac{1}{2} \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot E^2$,

bunda: $E = \frac{U}{d}$; $E = \frac{\sigma}{\varepsilon \varepsilon_0}$.

Zaryadlangan yakka sharning energiyasi: $W = \frac{q \cdot \varphi}{2}$; φ-shar elektr potensiali. $\varphi = k \cdot \frac{q}{\varepsilon \cdot R}$ ekanligidan shar energiyasi $W = k \cdot \frac{q^2}{2 \cdot \varepsilon \cdot R}$ ko‘rinishga ega bo‘lib qoladi.

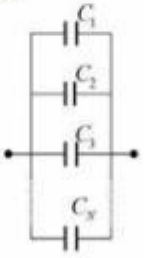
Kondensatorlarni o‘zaro ulash:

1. Ketma-ket ulash.



$\frac{1}{C_k} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + ... + \frac{1}{C_N}$; Agarda N ta kondensatorning hammasi bir xil bo‘lib, sig‘imlari C ga teng bo‘lsa, u holda umumiy sig‘im quyidagicha topiladi: $C_k = \frac{C}{N}$.

2. Parallel ulash.



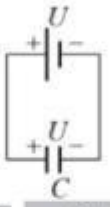
$C_p = C_1 + C_2 + C_3 + ... + C_N$; Agarda N ta kondensatorning hammasi bir xil bo'lib, sig'imlari C ga teng bo'lsa, u holda umumiy sig'im quyidagicha topiladi: $C_p = N \cdot C$.

O'zaro parallel ulangan N ta kondensatorni o'zaro ajratib ketma-ket ulab chiqsak:

$$C_p = N \cdot C;\ C_k = \frac{C}{N};\ \frac{C_p}{C_k} = \frac{N \cdot C}{\frac{C}{N}} \Rightarrow \frac{C_p}{C_k} = N^2.$$

Tok manbaiga ulangan kondensator

Kondensator doimiy tok manbaiga ulangan bo'lsa, u holda kondensatorda kuchlanish o'zgarmaydi ($U = const$). Kondensator doimiy U kuchlanish tok manbaiga ulanganda kondensator zaryadlanadi va zanjirdan tok oqmaydi. Chunki, kondensator orqali tok o'tmaydi.



$C = \frac{q}{U}$; $C = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot S}{d}$; $W = \frac{C \cdot U^2}{2}$;

$W = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot S \cdot U^2}{2 \cdot d}$. Agarda kondensator C sig'imi ε, S va d parametrlarga ko'ra o'zgartirilsa, kondensator zaryadi $q = C \cdot U$ va energiyasi $W = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot S \cdot U^2}{2 \cdot d}$ o'zgaradi. Bunda bajarilgan ish kondensator energiyasining o'zgarishiga teng bo'ladi: $A = \Delta W$.

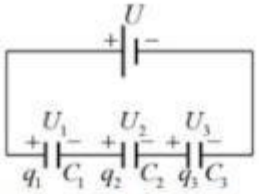
Masalan, tok manbaiga ulangan kondensator qoplamalari orasidagi dielektrik sug'urib olinsa, u holda U=const ekanligidan sug'urib olishda bajarilgan ish quyidagicha topiladi:

$$W_1 = \frac{C \cdot U^2}{2} = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot S \cdot U^2}{2 \cdot d};\qquad W_2 = \frac{\varepsilon_0 \cdot S \cdot U^2}{2 \cdot d};$$

$$A = \Delta W = W_1 - W_2 = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot S \cdot U^2}{2 \cdot d} - \frac{\varepsilon_0 \cdot S \cdot U^2}{2 \cdot d};$$

$$A = \frac{\varepsilon_0 \cdot S \cdot U^2}{2 \cdot d} \cdot (\varepsilon - 1).$$

Tok manbaiga bir necha kondensator ketma-ket ulangan bo'lishi ham mumkin:



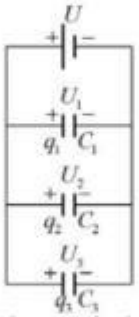
Ketma-ket ulashda barcha kondensatorlar bir xil midorda zaryadlanadi va bu miqdor kondensatorlarning umumiy zaryadi ham bo'la oladi:

$q = q_1 = q_2 = q_3$; bundan: $q = C_k \cdot U$; $q_1 = C_1 \cdot U_1$; $q_2 = C_2 \cdot U_2$; $q_3 = C_3 \cdot U_3$ ekanligidan

$C_k \cdot U = C_1 \cdot U_1 = C_2 \cdot U_2 = C_3 \cdot U_3$; $\frac{1}{C_k} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$.

Kondensatorlarga manbadan berilayotgan umumiy kuchlanish kondensatorlarga ma'lum bir tartibda taqsimlanadi. Ularning yig'indisi umumiy kuchlanishga teng bo'ladi: $U = U_1 + U_2 + U_3$.

Bir necha kondensator tok manbaiga parallel ulangan bo'lishi mumkin:



Parallel ulashda manbadan berilayotgan zaryad kondensatorlarga ma'lum bir tartibda taqsimlanadi. Barcha kondensatorlarning zaryadlarini o'zaro qo'shsak, umumiy zaryadga teng bo'ladi:

$q = q_1 + q_2 + q_3$

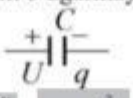
Parallel ulashda barcha kondensatorlar bir xil kuchlanishga ega bo'ladi va bu umumiy kuchlanish ham bo'la oladi:

$U = U_1 = U_2 = U_3$; bundan: $\frac{q}{C_p} = \frac{q_1}{C_1} = \frac{q_2}{C_2} = \frac{q_3}{C_3}$.

Zaryadlanib tok manbaidan uzilgan kondensator

Kondensator zaryadlanib, tok manbaidan uzilgan bo'lsa, u holda uning to'plagan

zaryad miqdori o‘zgarmaydi ($q = const$). Agar qoplamalar orasiga dielekrik kiritilmasa qoplamalar orasidagi elektr maydon kuchlanganligi ham o‘zgarmaydi ($E = const$).



$C = \frac{q}{U}$; $C = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot S}{d}$; $W = \frac{q^2}{2 \cdot C}$; $W = \frac{d \cdot q^2}{2 \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot S}$.

Agarda kondensator C sig‘imi ε, S va d parametrlarga ko‘ra o‘zgartirilsa, kondensator kuchlanishi $U = \frac{q}{C}$ va energiyasi $W = \frac{d \cdot q^2}{2 \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot S}$ o‘zgaradi. Bunda bajarilgan ish kondensator energiyasining o‘zgarishiga teng bo‘ladi: $A = \Delta W$.

Masalan, zaryadlanib tok manbaidan uzilgan kondensator qoplamalari orasidagi dielektrik sug‘urib olinsa, u holda q=const ekanligidan sug‘urib olishda bajarilgan ish quyidagicha topiladi:

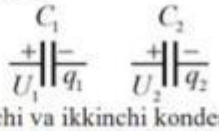
$$W_1 = \frac{q^2}{2 \cdot C} = \frac{q^2}{2 \cdot \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot S}{d}} = \frac{d \cdot q^2}{2 \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot S};$$

$$W_2 = \frac{d \cdot q^2}{2 \cdot \varepsilon_0 \cdot S};$$

$$A = \Delta W = W_2 - W_1 = \frac{d \cdot q^2}{2 \cdot \varepsilon_0 \cdot S} - \frac{d \cdot q^2}{2 \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot S};$$

$A = \frac{d \cdot q^2}{2 \cdot \varepsilon_0 \cdot S} \cdot \left(1 - \frac{1}{\varepsilon}\right)$ yoki $A = \frac{d \cdot q^2}{2 \cdot \varepsilon_0 \cdot S} \cdot \left(\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon}\right)$.

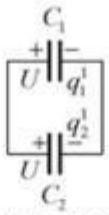
Faraz qilaylik, zaryadlangan va tok manbaidan uzilgan ikkita kondensator berilgan bo‘lsin:



Bunda birinchi va ikkinchi kondensatorda:

$q_1 = C_1 \cdot U_1$; $q_2 = C_2 \cdot U_2$; $q_0 = q_1 + q_2$; q_0-umumiy zaryad; $W_1 = \frac{q_1^2}{2C_1} = \frac{C_1 \cdot U_1^2}{2}$; $W_2 = \frac{q_2^2}{2C_2} = \frac{C_2 \cdot U_2^2}{2}$; $W_0 = W_1 + W_2$; W_0-umumiy energiya.

Endi ikkala kondensatorni mos qutblari bilan o‘zaro ulaylik. Bunda kondensatorlar zaryadlari qaytadan o‘zaro taqsimlanadi va kuchlanishlari o‘zaro tenglashadi. Umumiy energiya esa kamayadi. Energiya kamayishi simlarda issiqlik ajralishi tufayli yuzaga keladi:



Bunda birinchi va ikkinchi kondensatorda:

$q_1^1 = C_1 \cdot U$; $q_2^1 = C_2 \cdot U$; $q_0 = q_1^1 + q_2^1$; q_0-umumiy zaryad; $W_1^1 = \frac{(q_1^1)^2}{2C_1} = \frac{C_1 \cdot U^2}{2}$;

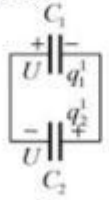
$W_2^1 = \frac{(q_2^1)^2}{2C_2} = \frac{C_2 \cdot U^2}{2}$; $W_0^1 = W_1^1 + W_2^1 = \frac{q_0^2}{2C_p}$;

$C_p = C_1 + C_2$; W^1_0-umumiy energiya. $\mathbf{W_0 = W^1_0 + Q}$. **Q**-ajralib chiqqan issiqlik miqdori.

Endi ikkala kondensatorni teskari qutblari bilan ozaro ulaylik. Bunda kondensatorlar o‘zaryadlari qaytadan o‘zaro taqsimlanadi va kuchlanishlari o‘zaro tenglashadi. Umumiy energiya esa kamayadi. Energiya kamayishi simlarda issiqlik ajralishi tufayli yuzaga keladi.

Kondensatorlar ulanmasdan oldin birinchi va ikkinchi kondensatorda: $q_1 = C_1 \cdot U_1$; $q_2 = C_2 \cdot U_2$; $q_0 = q_1 - q_2$; q_0-umumiy zaryad; $W_1 = \frac{q_1^2}{2C_1} = \frac{C_1 \cdot U_1^2}{2}$; $W_2 = \frac{q_2^2}{2C_2} = \frac{C_2 \cdot U_2^2}{2}$; $W_0 = W_1 + W_2$; W_0-umumiy energiya.

Ulangandan keyin esa:



Bunda birinchi va ikkinchi kondensatorda:

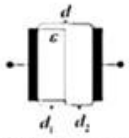
$q_1^1 = C_1 \cdot U$; $q_2^1 = C_2 \cdot U$; $q_0 = q_1^1 + q_2^1$; q_0-umumiy zaryad; $W_1^1 = \frac{(q_1^1)^2}{2C_1} = \frac{C_1 \cdot U^2}{2}$;

$W_2^1 = \frac{(q_2^1)^2}{2C_2} = \frac{C_2 \cdot U^2}{2}$; $W_0^1 = W_1^1 + W_2^1 = \frac{q_0^2}{2C_p}$;

$C_p = C_1 + C_2$; W^1_0-umumiy energiya. $\mathbf{W_0 = W^1_0 + Q}$. **Q**-ajralib chiqqan issiqlik miqdori.

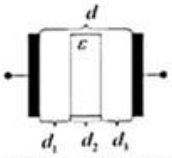
Yassi kondensatorga dieliktrik kiritish holatlari

1. Dielektrik bitta qoplamaga tekkizib kiritildi:



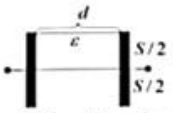
Kiritilmasdan oldin kondensator sig‘imi: $C=\frac{\varepsilon_0\cdot S}{d}$. Dielektrik bu holatda kiritilganda ketma-ket ulangan ikkita kondensator hosil bo‘ladi: $C_1=\frac{\varepsilon\cdot\varepsilon_0\cdot S}{d_1}$; $C_2=\frac{\varepsilon_0\cdot S}{d_2}$; bunda: $d=d_1+d_2$. Kiritilgandan keyingi kondensatorning umumiy sig‘imi quyidagicha: $C=\frac{C_1\cdot C_2}{C_1+C_2}$.

2. Dielektrik qoplamalarga tekkizmasdan kiritildi:



Kiritilmasdan oldin kondensator sig‘imi: $C=\frac{\varepsilon_0\cdot S}{d}$. Dielektrik bu holatda kiritilganda ketma-ket ulangan uchta kondensator hosil bo‘ladi: $C_1=\frac{\varepsilon_0\cdot S}{d_1}$; $C_2=\frac{\varepsilon\cdot\varepsilon_0\cdot S}{d_2}$ va $C_3=\frac{\varepsilon_0\cdot S}{d_3}$; bunda: $d=d_1+d_2+d_3$. Kiritilgandan keyingi kondensatorning umumiy sig‘imi quyidagicha: $\frac{1}{C}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}$.

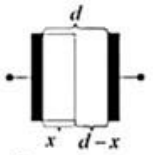
3.



Kiritilmasdan oldin kondensator sig‘imi: $C=\frac{\varepsilon_0\cdot S}{d}$. Dielektrik bu holatda kiritilganda parallel ulangan ikkita kondensator hosil bo‘ladi: $C_1=\frac{\varepsilon\cdot\varepsilon_0\cdot S_1}{d}$; $C_2=\frac{\varepsilon_0\cdot S_1}{d}$; bunda: $S=S_1+S_2$. Kiritilgandan keyingi kondensatorning umumiy sig‘imi quyidagicha: $C=C_1+C_2$.

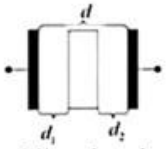
Agarda metall o‘tkazgich kiritilsa:

1.



Oldin: $C=\frac{\varepsilon_0\cdot S}{d}$; kiritilgandan keyin: $C=\frac{\varepsilon_0\cdot S}{(d-x)}$.

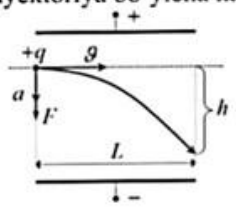
2.



Kiritilmasdan oldin kondensator sig‘imi: $C=\frac{\varepsilon_0\cdot S}{d}$. Metall plastina bu holatda kiritilganda ketma-ket ulangan ikkita kondensator hosil bo‘ladi: $C_1=\frac{\varepsilon_0\cdot S}{d_1}$; $C_2=\frac{\varepsilon_0\cdot S}{d_2}$; kiritilgandan keyingi kondensatorning umumiy sig‘imi quyidagicha: $\frac{1}{C}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}$.

Zaryadlangan zarraning kondensator qoplamalari orasidagi harakati:

Zaryadlangan zarracha υ tezlikda zaryadlangan kondensator qoplamalari orasidan ularga parallel ravishda o‘tayotgan bo‘lsa, elektr maydon tomonidan zarra harakatiga F=qE kuch ta’sir etadi (mg=0). Natijada zarra parabolik trayektoriya bo‘yicha harakatlanadi:

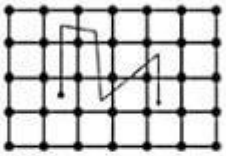


$L=\vartheta\cdot t$-qoplama uzunligi, υ=const; $h=\frac{a\cdot t^2}{2}$-zarraning maydon ta’sirida siljishi; bundan tashqari $F=ma$, $F=qE$, $E=\frac{U}{d}$, $C=\frac{q}{U}$ va $C=\frac{\varepsilon_0\cdot S}{d}$ ekanligidan $q\cdot E=m\cdot a$ yoki $q\cdot\frac{U}{d}=m\cdot a$ kelib chiqadi.

2-§. O‘ZGARMAS TOK QONUNLARI

I. Elektr toki

Ma’lumki, metallar kristall tuzilishga ega. Kristall panjara tugunlarida atomlar joylashadi. Atomlardan chiqib ketgan erkin elektronlar kristall bo‘ylab tartibsiz harakatda bo‘ladilar:



Endi kristallni elektr maydonga kiritamiz. Bunda erkin elektronlar maydon ta’sirida bir tomonga yo‘nalgan tartibli harakat hosil qiladilar. Natijada elektr toki hosil bo‘ladi:



Demak, biror muhitda elektr tokini hosil bo‘lishi uchun avvalambor, elektr maydon bo‘lishi va shu muhitda erkin zaryad tashuvchilar bo‘lishi kerak ekan.

Elektr toki – erkin zaryad tashuvchilarning bir tomonga yo‘nalgan tartibli harakati.

Elektr tokining yo‘nalishi elektr maydon yo‘nalishi bilan belgilanadi. Ya’ni musbat zaryadli zarralar harakat yo‘nalishi bilan. Elektr maydonning tarqalish tezligi yorug‘lik tezligi bilan bir xil bo‘lib, $c = 3 \cdot 10^8 m/s$ ga teng. Lekin erkin elektronlarning tezligi sekundiga bir necha millimetrni tashkil qiladi.

Tok kuchi – o‘tkazgich ko‘ndalang kesim yuzasidan vaqt birligi ichida oqib o‘tgan zaryad miqdori.

$I = \frac{q}{t}$-tok kuchi, [I]=1 A; $q = N \cdot \bar{e}$.

Esda tuting! Tok kuchi skalyar kattalik.

Tok zichligi – o‘tkazgich ko‘ndalang kesimi-ning yuza birligidan vaqt birligi ichida oqib o‘tgan zaryad miqdori.

$j = \frac{I}{S}$-tok zichligi, [j]=1 A/m^2. S-o‘tkazgichning ko‘ndalang kesim yuzasi. Tok zichligi vektor kattalik.

$\vartheta = \frac{I}{n \cdot \bar{e} \cdot S}$-erkin elektronlarning o‘tkazgichda harakatlanish tezligi; $j = n \cdot \bar{e} \cdot \vartheta$.

n-elektronlar konsentratsiyasi, [n]=1 m^{-3}.

Ba’zida ko‘pchlikda shunday savol tug‘iladi: “metall o‘tkazgichdan elektr toki o‘tib turaversa o‘tkazgichda erkin elektronlar qoladimi?” Gap shundaki tok manbaining manfiy qutbida juda ko‘p elektronlar bo‘ladi. Musbat qutbida esa elektronlar yetishmaydi. O‘tkazgich manba qutblariga ulanganda undan tok o‘ta boshlaydi. O‘tkazgich ulangan momentda unda elektr maydoni yuzaga keladi. Bu maydon elektronlarni manbaning musbat qutbiga haydaydi. Ular o‘rniga esa manfiy qutbdan o‘tkazgichga elektronlar kirib keladi. Manfiy qutbdan vaqt birligida nechta elektron chiqsa, musbat qutbga ham shuncha elektron kirib keladi. Natijada o‘tkazgichda erkin elektronlar konsentratsiyasi o‘zgarmas saqlanadi. Manbaning manfiy qutbidagi barcha elektronlar musbat qutbga o‘tib bo‘lganda manba to‘liq zaryadsizlanadi.

II. Elektr qarshilik

Maydon ta’sirida tartibli harakatlanuvchi erkin elektronlar kristall tugunlari bilan to‘qnashadilar va natijada kristall tomonidan elektr tokiga qarshilik ko‘rsatiladi.

Elektr qarshilik – o‘tkazgichning elektr tokini cheklash xossasi.

Esda tuting! O‘tkazgich qarshiligi faqat o‘tkazgich turi va geometrik o‘lchamlariga bog‘liq.

$R = \rho \cdot \frac{l}{S}$-o‘tkazgichning elektr qarshiligi, [R]= 1 Om=1 Ω; ρ-o‘tkazgichning solishtirma qarshiligi [ρ]=1 Om·m=1 Ω·m; l-o‘tkazgich uzunligi; S- o‘tkazgichning ko‘ndalang kesim yuzasi.

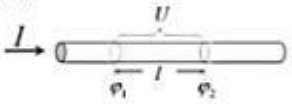
Solishtirma qarshilik – uzunligi 1 m va ko‘ndalang kesim yuzasi 1 mm^2 bo‘lgan o‘tkazgichning qarshiligi.

$$1\frac{\Omega \cdot mm^2}{m} = 1\frac{\Omega \cdot 10^{-6} m^2}{m} = 1 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot m$$

Elektr qarshilik o‘tkazgichning geometrik o‘lchamlari bilan bog‘liqligi tufayli jism massasi va zichlik orasidagi bog‘lanish ham muhim ahamiyatga ega: $m = \rho' \cdot S \cdot l$.

III. Om qonuni

O'tkazuvchi simlar orqali elektr toki o'tganda simning har bir qismiga turlicha qiymatli elektr potensiali to'g'ri keladi. Bunda tok yo'nalishida har doim elektr potensial kamayadi. O'tkazgichning istalgan 2 ta nuqtasi orasida potensiallar farqi yuzaga keladi. Potensiallar farqi *elektr kuchlanish* deb ataladi.



O'tkazgichning shu qismiga tushuvchi kuchlanish: $U = \varphi_1 - \varphi_2$; $\varphi_1 > \varphi_2$.

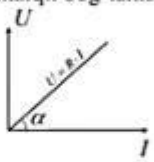
O'tkazgichdagi elektr maydon kuchlanganligi quyidagiga teng: $E = \frac{U}{l}$; l -o'tkazgich uzunligi.

Om qonuni: O'tkazgichdan o'tayotgan tok kuchi o'tkazgich uchlaridagi kuchlanishga to'g'ri proporsional, o'tkazgich qarshiligiga esa teskari proporsionaldir: $I = \frac{U}{R}$.

$j \cdot S = \frac{U}{\rho \cdot \frac{l}{S}}$; $j = \frac{U}{\rho \cdot l} = \frac{E}{\rho}$; $j = \frac{E}{\rho}$ yoki

$j = \lambda \cdot E$ -Om qonunining diferensial shakli. O'tkazgich qarshiligi, uchlaridagi kuchlanish va undan o'tayotgan tok kuchi orasidagi bog'lanishni birinchi bo'lib, nemis fizigi Georg Simon Om aniqlagan.

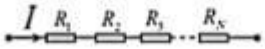
Om qonuni bajarilishi uchun tok kuchi kuchlanishga chiziqli bog'lanishi lozim:



$\operatorname{tg}\alpha$ =R.

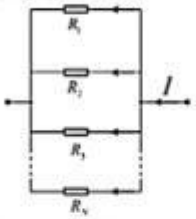
IV. Qarshiliklarni ulash

1. Ketma-ket ulash:



$R_k = R_1 + R_2 + R_3 + ... + R_N$; agarda N ta bir xil qarshilik bo'lsa: $R_k = N \cdot R$.

2. Parallel ulash:

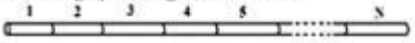


$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + ... + \frac{1}{R_N}$; agarda N ta bir xil qarshilik bo'lsa: $R_p = \frac{R}{N}$.

O'zaro ketma-ket ulangan N ta bir xil qarshiliklarni ajratib o'zaro parallel ulasak:

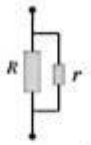
$\frac{R_k}{R_p} = \frac{N \cdot R}{\frac{R}{N}} \Rightarrow \frac{R_k}{R_p} = N^2$.

3. O'tkazgich N ta bir xil bo'lakka bo'linib, o'zaro parallel ulansin. Bunda har bir bo'lakning qarshiligi R_0 bo'lsin:



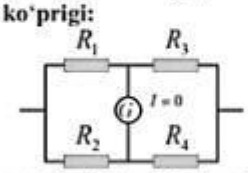
$R_k = N \cdot R_0$; $R_p = \frac{R_0}{N}$; $\frac{R_k}{R_p} = N^2$

4.



$R >> r$ ekanligidan $R_{umumiy} = \frac{R \cdot r}{R + r} < r$.

Uitston ko'prigi:

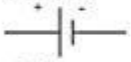


Galvanometrdan tok oqib o'tmasligi uchun (I=0) quyidagicha shart bajarilishi kerak: $\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$. Ushbu shart bajarilganda R_1 va R_3 hamda R_2 va R_4 lar o'zaro ketma-ket bo'ladi: $R' = R_1 + R_3$ va $R'' = R_2 + R_4$. Bu R' va R''

tarmoqlar esa o'zaro parallel hisoblanadi va zanjirning umumiy qarshiligi quyidagicha topiladi: $R = \frac{R' \cdot R''}{R' + R''}$.

Elektr zanjir elementlarining sxematik tasviri:

1. O'zgarmas tok manbai (galvanik element):



2. Ampermetr:



3. Voltmetr:



4. Elektr lampa:



5. Qarshilik (rezistor):



6. Reostat – qarshiligini rostlash mumkin bo'lgan asbob. Bu asbob asosan zanjirdagi tok kuchini rostlash uchun ishlatiladi:



7. O'zgaruvchan tok manbai:

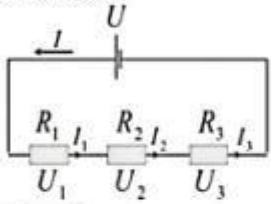


8. Galvanometr – o'ta sezgir ampermetr:



V. Zanjirning bir qismi uchun Om qonuni

1. Ketma-ket ulash:



$I = I_1 = I_2 = I_3$;

$U = U_1 + U_2 + U_3$; $R_t = R_1 + R_2 + R_3$;

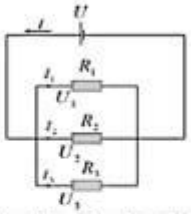
bunda $I_1 = I_2 = I_3 = I$; $I = \frac{U}{R_t}$; $I_1 = \frac{U_1}{R_1}$;

$I_2 = \frac{U_2}{R_2}$; $I_3 = \frac{U_3}{R_3}$ ekanligidan:

$U = I \cdot R_t$; $U_1 = I \cdot R_1$; $U_2 = I \cdot R_2$; $U_3 = I \cdot R_3$ yoki

$I = \frac{U}{R_t} = \frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2} = \frac{U_3}{R_3}$.

2. Parallel ulash:



$U = U_1 = U_2 = U_3$; $I = I_1 + I_2 + I_3$;

$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$;

bunda $U = U_1 = U_2 = U_3$; $I = \frac{U}{R_p}$;

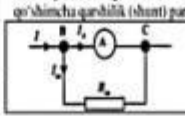
$I_1 = \frac{U_1}{R_1}$; $I_2 = \frac{U_2}{R_2}$; $I_3 = \frac{U_3}{R_3}$ ekanligidan:

$I = \frac{U}{R_p}$; $I_1 = \frac{U}{R_1}$; $I_2 = \frac{U}{R_2}$; $I_3 = \frac{U}{R_3}$ yoki

$U = I \cdot R_p = I_1 \cdot R_1 = I_2 \cdot R_2 = I_3 \cdot R_3$.

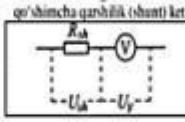
77. Ampermetr va voltmetrga qo'shimcha qarshilik (shunt) ulash

1. Ampermetrning o'lchash chegarasini oshirish uchun unga qo'shimcha qarshilik (shunt) parallel ulanadi. (n – bo'lim qiymati)



$I_{um} = I_A + I_1$
$I_{um} = nI_A$
$I_1(n-1) = I_A$
$R_1(n-1) = R_A$

2. Voltmetrning o'lchash chegarasini oshirish uchun unga qo'shimcha qarshilik (shunt) ketma – ket ulanadi.



$U_{um} = U_v + U_q$
$U_{um} = nU_v$
$U_q(n-1) = U_q$
$R_q(n-1) = R_q$

Ampermetrning ichki qarshiligi juda kichik, voltmetrning ichki qarshiligi juda katta bo'ladi.

VII. Tok quvvati

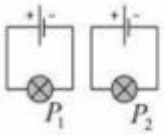
Tokning quvvati quyidagicha ifodalanadi:

$P = U \cdot I$; $P = I^2 \cdot R$; $P = \frac{U^2}{R}$. [P]=1 W.

Tok quvvatini o'lchovchi asbob vattmetr.

Umumiy quvvatni hisoblash:

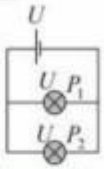
Faraz qilaylik, bir xil kuchlanishga mo'ljallangan ikkita lampa berilgan. Ya'ni har bir lampa tok manbaiga alohida ulanganda birinchisi P_1 quvvat bilan, ikkichisi esa P_2 quvvat bilan yonsin:



Ularning parallel va ketma-ket ulashdagi umumiy quvvatlarini hisoblashni ko‘ramiz:

1. Parallel ulash.

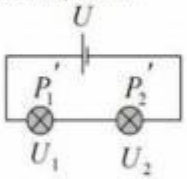
Agar mazkur lampalar manbaga parallel ulansa, ularning har birini quvvati o‘zgarishsiz qoladi:



$P = P_1 + P_2$ - ikkala lampaning umumiy quvvati.

2. Ketma-ket ulash.

Ketma-ket ulashda birinchi P_1 quvvatli lampa P_1' quvvat bilan, ikkinchi P_2 quvvatli lampa esa P_2' quvvat bilan yonadi.



Natijada umumiy quvvat quyidagicha hisoblab topiladi: $\frac{1}{P} = \frac{1}{P_1} + \frac{1}{P_2}$ yoki $P = P_1' + P_2'$.

Bunda: oldin har bir lampa uchun $P_1 = \frac{U^2}{R_1}$ va $P_2 = \frac{U^2}{R_2}$ edi. Ketma-ket ulanganda esa har birining quvvati $P_1' = I^2 \cdot R_1$ va $P_2' = I^2 \cdot R_2$ kabi ifodalanadi, yana ular uchun Om qonuni quyidagicha yoziladi: $I = \frac{U_1}{R_1}$ va $I = \frac{U_2}{R_2}$.

$$P_1 = \frac{U^2}{R_1}, P_2 = \frac{U^2}{R_2} \Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{\frac{U^2}{R_1}}{\frac{U^2}{R_2}} = \frac{R_2}{R_1} \text{ va } P_1' = I^2 \cdot R_1,$$

$$P_2' = I^2 \cdot R_2 \Rightarrow \frac{P_2'}{P_1'} = \frac{I^2 \cdot R_2}{I^2 \cdot R_1} = \frac{R_2}{R_1} \text{ ekanligidan}$$

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_2}{R_1} \Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{P_2'}{P_1'}.$$

Esda tuting! Lampalar o‘zaro ketma-ket ulansa: $\frac{P_1}{P_2} = \frac{P_2'}{P_1'}$ yoki $\frac{P_1}{P_2} = \frac{U_2}{U_1}$, ya’ni kichik quvvatli lampa katta quvvat bilan, katta quvvatlisi esa kichik quvvat bilan yonadi.

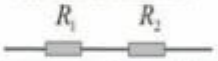
VIII. Tok ishi. Joul-Lens qonuni

Elektr tokining bajargan ishi quyidagicha topiladi: $A = P \cdot t$; $A = U \cdot I \cdot t$; $A = I^2 \cdot R \cdot t$; $A = \frac{U^2}{R} \cdot t$; $A = q \cdot U$.

Joul – Lens qonuni: o‘tkazgichdan elektr toki o‘tganda, o‘tkazgich qiziydi, bunda ajralib chiqqan issiqlik miqdori tok kuchi kvadrati, o‘tkazgich qarshiligi va vaqtning ko‘paytmasiga teng: $Q = I^2 \cdot R \cdot t$. $Q = A$.

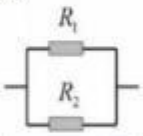
Bundan tashqari elektr energiyasi uning bajargan ishiga qarab aniqlanadi: $W = A$.

Ketma-ket ulashda:



$A_1 = Q_1 = I^2 \cdot R_1 \cdot t$; $A_2 = Q_2 = I^2 \cdot R_2 \cdot t$.

Parallel ulashda:



$A_1 = Q_1 = \frac{U^2}{R_1} \cdot t$; $A_2 = Q_2 = \frac{U^2}{R_2} \cdot t$

Faraz qilaylik, o‘zgarmas kuchlanishli tok manbaiga ulangan qaynatgichning ikkita spirali bor. Agarda bitta spirali tokka ulansa, suv t_1 vaqtda, ikkinchisi tokka ulansa, t_2 vaqtda qaynaydi.

Agarda spirallar birgalikda ketma-ket qilib ulansa, u holda suv qanday vaqtda qaynashini ko‘rib chiqaylik:

$$Q = \frac{U^2}{R_1} \cdot t_1; \quad Q = \frac{U^2}{R_2} \cdot t_2; \quad Q = \frac{U^2}{R_1 + R_2} \cdot t_4;$$

$$Q = \frac{U^2}{\frac{U^2 t_1}{Q} + \frac{U^2 t_2}{Q}} \cdot t_4 \Rightarrow t_4 = t_1 + t_2.$$

Agarda spirallar birgalikda parallel qilib ulansa, u holda suv quyidagi vaqtda qaynaydi:

$$Q=\frac{U^2}{R_1}\cdot t_1;\qquad Q=\frac{U^2}{R_2}\cdot t_2;\qquad Q=\frac{U^2}{\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}}\cdot t_p;$$

$$Q=\frac{U^2}{\frac{U^2t_1}{Q}\cdot\frac{U^2t_2}{Q}}\cdot t_p \Rightarrow t_p=\frac{t_1\cdot t_2}{t_1+t_2}.$$

Aytish kerakki, yuqoridagi har bir holatda suvni qaynatish uchun bir xil $Q=cm\Delta t$ miqdordagi issiqlik talab qilinmoqda.

Elektr energiyasidan foydalanishda sarflangan elektr energiyasining hammasi foydali ishga aylanmaydi. Shuning uchun F.I.K ni hisoblashga to‘g‘ri keladi:

$\eta=\frac{A_f}{A_T}\cdot 100\%$; bunda:

$A_T=I^2\cdot R\cdot t=P\cdot t=U\cdot I\cdot t=\frac{U^2}{R}\cdot t.$

Agar elektr energiyasi mexanik energiyaga aylansa, foydali ish mexanik energiyaga yoki ishga teng bo‘ladi. Issiqlikka aylansa, foydali ish issiqlik miqdoriga teng bo‘ladi.

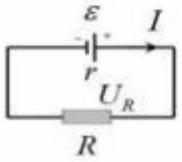
Bundan tashqari: $\eta=\frac{N_f}{P_T}\cdot 100\%$;

bunda: $P_T=I^2\cdot R=U\cdot I=\frac{U^2}{R}$.

IX. To‘liq zanjir uchun Om qonuni
Elektr yurituvchi kuch

Elektr yurituvchi kuch (E.Yu.K) – birlik musbat zaryadni butun zanjir bo‘ylab ko‘chirishda tashqi kuchlarning bajargan ishi.

$\varepsilon=\frac{A}{q}$ -E.Yu.K, [ε]=1 V.

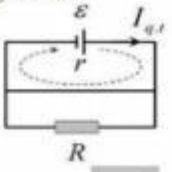


$I=\frac{\varepsilon}{R+r}$-to‘liq zanjir uchun Om qonuni; bunda: r-manbaning ichki qarshiligi; R-tashqi qarshilik; $I=\frac{U_R}{R}$; $I=\frac{U_r}{r}$-bir qismi uchun Om qonuni, U_R-tashqi zanjirdagi kuchlanish; U_r-manbaning ichki qarshiligiga tushuvchi kuchlanish; $\varepsilon=U_R+U_r$.

Manbaning foydali ish koeffitsiyenti:

$\eta=\frac{U_R}{\varepsilon}\cdot 100\%$; $\eta=\frac{R}{R+r}\cdot 100\%$.

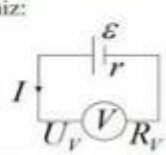
Agarda zanjirda tashqi qarshilik nolga intilsa ($R\to 0$), mazkur zanjirda qisqa tutashuv yuzaga keladi:



$I=\frac{\varepsilon}{R+r}$; $R\to 0 \Rightarrow I_{q.t}=\frac{\varepsilon}{r}$-qisqa tutashuv toki. Qisqa tutashuv toki manbaning bera olishi mumkin bo‘lgan tok kuchining eng katta qiymatidir.

Akkumulyatorga zaryad berishdagi jarayon uchun Om qonuni: $I=\frac{U-\varepsilon}{r}$; bunda: I va U - zaryad berishdagi tok kuchi va kuchlanish.

Voltmetrni tok manbaiga to‘g‘ridan to‘g‘ri ulanganda uning ko‘rsatishi qanday bo‘lishini ko‘rib chiqamiz:



$I=\frac{\varepsilon}{R_V+r}$; $I=\frac{U_V}{R_V}\Rightarrow U_V=\frac{\varepsilon\cdot R_V}{R_V+r}$.

Agar voltmetr ideal bo‘lsa: $R_V>>r\Rightarrow U_V\approx\varepsilon$

Ampermetrni tok manbaiga to‘g‘ridan to‘g‘ri ulanganda uning ko‘rsatishi qanday bo‘lishini ko‘rib chiqamiz:

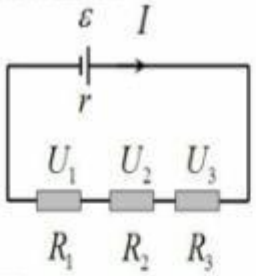


Ampermetr $I=\frac{\varepsilon}{R_A+r}$ tokni ko‘rsatadi. Agar ampermetr ideal bo‘lsa $R_A\to 0<r$, u holda manbaning qisqa tutashuv tokini o‘lchaydi:

$I=\frac{\varepsilon}{r}$

Tashqi zanjir bir necha elementlardan tarkib topgan zanjir uchun Om qonuni

1) Ketma-ket ulash.



$I=\frac{\varepsilon}{R_{um.y}+r}$; $R_{um.y}=R_1+R_2+R_3$; $\varepsilon=U_R+U_r$;

$U_R=U_1+U_2+U_3$ yoki $\varepsilon=U_r+U_1+U_2+U_3$;

$I=\frac{U_R}{R_{um.y}}$; $I_r=\frac{U_r}{r}$; $I_1=\frac{U_1}{R_1}$; $I_2=\frac{U_2}{R_2}$; $I_3=\frac{U_3}{R_3}$;

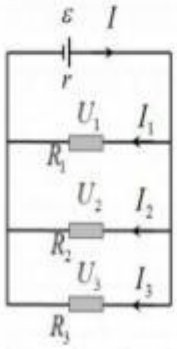
$I=I_r=I_1=I_2=I_3$ yoki

$U_R=I\cdot R_{um.y}$; $U_1=I\cdot R_1$; $U_2=I\cdot R_2$;

$U_3=I\cdot R_3$; $U_r=I\cdot r$;

$I=\frac{U_R}{R_{um.y}}=\frac{U_1}{R_1}=\frac{U_2}{R_2}=\frac{U_3}{R_3}=\frac{U_r}{r}$.

2) Parallel ulash.



$I=\frac{\varepsilon}{R_{um.y}+r}$; $\frac{1}{R_{um.y}}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}$; $\varepsilon=U_R+U_r$;

$I=\frac{U_R}{R_{um.y}}$; $I_r=\frac{U_r}{r}$; $I_1=\frac{U_1}{R_1}$; $I_2=\frac{U_2}{R_2}$; $I_3=\frac{U_3}{R_3}$;

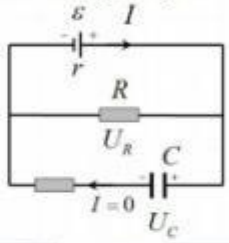
$U_R=U_1=U_2=U_3$ yoki $I=\frac{U_R}{R_{um.y}}$; $I_1=\frac{U_R}{R_1}$;

$I_2=\frac{U_R}{R_2}$; $I_3=\frac{U_R}{R_3}$;

$I\cdot R_{um.y}=I_1\cdot R_1=I_2\cdot R_2=I_3\cdot R_3$;

$I=I_r=I_1+I_2+I_3$.

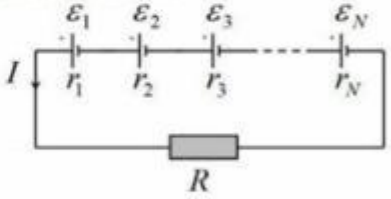
3) O‘zgarmas tok o‘tayotgan zanjirda kondensator bo‘lsa, kondensator orqali tok o‘tmaydi. Bunda kondensator zaryadlanadi va uning kuchlanishi unga parallel bo‘lgan qismning kuchlanishiga teng bo‘ladi:



$I=\frac{\varepsilon}{R+r}$; $I=\frac{U_R}{R}$; $U_R=U_C$; $C=\frac{q}{U_C}$.

Tok manbalarini o‘zaro ulash

1. Ketma-ket ulash.



$r_{umumiy}=r_1+r_2+r_3+.....+r_N$;

$\varepsilon_{umumiy}=\varepsilon_1+\varepsilon_2+\varepsilon_3+.....+\varepsilon_N$; $I=\frac{\varepsilon_{umumiy}}{R+r_{umumiy}}$.

Agarda manbalar bir xil bo‘lsa:

$r_1=r_2=r_3=.....=r_N=r$;

$\varepsilon_1=\varepsilon_2=\varepsilon_3=.....=\varepsilon_N=\varepsilon$; $r_{umumiy}=N\cdot r$;

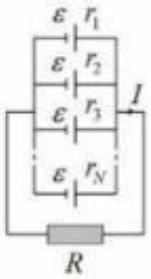
$\varepsilon_{umumiy}=N\cdot\varepsilon$;

$I=\frac{\varepsilon_{umumiy}}{R+r_{umumiy}}$ ekanligidan: $I=\frac{N\cdot\varepsilon}{R+N\cdot r}$.

2. Parallel ulash.

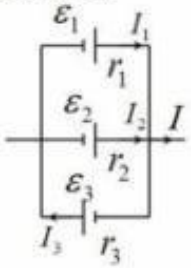
a) Bir xil N ta manba ulansa:

$r_1=r_2=r_3=.....=r_N=r$



$$I=\frac{\varepsilon}{R+\frac{r}{N}}$$

b) har xil manba ulansa:



$$I=I_1+I_2-I_3;\ I_1=\frac{\varepsilon_1}{r_1};\ I_2=\frac{\varepsilon_2}{r_2};\ I_3=\frac{\varepsilon_3}{r_3};$$

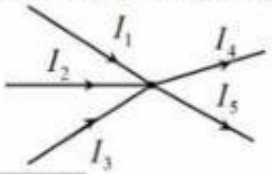
$$I=\frac{\varepsilon}{r_{umumiy}};\ \frac{1}{r_{umumiy}}=\frac{1}{r_1}+\frac{1}{r_2}+\frac{1}{r_3};$$

$$\frac{\varepsilon}{r_{umumiy}}=\frac{\varepsilon_1}{r_1}+\frac{\varepsilon_2}{r_2}-\frac{\varepsilon_3}{r_3}\Rightarrow$$

$$\varepsilon=r_{umumiy}\cdot\left(\frac{\varepsilon_1}{r_1}+\frac{\varepsilon_2}{r_2}-\frac{\varepsilon_3}{r_3}\right)$$ -umumiy E.Yu.K.

Kirxgof qoidalari:

1-qoida: Elektr zanjirida tugunga kelayotgan toklarning yig‘indisi tugundan chiqayotgan toklar yig‘indisiga teng.



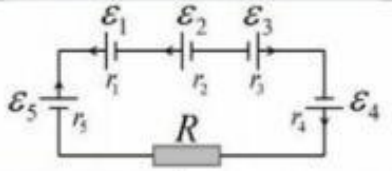
$$I_1+I_2+I_3=I_4+I_5$$

2-qoida: Zanjirdagi tok manbalarini E.Yu.K larining algebraik yig‘indisi, zanjirning barcha qismlaridagi kuchlanishlarning yig‘indisiga teng:

$$\varepsilon_1+\varepsilon_2+\varepsilon_4-\varepsilon_3-\varepsilon_5=U_R+U_1+U_2+U_3+U_4+U_5$$

yoki

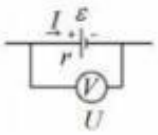
$$\varepsilon_1+\varepsilon_2+\varepsilon_4-\varepsilon_3-\varepsilon_5=I\cdot R+I\cdot r_1+I\cdot r_2+I\cdot r_3+$$
$$+I\cdot r_4+I\cdot r_5$$



$$\varepsilon=\varepsilon_1+\varepsilon_2+\varepsilon_4-\varepsilon_3-\varepsilon_5;\ r=r_1+r_2+r_3+r_4+r_5;$$
$$I=\frac{\varepsilon}{R+r}.$$

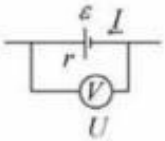
Manba va voltmetr.

1)



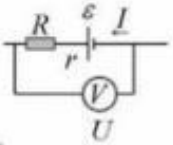
$$U=\varepsilon+I\cdot r$$

2)



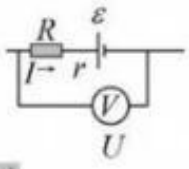
$$U=\varepsilon-I\cdot r$$

3)



$$U=\varepsilon-I\cdot(R+r)$$

4)



$$U=\varepsilon+I\cdot(R+r)$$

To‘liq zanjirda bajarilgan ish, quvvat. Joul-Lens qonuni

Butun zanjirda bajarilgan ish quyidagiga teng: $A=\varepsilon\cdot q$; $A=\varepsilon\cdot I\cdot t$;

$I=\frac{\varepsilon}{R+r}$ ekanligidan

$A=I^2\cdot(R+r)\cdot t=\frac{\varepsilon^2}{(R+r)}\cdot t$; butun zanjirda ajralgan issiqlik to‘la ishga teng: $Q=A$.

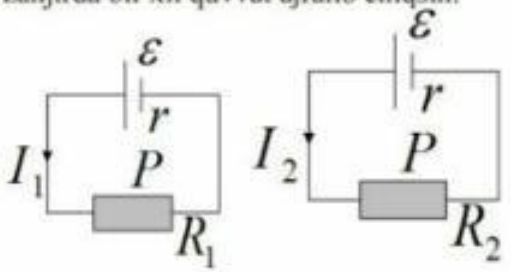
$P=I^2\cdot(R+r)=\frac{\varepsilon^2}{(R+r)}=\varepsilon\cdot I$-butun zanjirda ajraladigan quvvat.

Esda tuting! Manbaning ichki qarshiligi tashqi qarshilikka teng (R=r) bo‘lsa, tashqi zanjirda quvvat maksimal bo‘ladi:

$R=r;\ I=\frac{\varepsilon}{R+r}=\frac{\varepsilon}{2\cdot r};\ P=I^2\cdot R;\ P_{max}=\frac{\varepsilon^2}{4\cdot r}$- tashqi zanjirdagi maksimal quvvat.

Esda tuting! Tashqi zanjirda quvvat maksimal bo‘lganda manbaning F.I.K 50% ga teng bo‘ladi.

Bir tok manbaiga ikkita har xil qarshiliklar alohida ulanganda ikkala holatda ham tashqi zanjirda bir xil quvvat ajralib chiqsin:



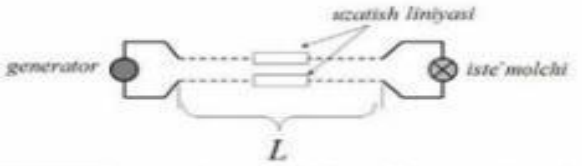
$I_1=\frac{\varepsilon}{R_1+r};\quad I_2=\frac{\varepsilon}{R_2+r};\quad P=I_1^2R_1;\quad P=I_2^2R_2;$

$P=P$ ekanligidan: $\left(\frac{\varepsilon}{R_1+r}\right)^2\cdot R_1=\left(\frac{\varepsilon}{R_2+r}\right)^2\cdot R_2$

shuni yechish asosida: $r=\sqrt{R_1\cdot R_2}$.

O‘zgarmas elektr tokini uzatish.

P quvvatli va U kuchlanishli o‘zgarmas elektr toki generator yordamida hosil qilinadi. U kuchlanishning U_0 qismi uzatish liniyalariga, qolgan U_i qismi esa iste’molchilarga tushadi: $U=U_0+U_i$. Liniyalarga tushuvchi U_0 kuchlanish *isrof*



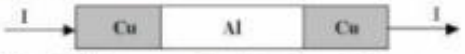
$P=U\cdot I$-generator hosil qilgan quvvat; $R=\rho\cdot\frac{l}{S}$-uzatish liniyasi qarshiligi, L-generatordan iste’molchigacha bo‘lgan masofa, l=2L-liniya simining uzunligi; $I=\frac{U_0}{R}$-uzatish liniyasi uchun Om qonuni; $P_0=U_0\cdot I=\frac{U_0^2}{R}=I^2\cdot R$-liniyadagi isrof bo‘luvchi quvvat; $P_i=U_i\cdot I$-iste’molchiga yetkazilgan quvvat.

Qo‘shimcha qaydlar uchun:

3-§. TURLI MUHITLARDA ELEKTR TOKI

I. Metall o‘tkazgichlarda elektr toki

Nemis olimi Karl Rikke mis va aluminiydan yasalgan, radiuslari bir xil uchta silindrlarni ketma-ket ulab, ular orqali bir yil davomida tok o‘tkazib qo‘ygan. Ushbu sistema orqali 3,5 million kulon zaryad oqib o‘tganligiga qaramasdan moddalar bir-biriga, hatto mikroskopik miqdorda ham, o‘tib qolmaganligi kuzatilgan. Demak metallar tarkibidagi musbat ionlar zaryad tashishda ishtirok etmaydi. U holda metallarda elektr tokini, ularning hammasi uchun umumiy bo‘lgan zarrachalar, ya’ni ***erkin elektronlar*** tashiydi:



Mandelshtam, Papaleksi, Tolmen va Styuartlar tomonidan ham bir qator tajribalar o‘tkazildi. Ular ham haqiqatda mettallarda elektr tokini erkin elektronlar tashishini isbotladilar. Elektronning solishtirma zaryadi $\frac{e}{m_e} = 1{,}76 \cdot 10^{11} C/kg$ ekanligi aniqlandi.

Solishtirma zaryad – zaryadli zarrachaning zaryad miqdorini uning massasiga nisbati.

Elektronni Tomson kashf etgan.

Esda tuting! Metallarda elektr tokini faqat elektronlar tashiydi!

O‘tkazgichning qarshiligini temperaturaga bog‘liqligi

Qizdirish natijasida kristallda tugunlardagi atomlarning tebranma harakati yanada kuchayadi va natijada kristall tomonidan elektr tokiga ko‘rsatiladigan qarshilik yanada kuchayadi. Elektr qarshilik temperatura o‘zgarishiga chiziqli bog‘langan:

$R = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta t)$; bunda: R_0 - 0^0C dagi o‘tkazgich qashiligi; α -qarshilikning temperaturaviy (termik) koeffitsiyenti, $[\alpha] = 1\frac{1}{K} = 1\frac{1}{^0C}$; Δt -temperatura o‘zgarishi.

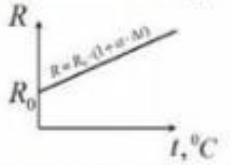
$\Delta t = t - 0 = t$ ekanligidan: $R = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t)$.

$R = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta t) \Rightarrow R = R_0 + R_0 \cdot \alpha \cdot \Delta t \Rightarrow$

$R - R_0 = R_0 \cdot \alpha \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta R = R_0 \cdot \alpha \cdot \Delta t \Rightarrow \alpha = \frac{\Delta R}{R_0 \cdot \Delta t}$

Qarshilikning termik koeffitsiyenti – temperatura 1 K (1 ^{0}C) o‘zgarganda qarshilikning 0 ^{0}C dagi qiymatiga nisbatan qancha qismicha o‘zgarganligi.

Metall o‘tkazgichlarda elektr qarshilik temperatura ortishi bilan chiziqli ortadi:



Faraz qilaylik, o‘tkazgich t_1 temperaturada R_1 qarshilikka, t_2 temperaturada R_2 qarshilikka ega bo‘lsin:

$R_1 = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t_1)$; $R_2 = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t_2)$;

$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t_1)}{R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t_2)}$; $\frac{R_1}{R_2} = \frac{(1 + \alpha \cdot t_1)}{(1 + \alpha \cdot t_2)}$.

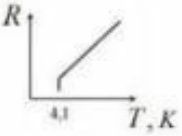
Metall o‘tkazgichning solishtirma qarshiligi ham temperaturaga chiziqli bog‘langan: $\rho = \rho_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t)$; bunda: ρ_0 - 0^0C dagi o‘tkazgich solishtirma qashiligi.

O‘ta o‘tkazuvchanlik hodisasi.

Elektr o‘tkazuvchanlik – qarshilikka teskari bo‘lgan kattalik.

$\sigma = \frac{1}{R}$ - elektr o‘tkazuvchanlik, [σ]=1 Ω^{-1}= 1 Simens. $\lambda = \frac{1}{\rho}$-solishtirma elektr o‘tkazuvchanlik, $[\lambda] = 1\frac{1}{\Omega \cdot m}$.

Metall o‘tkazgichlarni o‘ta kuchli sovutganda temperaturaning ma’lum bir qiymatiga yetganda ularning qarshiligi nolga intiladi. Bu hodisa *o‘ta o‘tkazuvchanlik hodisasi* deb ataladi. Mazkur hodisani Kamerling-Onnes o‘rgangan. Simob bug‘larini sovuq geliyda 4,1 K (268,9^{0}C) gacha sovutsak, uning qarshiligi nolga intiladi.

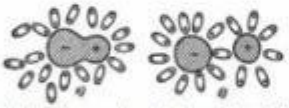


II. Suyuqliklarda (elektrolitlarda) elektr toki

Elektrolitik dissotsiatsiya

Ma'lumki, distillangan suv yaxshi dielektrik hisoblanadi. Ya'ni sof, toza suv elektr tokini o'tkazmaydi. Suvga shakar solinsa, unda ham elektr toki o'tmaydi. Agarda suvga ozroq kislota tomizilsa, suv orqali tok o'tishni boshlaydi. Demak, kislotaning suvdagi eritmasi elektr jihatdan o'tkazgich hisoblanadi. Ushbu hodisani ko'rib chiqaylik!

Faraz qilaylik, distillangan suvga vodorod xlor (HCl-xlorid) kislotasi solinsin. HCl kislotasining molekulasi 1 ta H^+ va 1 ta Cl^- ionlaridan tarkib topgan bo'lib, ular o'zaro kulon kuchi bilan bog'langan. Suv dielektrik bo'lganligi tufayli bu ionlar orasidagi o'zaro elektrostatik ta'sir kuchi 81 marta kamayadi. Natijada suvning xaotik harakatdagi molekulalari, HCl ion molekulalariga to'qnashishi tufayli mazkur ion molekulalari H^+ va Cl^- ionlariga ajraladi. Bundan tashqari ajralgan ionlar suv dipollari yordamida o'rab olinadi:



Bu holatda ionlar aniq ajralgan hisoblanadi.

Elektrolitik dissotsiatsiya – erituvchi yordamida molekulalarning ionlarga ajralishi.

Lekin bu ionlar o'zaro elektrostatik ta'sir tufayli o'zaro birikib yana neytral ion molekulasini hosil qilish jarayoni kechadi. *Ionlarning o'zaro birikib neytral ion molekulasini hosil bo'lishi* ***rekombinatsiya yoki molizatsiya*** *jarayoni deb ataladi.*

Bu dissotsiatsiya va rekombinatsiya jarayonlari bir vaqtda amalga oshib turadi:

$$HCl \rightleftarrows H^+ + Cl^-$$

Eritmada ionlarga ajralgan molekulalar sonini, molekulalarning umumiy soniga nisbati ***dissotsiatsiya darajasi (koeffitsiyenti)*** *deb ataladi*: $\alpha = \frac{N_i}{N}$; bunda: N-eritmadagi molekulalarning umumiy soni; N_i- ionlarga ajralgan molekulalar soni.

Demak, *dissotsiatsiya darajasi erituvchining modda turiga (erituvchining dielektrik singdiruvchanligiga) va temperaturga bog'liq* bo`ladi.

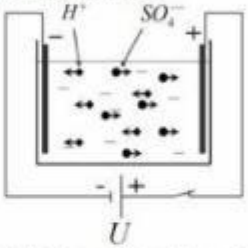
Elektroliz

Elektrolit – elektr tokini o'tkazuvchi suyuqlik.

Faraz qilaylik, distillangan suv solingan vannaga sulfat kislota (H_2SO_4) si solinsin. Sulfat kislota molekulalarining dissotsiatsiyasi quyidagi tenglama asosida kechadi:

$$H_2SO_4 \rightleftarrows 2H^+ + SO_4^{--}$$

Endi vannaga tok manbaiga ulangan platinali plastinkalarni tushuramiz:



Bu platinkalar *elektrodlar* deb ataladi. Manbaning musbat qutbiga ulangan elektrod *anod*, manfiy qutbiga ulangan elektrod esa *katod* deb ataladi. Demak, katod "-", anod "+". Agar kalit ulanib zanjir yopilsa, anod va katod orasida elektr maydon vujudga keladi. Bunda H^+ ionlari katod tomon, SO_4^{-2} ionlari esa anod tomon tortiladi. Natijada elektr toki yuzaga keladi.

Elektroliz – elektrolitlarda elektr toki ta'sirida elektrodlarda modda ajralishi.

Elektroliz jarayoni tok o'tkazmaydigan idishda o'tkaziladi. Bu idish *elektrolitik vanna* deb ataladi. Katod tomon harakatlanuvchi musbat ionlar *kationlar* deb ataladi. Anod tomon harakatlanuvchi manfiy ionlar esa *anionlar* deb ataladi.

Elektroliz jarayoni uchun Faradey qonunlari ishlab chiqilgan.

Faradeyning 1 – qonuni: Elektrolitda ajralib chiqqan modda massasi moddaning turi va elektrolitdan oqib o'tgan zaryad miqdoriga bog'liq:

$m = k \cdot q = k \cdot I \cdot t$-elektrodda ajralib chiqqan modda massasi; k-ajralib chiquvchi moddaning elektrokimyoviy ekvivalenti, [k]=1 kg/C; q-elektrolitdan oqib o'tgan zaryad.

Faradeyning 2 – qonuni:

$k = \frac{A}{Z} \cdot \frac{1}{F}$; bunda: A-moddaning atom massasi, [A]= 1 kg/mol ; Z-ajralib chiquvchi modda valentligi; F-Faradey soni. $F = \bar{e} \cdot N_A = 96500 \frac{C}{mol}$.

Elektrokimyoviy ekvivalent – elektrolitdan birlik zaryad oqib o'tganda elektrolitda ajralib chiqqan modda massasi.

Faradey soni – 1 mol miqdordagi modda ajralishi uchun elektrolitdan 96500 C zaryad oqib o'tadi.

Faradeyning birlashgan qonuni:

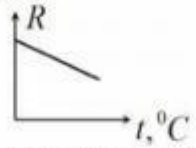
$m = \frac{A}{Z} \cdot \frac{1}{F} \cdot q = \frac{A}{Z} \cdot \frac{1}{F} \cdot I \cdot t$

Esda tuting! Elektrolitlarda elektr tokini musbat va manfiy ionlar tashiydi.

Elektrolitlarda musbat va manfiy ionlar tok tashiganligi sababli:

$I = I_+ + I_- = \frac{q_+ + q_-}{t}$-elektrolitdagi umumiy tok kuchi.

Temperatura ortishi bilan elektrolitlarda elektr qarshilik kamayadi, elektr o'tkazuvchanlik esa ortadi:



Demak, elektrolitlar uchun termik koeffitsiyent ($\alpha<0$) manfiy ekan.

Elektroliz vaqtida modda elektrod ustini h qalinlikda qoplaydi. Shuning uchun:

$m = k \cdot I \cdot t$;

$m = \rho \cdot S \cdot h \Rightarrow \rho \cdot S \cdot h = k \cdot I \cdot t \Rightarrow \rho \cdot h = k \cdot \frac{I}{S} \cdot t \Rightarrow$

$\rho \cdot h = k \cdot j \cdot t \Rightarrow j = \frac{\rho \cdot h}{k \cdot t}$-elektrolitlarda tok zichligi; bunda: ρ-ajraluvchi modda zichligi, h-elektrodda ajralgan modda qatlamining qalinligi, t-vaqt, k-elektrokimyoviy ekvivalent.

Elektroliz jarayonida tokning bajargan ishi yoki sarf qilgan energiyasi quyidagicha topiladi: $W = A = q \cdot U = \frac{m}{k} \cdot U$; U-kuchlanish.

Esda tuting! O'zgaruvchan elektr tokida elektroliz jarayonida modda ajralishi kuzatilmaydi.

III. Yarim o'tkazgichlarda elektr toki

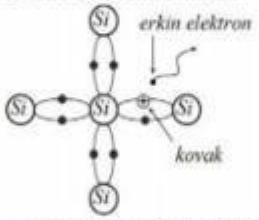
Yarimo'tkazgichlar 2 xil bo'ladi.

1. Xususiy yarimo'tkazgichlar.

2. Aralashmali yarimo'tkazgichlar.

Xususiy yarimo'tkazgichlar – sof, toza yarimo'tkazgichlar.

Xususiy yarim o'tkazgichlarga kremniy (Si), germaniy (Ge), indiy (In), surma (Sb), berilliy (Be) kabi elementlar kiradi.

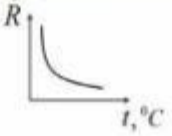


Kovak – elektron tashlab chiqib ketgan bo'sh joy.

Generatsiya – elektron-kovak juftining hosil bo'lishi.

Rekombinatsiya – generatsiyaga teskari jarayon bo'lib, elektronning kovakka joylashishi.

Xususiy yarim o'tkazgichlarda tashqi ta'sirlar natijasida elektron-kovak jufti hosil bo'ladi va ular elektr tokini tashishda ishtirok etadi. Sof yarimo'tkazgichning elektr o'tkazuvchanligi *xususiy o'tkazuvchanlik* deb ataladi. Tashqi ta'sirlar jumladan issiqlik va yorug'lik ta'sirida generatsiya jarayoni tezlashadi. Natijada yarimo'tkazgichning qarshiligi kamayib, o'tkazuvchanligi ortadi:



Demak yarimo‘tkazgichlar uchun termik koeffitsiyent ($\alpha<0$) manfiy ekan.

Xususiy yarimo‘tkazgichlarda tok elektronlar va kovaklar tokining yig‘indisiga teng: $I = I_+ + I_- = \frac{q_+ + q_-}{t}$.

Xususiy yarimo‘tkazgichda elektronlar va kovak konsentratsiyasi o‘zaro tengligidan: $I_+ = I_-$.

Absolut nol kelvinda hususiy yarim-o‘tkazgichlar mutloq dielektrikka aylanadi.

Esda tuting! Xususiy yarimo‘tkazgichlarda elektronlar va kovaklar teng huquqli tok tashishda ishtirok etadilar.

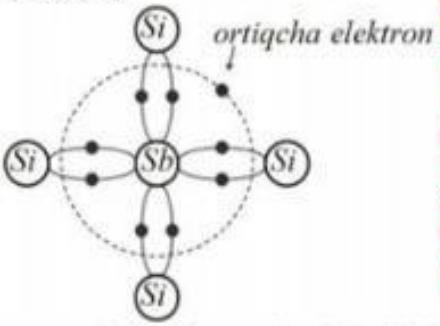
Aralashmali yarimo‘tkazgichlar ham 2 xil bo‘ladi:

1. Donor aralashmali yarimo‘tkazgichlar.

2. Akseptor aralashmali yarimo‘tkazgichlar.

Donor aralashma – 4-guruh elementiga 5-guruh elementi atomlarini kiritish orqali hosil qilinadi.

$Sb(V) \rightarrow Si(IV)$



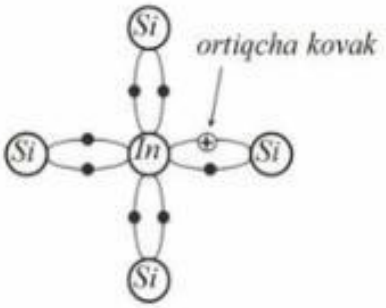
Donor aralashmali yarimo‘tkazgichlarda asosiy tok tashuvchilar elektronlar, noasosiy tok tashuvchilar esa kovaklar hisoblanadi.

Donor aralashmali yarimo‘tkazgichlarda tok: $I = I_+ + I_-$; $I_+ << I_-$; $I \approx I_-$.

Donor aralashmali yarimo‘tkazgich hosil qilinishi natijasida yarim o‘tkazgich n-tip materialga aylanadi. “n-tip” – “negative” ya’ni “manfiy” demakdir.

Akseptor aralashma – 4-guruh elementiga 3-guruh elementi atomlarini kiritish orqali hosil qilinadi.

$In(III) \rightarrow Si(IV)$



Akseptor aralashmali yarimo‘tkazgichlarda asosiy tok tashuvchilar kovaklar, noasosiy tok tashuvchilar esa elektronlar hisoblanadi.

Akseptor aralashmali yarimo‘tkazgichlarda tok: $I = I_+ + I_-$; $I_+ >> I_-$; $I \approx I_+$.

Akseptor aralashmali yarimo‘tkazgich hosil qilinishi natijasida yarim o‘tkazgich p-tip materialga aylanadi. “p-tip” – “pozitive” ya’ni “musbat” demakdir.

Yarimo‘tkazgichli asboblar

1. Yarimo‘tkazgichli diodlar.

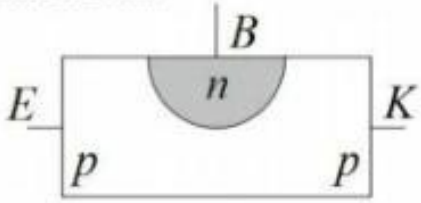
n-tip va p-tip yarimo‘tkazgichlar o‘zaro kontaktga keltirilib, p-n o‘tish qatlami hosil qilinadi. Bu qatlam kontakt sohasida hosil bo‘ladi. Bu qatlam elektr tokini bir tomonlama o‘tkazish hususiyatiga ega. p-n o‘tish asosida yarimo‘tkazgichli diod yasaladi.

Diod (to‘g‘irlagich) – elektr tokini bir tomonlama o‘tkazuvchi va zanjirga ulash uchun ikkita elektrodi bo‘lgan yarimo‘tkazgichli asbob.

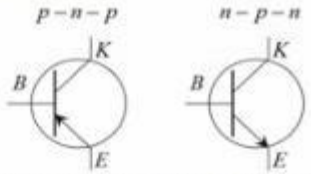
Diodning vazifasi: o‘zgaruvchan tokni o‘zgarmas tokka aylantirish, ya’ni to‘g‘irlash. Diodning sxematik tasviri quyidagicha:



2. Tranzistor – zanjirga ulash uchun uchta elektrodi bo‘lgan yarimo‘tkazgichli asbob. Struktura tuzilishi:



Sxematik tasviri:



Tranzistorlar elektr signallar generatsiyasida va signallarni kuchaytirishda ishlatiladi. Maydonli transiztorlarda elektrodlar stok, istok va zatvor deb ataladi.

3. Fotorezistor – qarshiligi yorug'likka bog'liq bo'lgan yarimo'tkazgichli asbob.

4. Fotoelement – yorug'lik energiyasini elektr energiyasiga aylantiruvchi yarim-o'tkazgichli asbob. Fotoelementlar asosida quyosh batareyalari yasaladi.

5. Termorezistor – qarshiligi temperaturaga bog'liq bo'lgan yarimo'tkazgichli asbob.

6. Termoelement (termistor) – issiqlik energiyasini elektr energiyasiga aylantiruvchi yarimo'tkazgichli asbob. Metallar asosidagi termoelement *termopara* deb ataladi.

IV. Gazlarda elektr toki

Gazlar, metallar va elektrolitlardan farqli ravishda elektroneytral atom va molekulalardan tashkil topgan, ya'ni elektr maydon ta'sirida tartibli harakatga kela oladigan tok tashuvchi – zaryadlangan zarrachalarga ega emas. Demak, oddiy sharoitda gazlar elektr tokini o'tkazmaydi. Agar uning molekulalarini bir qismi ionlashtirilsa, ya'ni elektron va musbat ionlarga ajratilsa, gaz o'tkazgich bo'lib qoladi. Hosil bo'lgan elektronlarning bir qismi neytral molekulalarga birlashishi tufayli gazda manfiy ionlar ham hosil bo'lishi mumkin. Natijada gazdan elektr toki o'tadi. Gazlardan elektr tokini o'tish jarayoni elektr razryadi (gaz razryadi) yoki gazorazryad deb ataladi.

Esda tuting! Gazlarda elektr tokini musbat va manfiy ionlar hamda elektronlar tashiydi.

Gaz razryadi 2 xil bo'ladi:

1. Nomustaqil razryad. Bunda gaz tashqi ta'sir natijasida ionlashtiriladi va gazdan elektr toki o'tadi. Tashqi ta'sir to'xtatilishi bilan gazdan tok o'tish jarayoni to'xtaydi. Tashqi ta'sirlarga radiatsiya, rentgen nularini misol qilish mumkin.

2. Mustaqil razryad. Bunda tashqi ta'sirlarsiz ham gazdan elektr toki o'tadi.

Mustaqil razryadning quyidagi ko'rinishlari mavjud:

1) Toj razryad. Bir jinsli bo'lmagan, ya'ni notekis elektr maydonlarida bo'lgan normal bosimli gazda elektrodlar o'tkir qismlarining yaqinida ***toj razryadi*** kuzatiladi.

2) Uchqunli razryad. Uchqunli razryadga yashinni misol qilish mumkin.

3) Yoy razryad. (сварка)

4) Yolqin (miltillama) razryad. Yolqin razryadning hususiyatlaridan kunduzgi yorug'lik lampalarida, vitrinalarni yoritish, bezash maqsadlarida foydalaniladi.

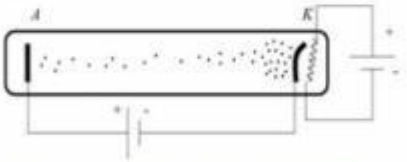
V. Vakuumda elektr toki

Elektron emissiya hodisasi – tashqi ta'sir natijasida elektronlarning jismdan tashqariga chiqishi.

Elektron emissiyaning quyidagi turlari mavjud:

1. Termoelektron emissiya – jismni qizdirish natijasida undan elektronlarning chiqish jarayoni.

2. Fotoelektron emissiya – jismdan yorug'lik ta'sirida elektronlarning chiqishi.



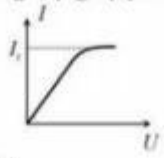
Vakuumda elektr tokini hosil qilish uchun oldin katod qizidiriladi. Qizdirish natijasida termoelektron emissiya hodisasi kuzatiladi. Natija katoddan vakuumga elektronlar chiqariladi. Anod va katod orasidagi potensiallar farqi tufayli vakuumda elektr toki hosil bo'ladi.

Esda tuting! Vakuumda elektr tokini elektronlar tashiydi.

Vakuumda elektr maydon ta'sirida elektronlar tezlashtiriladi:

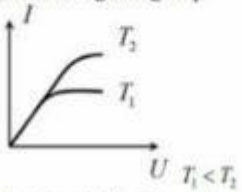
$A = E_k$ ekanligidan: $U \cdot \bar{e} = \frac{m_e \cdot \vartheta^2}{2}$.

Vakuumda elektr toki uchun tok kuchining kuchlanishga bog‘liqligi quyidagicha:



I_t-to‘yinish toki.

Esda tuting! Vakuumda to‘yinish toki vaqt birligi ichida katoddan chiqayotgan elektronlarning soniga bog‘liq. Vaqt birligi ichida katoddan chiqayotgan elektronlar soni esa katod materiali, material geometrik o‘lchamlari va temperaturasiga bog‘liq.



Vakuumda katod sifatida vakuum metallar ishlatiladi. Vakuum metallarga molibden, tantal, volfram kabi metallarni misol qilish mumkin.

Vakuummas metallar: mis va alyuminiy.

Elektr tokining turli muhitlarda kuzatilishi mumkin bo‘lgan ta’sirlari

1. Metallar – elektr tokining magnit, issiqlik ta’siri kuzatiladi, kimyoviy ta’sir esa kuzatilmaydi.

2. Suyuqliklar – elektrolitlar – elektr tokining magnit, issiqlik va kimyoviy ta’siri kuzatiladi.

3. Yarimo‘tkazgichlar – elektr tokining magnit, issiqlik ta’siri kuzatiladi, kimyoviy ta’sir esa kuzatilmaydi.

4. Gazlarda – elektr tokining magnit, issiqlik va kimyoviy ta’siri kuzatiladi.

5. Vakuumda – elektr tokining magnit ta’siri kuzatiladi, issiqlik va kimyoviy ta’siri kuzatilmaydi.

Biror muhitda tok hosil bo‘lishi uchun avvalambor muhitda erkin zaryad tashuvchilar bo‘lishi talab etiladi. Dielektriklarda erkin zaryad tashuvchilar bo‘lmaganligi tufayli ular elektr jihatdan o‘tkazmovchi hisoblanadi. Istalgan muhitda elektr tokining magnit ta’siri kuzatiladi.

4-§. MAGNETIZM

Magnit maydonning asosiy xususiyatlari:

1. O‘zgarmas magnit maydoni elektrostatik maydon bilan o‘zaro ta’sirlashmaydi.

Masalan, tinch turgan zaryadli zarrachaga magnit maydon tomonidan hech qanday ta’sir kuzatilmaydi.

2. Magnit maydon materiyaning maxsus turi. Materiya – biz sezgi organlarimiz bilan sezishimiz mumkin bo`lgan har qanday narsa.

3. Bir qutbli magnit hosil qilib bo‘lmaydi.

4. Bir ismli qutblar o‘zaro itarishishadi, har xil ismli qutblar esa o‘zaro tortishishadi.

5. Magnit maydoni uyurmaviy maydondir. Uyurmayiv maydon – kuch chiziqlari doimo berk bo‘lgan maydon.

Magnitlar 2 xil bo‘ladi:

1. tabiiy magnitlar;

2. sun’iy magnitlar.

Tabiiy magnitlarning o‘zi ham shakl jihatdan 2 xil ko‘rinishda tayyorlanadi:

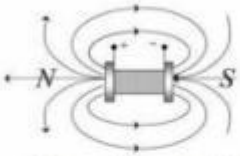
To‘g‘ri magnit; **Taqasimon magnit.**



Bunda: **N** – shimoliy qutb (north); **S** – janubiy qutb (south).

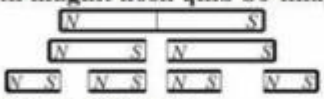
Esda tuting! Magnit maydon kuch chiziqlari doimo N dan S ga tomon yo‘naladi.

Sun’iy magnitga elektromagnitni misol qilish mumkin:



Elektromagnit bu tokli g‘altak hisoblanadi.

Bir qubtli magnit hosil qilib bo‘lmaydi:



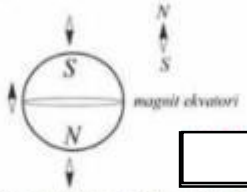
Yer – ulkan magnitdir:

Yerning geografik shimoliy qutbida janubiy magnit qutbi, geografik janubiy qutbida esa shimoliy magnit qutbi joylashgan bo‘lib, ular o‘zaro ustma-ust tushmaydi. Qutblarni tutashtiruvchi to‘g‘ri chiziqlar orasidagi

ma'lum burchakni tashkil qiladi. Magnit ekvatori va geografik ekvatorlar ham o'zaro huddi shu burchakni hosil qiladilar.



Yerning turli qismlarida magnit strelkaning vaziyatlari:



Qutblarning aynan o'zida magnit strelkalar tik vertikal holatni egallaydi. Bunda magnit strelka yerning janubiy qutbida shimoliy qutbi bilan tik pastga, shimoliy qutbda esa janubiy qutbi bilan tik pastga qaragan bo'ladi. Magnit ekvatorning o'zida esa gorizontal holatni egallaydi.

Kompas – yerning shimoliy qutbi aniqrog'i janubiy magnit qutbini ko'rsatuvchi asbob.

I. Tokning magnit maydoni

Magnit maydonni miqdor jihatdan xarakterlash uchun magnit maydon induksiyasi [B]=1 T (Tesla) va magnit maydon kuchlanganligi [H]=1 A/m kattaliklari kiritiladi. B va H kattaliklar vektor kattalik hisoblanadi va ular har doim bir yo'nalishda yo'naladi.

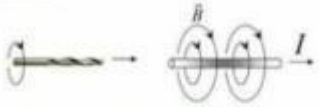
$B = \mu \cdot \mu_0 \cdot H$; bunda: μ_0-magnit doimiysi, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} (H/m)$, H-genri;

μ-muhitning magnit kirituvchanligi.

Esda tuting! Magnit kirituvchanlik vakuum va havo uchun $\mu = 1$ teng.

Elektr toki magnit maydon hosil qilishini ya'ni tokning magnit ta'sirini *Xans Kristian Ersted* aniqlagan. U tokning magnit strelkasi bilan ta'sirini kuzatgan. To'g'ri tokning magnit maydoni o'tkazgichni o'rab turuvchi berk konsentrik aylanalardan iborat bo'ladi. Magnit induksiya yo'nalishi o'ng vint qoidasi (parma qoidasi) ga ko'ra topiladi:

O'ng vint qoidasi: parmani o'tkazgich yoniga yaqinlashtirib, parma dastasini tok yo'nalishida kiradigan qilib buraymiz. Bunda parma dastasining aylanma harakat yo'nalishi magnit maydon induksiyasi yo'nalishi bilan mos tushadi.

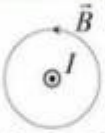


O'tkazgichdagi tok yo'nalishi va maydoning ko'ndalang tasviri:

1. Tok bizdan u tarafga oqyapti (rasm tekisligiga perpendikular ravishda):



2. Tok u yoqdan bizga tomon yo'nalgan (rasm tekisligiga perpendikulyar ravishda):

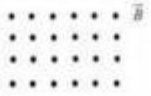


Magnit maydonning ko'ndalang tasviri:

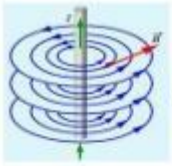
1. Magnit maydon bizdan u tarafga yo'nalgan (rasm tekisligiga perpendikular ravishda):

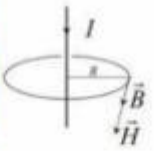


2. Magnit maydon u yoqdan bizga tomon yo'nalgan (rasm tekisligiga perpendikular ravishda):



Cheksiz uzunlikdagi to'g'ri o'tkazgichning magnit maydoni





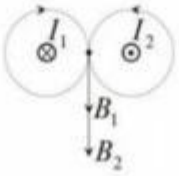
$H = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r}$-o‘tkazgichdan r masofadagi magnit maydon kuchlanganligi;

$B = \mu \cdot \mu_0 \cdot \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r}$- o‘tkazgichdan r masofadagi magnit maydon induksiyasi.

Esda tuting! Maydonning istalgan nuqtasidagi magnit maydon unduksiyasi yoki magnit maydon kuchlanganligi shu nuqtaga nisbatan urinma tarzida yo‘naladi.

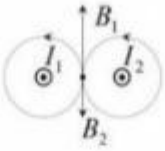
Magnit maydon induksiyalarini o‘zaro qo‘shish:

1.



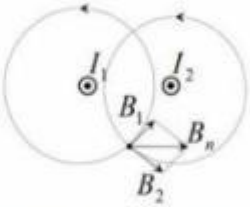
$B_n = B_1 + B_2$

2.



$B_n = B_1 - B_2$

3.



Aylana tokning magnit maydoni

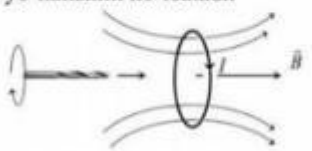


$H = \frac{I}{2 \cdot R}$-aylana tokning markazidagi magnit maydon kuchlanganlgi, R-aylana radiusi;

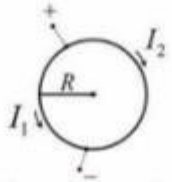
$B = \mu \cdot \mu_0 \cdot \frac{I}{2 \cdot R}$ -aylana tokning markazidagi magnit maydon induksiyasi.

Halqa markazidagi magnit induksiya vektori yo‘nalishini parma qoidasiga ko‘ra topamiz.

Parma qoidasi: parmani aylana tok yo‘nalishida kiradigan qilib buraymiz, parma ilgarilanma harakat yo‘nalishi induksiya vektori yo‘nalishini ko‘rsatadi.

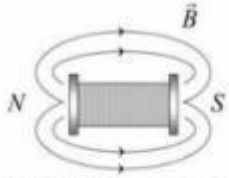


Faraz qilaylik, simli halqa rasmdagidek tokka ulandi:



Bunda har bir yoyning aylana markazida hosil qilgan maydoni bir xil va qarama-qarshi yo‘naladi. Natijada aylana markazida magnit maydon nolga teng bo‘ladi.

Tokli solinoidning (g‘altakning) magnit maydoni



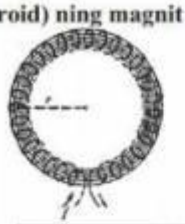
$H = n \cdot I$-solinoidning magnit maydon kuchlanganligi; bunda: n-o‘ramlar zichligi.

O‘ramlar zichligi – g‘altakning uzunlik birligiga to‘g‘ri keladigan o‘ramlar soni.

$n = \frac{N}{l}$; l-g‘altakning uzunligi; N-o‘ramlar soni.

$H = I \cdot \frac{N}{l}$; $B = \mu \cdot \mu_0 \cdot I \cdot \frac{N}{l}$.

Troid (torroid) ning magnit maydoni

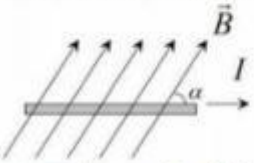


$H = I \cdot \frac{N}{2 \cdot \pi \cdot r}$; $B = \mu \cdot \mu_0 \cdot I \cdot \frac{N}{2 \cdot \pi \cdot r}$; bunda: r - troid radiusi.

II. Magnit maydondagi kuchlar

Amper kuchi

Amper kuchi – magnit maydon tomonidan tokli o'tkazgichga ta'sir qiluvchi kuch.

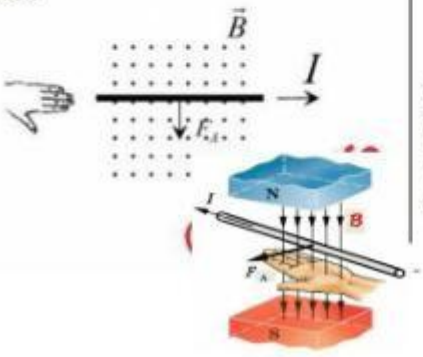


$F_A = B \cdot I \cdot l \cdot \sin\alpha$ -Amper kuchi; bunda: l - o'tkazgich uzunligi; α -magnit maydon kuch chiziqlari va o'tkazgich orasidagi burchak.

Demak, tokli o'tkazgich maydon kuch chiziqlariga parallel yo'nalsa, Amper kuchi nolgan teng bo'ladi ($\sin 0^0 = 0$). Amper kuchining maksimal qiymati esa o'tkazgich maydon kuch chiziqlariga tik joylashganda kuzatiladi ($\sin 90^0 = 1$).

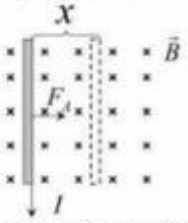
Amper kuchi chap qo'l qoidasiga ko'ra topiladi.

Chap qo'l qoidasi: chap kaftimizni o'tkazgich yonida shunday joylashtiraylikki, bunda to'rtta barmog'imiz tok yo'nalishida, induksiya vektori esa kaftimizga tik holatda kiradigan bo'lsin. Bunda 90^0 ga kerilgan bosh barmoq esa Amper kuchini yo'nalishini ko'rsatadi.



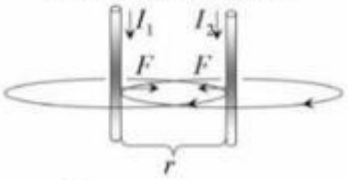
Esda tuting! Magnit maydon tomonidan ta'sir qiluvchi Amper kuchi faqat tokli o'tkazgichga ta'sir qiladi.

Amper kuchining bajargan ishi – tokli o'tkazgichni magnit maydon tomonidan ko'chirishda bajarilgan ish.



$A = F_A \cdot x$; x -o'tkazgich ko'chirilgan masofa.

Cheksiz uzunlikdagi o'zaro parallel toklarning ta'sirlashishi

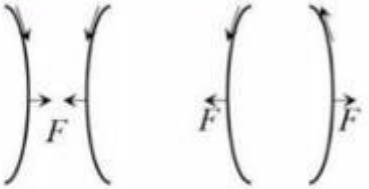


$B_1 = \mu \cdot \mu_0 \cdot \frac{I_1}{2 \cdot \pi \cdot r}$; $F_A = B_1 \cdot I_2 \cdot l$;

$F_A = \mu \cdot \mu_0 \cdot \frac{I_1}{2 \cdot \pi \cdot r} \cdot I_2 \cdot l$;

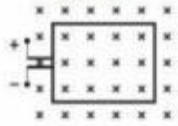
$F = \mu \cdot \mu_0 \cdot \frac{I_1 \cdot I_2}{2 \cdot \pi \cdot r} \cdot l$ -cheksiz uzunlikdagi o'zaro parallel toklarning ta'sirlashish kuchi.

Amper gipotezasiga ko'ra: Bir yo'nalishdagi toklar o'zaro tortishishadi, har xil yo'nalishdagilar esa o'zaro itarishishadi:



1 Amper – vakuumda joylashgan, oralaridagi masofa 1 m bo'lgan o'zaro parallel cheksiz uzunlikdagi o'tkazgichlarning har bir metri o'zaro $2 \cdot 10^{-7} N$ kuch ta'sirlashganda har bir o'tkazgichdagi tokning qiymati.

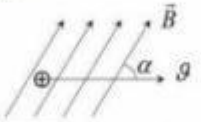
Magnit maydonda joylashtirilgan tokli ramka



$B = \frac{M}{P}$; M-aylantiruvchi kuch momenti, [M]=1 N·m; $P = I \cdot S$-ramkaning magnit momenti, agarda ramka N ta o'ramdan iborat bo'lsa: $P = N \cdot I \cdot S$, [P]=1 A·m^2; S-ramkaning yuzasi.

Lorens kuchi

Lorens kuchi – magnit maydon tomonidan harakatlanuvchi zaryadli zarraga ta'sir qiluvchi kuch.

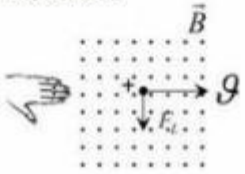


$F_L = B \cdot q \cdot \vartheta \cdot \sin\alpha$-Lorens kuchi; α-tok yo'nalishi va induksiya vektori orasidagi burchak.

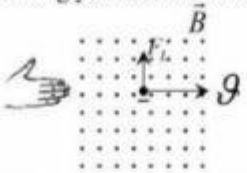
Demak, zaryadli zarra maydon kuch chiziqlariga perpendikulyar harakatlansa ($\sin 90^0=1$), Lorens kuchi maksimal qiymatga, kuch chiziqlariga parallel harakatlansa ($\sin 0^0=0$), Lorens kuchi nolga teng bo'ladi.

Lorens kuchi yo'nalishi chap va o'ng qo'l qoidalariga ko'ra topiladi. Agarda zaryadli zarracha musbat bo'lsa, chap qo'l qoidasi, agarda manfiy zaryadli zarracha bo'lsa, o'ng qo'l qoidasi ishlatiladi.

Chap qo'l qoidasi (musbat zaryad uchun): chap qo'limizni shunday joylashtiraylikki, bunda to'rtta barmog'imiz zaryadli zarraning harakat yo'nalishiga mos tushsin, induksiya vektorlari esa kaftga tik holatda kiradigan bo'lsin, u holda 90^0 ga kerilgan bosh barmoq Lorens kuchining yo'nalishini ko'rsatadi.



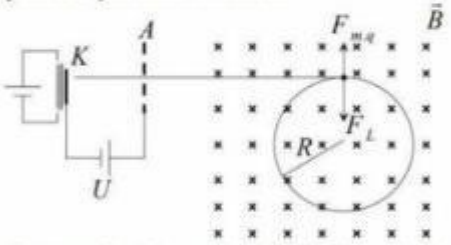
O'ng qo'l qoidasi (manfiy zaryad uchun): o'ng qo'limizni shunday joylashtiraylikki, bunda to'rtta barmog'imiz zaryadli zarraning harakat yo'nalishiga mos tushsin, induksiya vektorlari esa kaftga tik holatda kiradigan bo'lsin, u holda 90^0 ga kerilgan bosh barmoq Lorens kuchining yovnalishini ko'rsatadi.



Esda tuting! Lorens kuchi ish bajarmaydi, u faqat zaryadli zarrachaning trayektoriyasini o'zgartiradi.

Zaryadli zarrachaning magnit maydondagi harakati

Faraz qilaylik, katoddan elektronlar chiqarilib, elektr maydon ta'sirida tezlashtirilsin. Tezlashtirilgan elektronlar oqimi magnit maydonga perpendikulyar ravishda kirgach, Lorens kuchi ta'sirida aylana bo'ylab harakatlanadi.



Lorens kuchi markazga intilma kuch vazifasini bajaradi va zaryadli zarra aylanma harakat qiladi: $F_L = ma_n$; $B \cdot q \cdot \vartheta = \frac{m \cdot \vartheta^2}{R}$;

$R = \frac{m \cdot \vartheta}{B \cdot q}$-aylana radiusi;

$E_k = \frac{m \cdot \vartheta^2}{2}$; $R = \frac{m \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot E_k}{m}}}{B \cdot q}$; $R = \frac{\sqrt{2 \cdot m \cdot E_k}}{B \cdot q}$;

$E_k = q \cdot U$; $R = \frac{\sqrt{2 \cdot m \cdot q \cdot U}}{B \cdot q}$; $R = \frac{1}{B} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot m \cdot U}{q}}$;

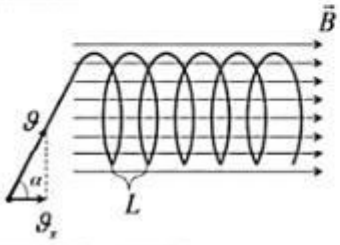
$B \cdot q \cdot \vartheta = \frac{m \cdot \vartheta^2}{R} \Rightarrow B \cdot q = \frac{m \cdot \vartheta}{R} \Rightarrow$

$B \cdot q = \frac{m \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{T}}{R}$; $T = \frac{2 \cdot \pi \cdot m}{B \cdot q}$-aylanish davri;

bunda: ϑ va E_k - zaryadli zarralarning tezligi va kinetik energiyasi; U-zaryadli zarralarni tezlashtirishdagi potensiallar farqi.

Esda tuting! Zaryadli zarralarning magnit maydondagi aylanma harakatining davri zarralar tezligi yoki kinetik energiyasiga bog'liq emas.

Agar zaryadli zarracha magnit maydonga ma'lum burchak ostida qiya kirib kelsa, u vintsimon (parmasimon) trayektoriya bo'ylab harakatlanadi:



$R = \frac{m \cdot \vartheta \cdot \sin\alpha}{B \cdot q}$; $T = \frac{2 \cdot \pi \cdot m}{B \cdot q}$; $L = \vartheta \cdot \cos\alpha \cdot T$ - vintning qadami.

Siklotron – zaryadli zarralarni magnit va elektr maydon yordamida tezlashtiruvchi qurilma.

Masspektrometr – zaryadli zarralarning magnit maydondagi harakatiga ko'ra ularning massasini o'lchovchi qurilma.

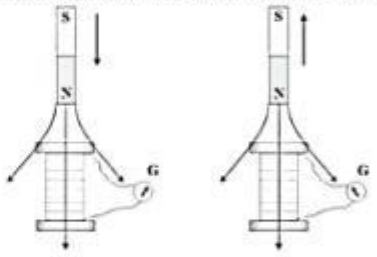
III. Elektromagnit induksiya hodisasi

Magnit oqimi:



$\Phi = B \cdot S \cdot \cos\alpha$-magnit oqimi, [Φ]= 1 Wb (Veber); α-yuza tekisligiga o'tkazilgan normal va magnit indusiyasi orasidagi burchak.

Xans Kristian Ersted tokning magnit maydonlarini o'rganish asosida ommaga o'z tajriba natijalarini e'lon qiladi. Maykl Faradey bu natijalarni ko'zdan kechirish paytida bitta jumla uning e'tiborini tortadi. Unda quyidagicha fikr yozilgan edi: "elektr maydoni magnit maydonini hosil qilar ekan, magnit maydoni elektr maydonini hosil qila olmasmikan?". Faradey bu fikr ustida 1822 – yildan boshlab tajribalar o'tkaza boshlaydi. Faqat 9 yildan so'ng, 1831 – yilga kelib o'zgaruvchan magnit maydoni o'zgaruvchan elektr maydonini hosil qilishini kashf etadi.



Faradey tajribasiga ko'ra o`zgaruvchan magnit maydoniga kiritilgan o'tkazgichli berk konturda o'zgaruvchan induksion tok hosil bo'ladi. Bu hodisa fanga *elektromagnit induksiya qonuni* nomi bilan kiritildi.

Elektromagnit induksiya qonuni:

Elektromagnit induksiya hodisasi tufayli hosil bo'ladigan induksiya E.Yu.K magnit induksiya oqimi o'zgarish tezligining teskari ishora bilan olingan qiymatiga teng.

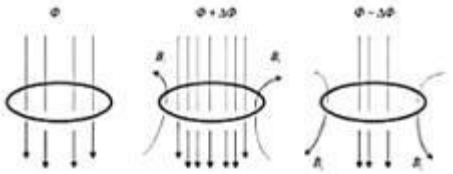
$\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{t}$-induksion tok E.Yu.K (bitta kontur uchun); $\Delta\Phi = \Phi_1 - \Phi_2$-magnit oqimining o'zgarishi; $\frac{\Delta\Phi}{t}$-magnit oqimining o'zgarish tezligi, [ΔΦ/t]=1 Wb/s.

Berk konturda hosil bo'luvchi induksion tok yo'nalishi Lens qoidasiga ko'ra topiladi.

Lens qoidasi: o'zgaruvchan magnit maydonga kiritilgan berk konturda shunday yo'nalishda induksion tok hosil bo'ladiki, bunda induksion tokning maydoni o'zini hosil qiluvchi sababga qarshilik qiladi.

Formuladagi "minus" ishora Lens qoidasiga ko'ra qo'yiladi.

Xulosa: o'zgaruvchan magnit maydoni oshsa, hosil bo'luvchi induksion tok maydoni uni oshirmaslikka, kamayganda esa, kamaytirmaslikka harakat qiladi:

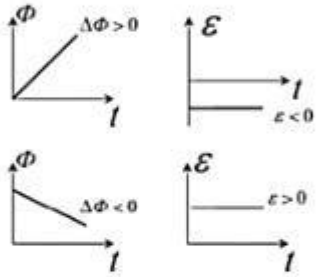


Simli g'altakda hosil bo'luvchi induksion E.Yu.K: $\varepsilon = -N \cdot \frac{\Delta\Phi}{t}$; N-o'ramlar soni.

Induksion tok uchun Om qonuni o'rinlidir:

$$I = \frac{\varepsilon}{R}.$$

Konturda doimiy E.Yu.K li qiymatga ega bo'lgan induksion tok hosil bo'lishi uchun magnit oqimi tekis o'zgarishi lozim: $\frac{\Delta\Phi}{t} = const$; $\varepsilon = const$.



Agar magnit oqim tekis ortsa ($\Delta\Phi > 0$), konturda doimiy manfiy ($\varepsilon < 0$) E.Yu.K li qiymatga ega bo'lgan induksion tok hosil bo'ladi.

Agar magnit oqim tekis kamaysa ($\Delta\Phi < 0$), konturda doimiy musbat ($\varepsilon > 0$) E.Yu.K li qiymatga ega bo'lgan induksion tok hosil bo'ladi.

IV. Magnit maydon energiyasi

G'altakning induktivligi quyidagicha topiladi:

$L = \mu \cdot \mu_0 \cdot \frac{N^2}{l} \cdot S$; bunda: μ-g'altak o'zagining magnit kirituvchanligi; N-o'ramlar soni; l-g'altak uzunligi; S-g'altak ko'ndalang kesim yuzasi; [L]=1 H (Genri).

$L = \mu \cdot \mu_0 \cdot \frac{N^2}{l} \cdot S = \mu \cdot \mu_0 \cdot \frac{N^2}{l^2} \cdot S \cdot l$; $n = \frac{N}{l}$; $V = S \cdot l$; $L = \mu \cdot \mu_0 \cdot n^2 \cdot V$; n-o'ramlar zichligi; V-g'altak hajmi.

G'altaklarni ulash:

1. Ketma-ket ulash: $L_e = L_1 + L_1$.

2. Parallel ulash: $\frac{1}{L_p} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}$.

G'altakning magnit oqimi quyidagicha ifodalanadi:

$\Phi = N \cdot B \cdot S$; $\Phi = L \cdot I$-g'altak magnit oqimi. $\Delta\Phi = L \cdot \Delta I$-g'altak magnit oqimining o'zgarishi.

G'altakning magnit maydon energiyasi:

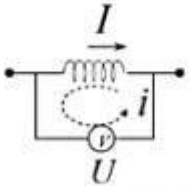
$W = \frac{L \cdot I^2}{2}$; $W = \frac{\Phi \cdot I}{2}$; $W = \frac{\Phi^2}{2 \cdot L}$.

Magnit maydon energiya zichligi – hajm birligiga to'g'ri keladigan magnit maydon energiyasi. $\delta = \frac{W}{V}$; $\delta = \frac{1}{2} \cdot \mu \cdot \mu_0 \cdot H^2$; $\delta = \frac{B \cdot H}{2}$; $\delta = \frac{B^2}{2 \cdot \mu \cdot \mu_0}$, $[\delta] = 1\frac{J}{m^3}$.

O'zinduksiya hodisasi

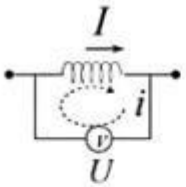
O'zinduksiya hodisasi g'altakdan o'zgaruvchan tok o'tganda yuzaga keladi. G'altakda o'zinduksiya hodisasiga ko'ra ekstratok hosil bo'ladi. Bu ekstratokning o'zinduksiya E.Yu.K quyidagicha ifodaladi: $\varepsilon = -L \cdot \frac{\Delta I}{t}$; bunda: $\frac{\Delta I}{t}$-tok kuchining o'zgarish tezligi, [ΔI/t]=1 A/s.

Agar tok tekis oshayotgan bo'lsa, g'altakda ekstratok asosiy tokka qarama-qarshi yo'naladi. Volmetrda esa bir yo'nalishda yo'naladi.



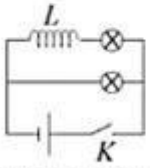
Shunga ko'ra voltmetr $U = I \cdot R + L \cdot \frac{\Delta I}{t}$ ni ko'rsatadi, bunda: I va R-g'altakdan o'tuvchi tok kuchi va g'altak aktiv qarshiligi.

Asosiy tok tekis kamaysa, g'altakda ekstratok asosiy tok yo'nalishida hosil bo'ladi.



Voltmetrda esa asosiy tokka qarama-qarshi yo‘naladi va voltmetr $U = I \cdot R - L \cdot \frac{\Delta I}{t}$ ni ko‘rsatadi.

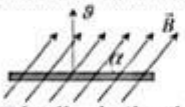
Bundan tashqari o‘zinduksiya hodisasini zanjirni tok manbaiga ulaganda yoki uni tokdan ajratganda ham kuzatiladi. K kalit ulanganda zanjirda tok noldan boshlab osha boradi.



Bunda g‘altakda o‘zinduksiya hodisasiga ko‘ra asosiy tokka qarama-qarshi yo‘nalgan ekstratok hosil bo‘ladi. Bu tok asosiy tokning oshishiga qarshilik qiladi. Natijada g‘altak ulangan tarmoqda tok maksimal qiymatga nisbatan kechikib erishadi va bu tarmoqdagi lampa narigi lampaga qaraganda kechikib yonadi. K kalit uzilganda esa g‘altakda asosiy tok yo‘nalishida ekstratok hosil bo‘ladi. Bu tok asosiy tokning kamayishiga qarshilik qiladi. Natijada zanjirda tok nolga kechikib erishadi va lampalar kalit uzilgandan keyin kechikib o‘chadi.

V. Magnit maydonda harakatlanuvchi o‘tkazgichlar

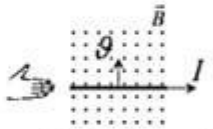
Berk bo‘lmagan o‘tkazgichlarni magnit maydonda harakatlantirish natijasida ularda o‘zgaruvchan induksion tok hosil bo‘ladi:



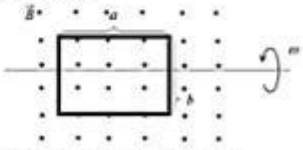
$\varepsilon = B \cdot \vartheta \cdot l \cdot \sin\alpha$ -hosil bo‘luvchi induksion E.Yu.K; bunda: ϑ-o‘tkazgich harakat tezligi; l-o‘tkazgich uzunligi; α-o‘tkazgich va induksiya vektori orasidagi burchak.

Bu holatda o‘tkazgichda hosil bo‘luvchi induksion tokning yo‘nalishini o‘ng qo‘l qoidasiga ko‘ra topamiz.

O‘ng qo‘l qoidasi: o‘ng qo‘limizni shunday joylashtiraylikki, bunda induksiya vektori kaftga tik ravishda kirsin va 90^0 ga kerilgan bosh barmoq o‘tkazgich harakat yo‘nalishiga mos tushsin, shu holatda to‘rta barmog‘imiz o‘tkazgichdagi tok yo‘nalishini ko‘rsatadi.



Berk kontur (ramka) magnit maydonda ma’lum bir chastotada o‘z o‘qi atrofida aylantirilganda, unda o‘zgaruvchan induksion tok hosil bo‘ladi:



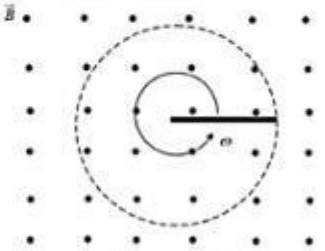
Aylantiriluvchi ramka uchun:

$\varepsilon = B \cdot S \cdot \omega; \varepsilon = \Phi \cdot \omega$ bunda: $\omega = 2 \cdot \pi \cdot \nu = \frac{2 \cdot \pi}{T}$;

$S = a \cdot b$-ramka yuzasi.

Aylantiriluvchi g‘altak uchun: $\varepsilon = N \cdot B \cdot S \cdot \omega$ yoki $\varepsilon = \Phi \cdot \omega$; N-g‘altak o‘ramlari soni.

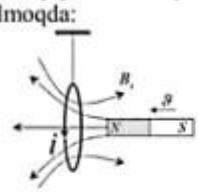
l uzunlikdagi to‘g‘ri o‘tkazgich bir uchidan o‘tuvchi o‘q atrofida maydonga tik joylashgan tekislik bo‘yicha doimiy burchak tezlik bilan aylanmoqda. Bu holatda induksion tok hosil bo‘ladi: $\varepsilon = \frac{1}{2} \cdot B \cdot \omega \cdot l^2$.



Ramkani magnit maydonda burishda bajarilgan ish: $A = \Delta\Phi \cdot I$.

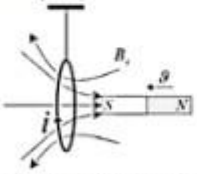
Halqa va magnit masalasi

1. Magnit halqaga shimoliy qutbi bilan yaqinlashtirilmoqda:



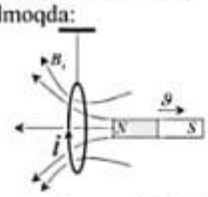
Bunda halqa magnitdan qochadi (itariladi), induksion tok esa soat strelkasiga qarama-qarshi yo‘naladi.

2. Magnit halqaga janubiy qutbi bilan yaqinlashtirilmoqda:



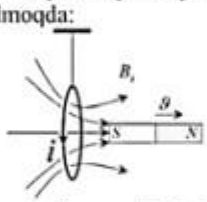
Bunda halqa magnitdan qochadi (itariladi), induksion tok esa soat strelkasi bo‘yicha yo‘naladi.

3. Magnit halqadan shimoliy qutbi bilan uzoqlashtirilmoqda:



Bunda halqa magnitga tortiladi, induksion tok esa soat strelkasi bo‘yicha yo‘naladi.

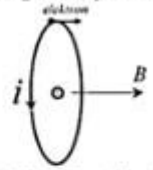
4. Magnit halqadan janubiy qutbi bilan uzoqlashtirilmoqda:



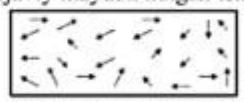
Bunda halqa magnitga tortiladi, induksion tok esa soat strelkasiga qarama-qarshi yo‘naladi.

VI. Moddalarning magnit xossalari

Barcha jismlar atomlardan tarkib topgan. Istalgan atomda yadro atrofida aylanuvchi elektronlar orbital toklar hosil qiladilar. Bu toklar atomda magnit maydonini hosil qiladi.



Moddani tashkil qiluvchi barcha atomlar o‘zining hususiy magnit maydoniga ega. Lekin tabiiy magnit maydon hosil qila olmaydigan jismlarda atomlarning hususiy maydonlari o‘zaro har xil yo‘nalganligi tufayli natijaviy maydon nolgan teng bo‘ladi.



Tabiiy magnitlarda esa barcha atomlarning maydon yo‘nalishlari bir yo‘nalishda joylashadilar:



Moddalar magnit maydonni kuchaytirishi yoki susaytirishi mumkin. Moddaning magnitlanish vektori quyidagicha ifodalanadi: $\vec{J} = \chi \cdot \vec{H}$. Bunda χ-moddaning magnit qabul qiluvchanligi, bu kattalik o‘lchamsiz bo‘lib magnit kirituvchanlik bilan bog‘langan: $\mu = \chi + 1$

Tabiatdagi barcha moddalar magnit jihatdan 3 turga ajratiladi.

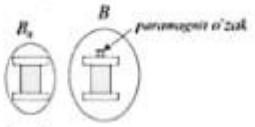
1. Paramagnitlar. ($\mu \geq 1$; $0 < \chi < 1$)

2. Diamagnitlar. ($\mu < 1$; $\chi < 0$)

3. Ferromagnitlar. ($\mu >> 1$; $\chi >> 1$)

Paramagnitlar – magnit kirituvchanligi $\mu \geq 1$ bo‘lgan moddalar.

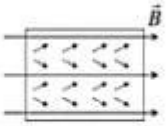
Paramagnit moddalar magnit maydonga kiritilganda maydonni μ marta kuchaytiradi.



$B = \mu \cdot B_0$; $B > B_0$.

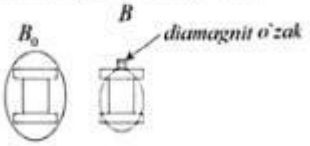
Paramagnit moddalar: kislorod, **aluminiy**, platina, kaliy, volfram.

Paramagnit moddalarda tashqi magnit maydon ta'sirida atomlarning hususiy magnit maydon induksiya vektorlari tashqi maydon yo'nalishida tartibli joylashadilar va natijada tashqi maydon kuchayadi:



Diamagnitlar – magnit kirituvchanligi $\mu < 1$ bo'lgan moddalar.

Diamagnit moddalar magnit maydonga kiritilganda maydonni susaytiradi.

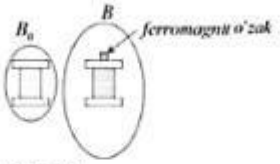


$B = \mu \cdot B_0$; $B < B_0$.

Diamagnit moddalar: suv, marmar, kumush, oltin, **mis**, simob, qo'rg'oshin, azot, geliy, inert gazlar.

Ferromagnitlar – magnit kirituvchanligi $\mu >> 1$ bo'lgan moddalar.

Ferromagnit moddalar magnit maydonga kiritilganda maydonni μ marta kuchaytiradi ($\mu = 100 \div 100000$).



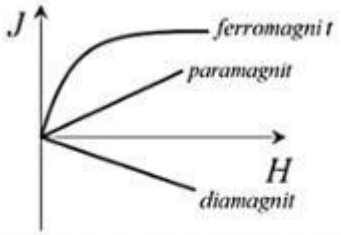
$B = \mu \cdot B_0$; $B >> B_0$.

Ferromagnit moddalar: temir, nikel, kobalt, gadaliniy.

Ferromagnit moddalar yana *ferritlar* deb ham ataladi.

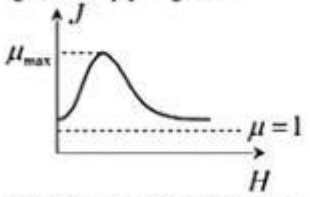
Kyuri temperaturasi: moddaning ferromagnitlik xususiyatini yo'qotib paramagnitga aylanadigan temperaturaning qiymati.

Moddalarning magnitlanish vektorini tashqi magnit maydon kuchlanganligiga bog'lanishi quyidagicha ko'rinishda bo'ladi:



Ferromagnitlarda magnitlanish vertorining o'zgarmay qolishi magnit to'yinish bilan bog'liq.

Ferromagnit moddalarning magnit kirituvchanligini tashqi magnit maydon kuchlanganligiga bog'lanishi quyidagicha:



Qo'shimcha qaydlar uchun

IV BOB. TEBRANISHLAR VA TO‘LQINLAR

1-§. MEXANIK TEBRANISHLAR

Mexanik tebranish – davriy takrorlanuvchi mexanik harakat.

Tebranishlarda quyidagi kattaliklar mavjud:

1.*Tebranish davri* – to‘liq bir marta tebranish uchun ketgan vaqt.

$T=\frac{t}{N}$; bunda: N-tebranishlar soni.

2. *Tebranish chastotasi* – vaqt birligi ichida tebranishlar soni.

$\nu=\frac{N}{t}$; $T=\frac{1}{\nu}$;

3. *Siklik chastota* – 2π sekunddagi tebranishlar soni.

$\omega=\frac{2\cdot\pi}{T}=2\cdot\pi\cdot\nu=2\cdot\pi\cdot\frac{N}{t}$; bunda: T-tebranish davri, [T]=1 s; ν-tebranish chastotasi, [ν]=1 Hz=1 s^{-1}; N-tebranishlar soni; t-vaqt; ω-siklik chastota, [ω]=1 rad/s;

4. *Tebranish fazasi* – tebranuvchi jismning istalgan vaqt momentidagi vaziyatini aniqlab beruvchi fizik kattalik.

$\varphi=\omega\cdot t+\varphi_0$; bunda: φ-tebranish fazasi, [φ]=1 rad/s; φ_0-boshlang‘ich faza.

N=φ/2π-tebranishlar soni.

Esda tuting! Tebranish fazasi tebranishlar uchun asosiy xarakteristika hisoblanadi.

Tebranish amplitudasi – muvozanat vaziyatidan eng chekka vaziyatgacha bo‘lgan masofa. $A=X_{max}$.

Esda tuting! Bir tebranishda (bir davrda) jism to‘rt amplituda masofani o‘tadi.

Demak, N marta tebranishda quyidagi masofani o‘tadi: $S=4\cdot A\cdot N$

I. Matematik mayatnik (yer-ip-yuk sistemasi)

Matematik mayatnik – cho‘zilmaydigan vaznsiz ipga osilgan yukdan iborat tebranuvchi sistema.

Ipning uzunligi deganda odatda ip osilgan nuqtadan yukning og‘irlik markazigacha bo‘lgan masofa tushuniladi.

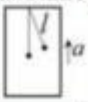


$T=2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{l}{g}}$; $T=\frac{1}{\nu}$ ekanligidan: $\nu=\frac{1}{2\cdot\pi}\cdot\sqrt{\frac{g}{l}}$; $\omega=\sqrt{\frac{g}{l}}$.

Esda tuting! Matematik maytnikning tebranish davri, chastotasi va siklik chastotasi faqat ip uzunligi va erkin tushish tezlanishiga bog‘liq.

Xususiy holatlar:

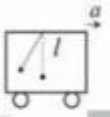
1. Faraz qilaylik, liftda matematik mayatnik shipga osilib tebranyapti. Bunda lift yuqoriga tezlanuvchan harakatlanmoqda:



$T=2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{l}{g+a}}$; $\nu=\frac{1}{2\cdot\pi}\cdot\sqrt{\frac{g+a}{l}}$; $\omega=\sqrt{\frac{g+a}{l}}$.

Ma’lumki, agarda harakat yuqoriga tezlanuvchan bo‘lsa: $g+a$; agarda harakat yuqoriga sekinlanuvchan bo‘lsa: $g-a$; agarda pastga tezlanuvchan bo‘lsa: $g-a$; agarda pastga sekinlanuvchan bo‘lsa: $g+a$; tekis harakatda: g.

2. a tezlanish bilan gorizontal yo‘nalishda ketayotgan vagonda matematik mayatnik tebranmoqda:



$T=2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{l}{\sqrt{g^2+a^2}}}$; $\nu=\frac{1}{2\cdot\pi}\cdot\sqrt{\frac{\sqrt{g^2+a^2}}{l}}$; $\omega=\sqrt{\frac{\sqrt{g^2+a^2}}{l}}$.

3. Matematik mayatnik muvozanat vaziyatidan o‘tishda ip mixga tegib tebranmoqda:



$$T_1 = \frac{T}{2} = \frac{2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{l}{g}}}{2} = \pi\cdot\sqrt{\frac{l}{g}};$$

$$T_2 = \frac{T}{2} = \frac{2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{l_1}{g}}}{2} = \pi\cdot\sqrt{\frac{l_1}{g}}; \qquad T = T_1 + T_2;$$

$T = \pi\cdot\sqrt{\frac{l}{g}} + \pi\cdot\sqrt{\frac{l_1}{g}}$ -sistemaning tebranish davri.

4. Faraz qilaylik, l_1 uzunlikdagi mayatnik T_1 davr bilan, l_2 uzunlikdagi mayatnik T_2 davr bilan va l uzunlikdagi mayatnik T tebransin:

l_1 uzunlikdagi mayatnik uchun:

$$T_1 = 2\pi\cdot\sqrt{\frac{l_1}{g}} \Rightarrow l_1 = \frac{g\cdot T_1^2}{4\cdot\pi^2}.$$

l_2 uzunlikdagi mayatnik uchun:

$$T_2 = 2\pi\cdot\sqrt{\frac{l_2}{g}} \Rightarrow l_2 = \frac{g\cdot T_2^2}{4\cdot\pi^2}.$$

l uzunlikdagi mayatnik uchun:

$$T = 2\pi\cdot\sqrt{\frac{l}{g}} \Rightarrow l = \frac{g\cdot T^2}{4\cdot\pi^2}.$$

Agar $l = l_1 + l_2$ bo‘lsa:

$$\frac{g\cdot T^2}{4\cdot\pi^2} = \frac{g\cdot T_1^2}{4\cdot\pi^2} + \frac{g\cdot T_2^2}{4\cdot\pi^2} \Rightarrow \boxed{T^2 = T_1^2 + T_2^2}.$$

Agar $l = l_1 - l_2$ bo‘lsa:

$$\frac{g\cdot T^2}{4\cdot\pi^2} = \frac{g\cdot T_1^2}{4\cdot\pi^2} - \frac{g\cdot T_2^2}{4\cdot\pi^2} \Rightarrow \boxed{T^2 = T_1^2 - T_2^2}.$$

Agar $l = \frac{l_1 - l_2}{2}$ bo‘lsa:

$$\frac{g\cdot T^2}{4\cdot\pi^2} = \frac{\frac{g\cdot T_1^2}{4\cdot\pi^2} - \frac{g\cdot T_2^2}{4\cdot\pi^2}}{2} \Rightarrow \boxed{T^2 = \frac{T_1^2 - T_2^2}{2}}.$$

Agarda $l = \frac{l_1 + l_2}{2}$ bo‘lsa:

$$\frac{g\cdot T^2}{4\cdot\pi^2} = \frac{\frac{g\cdot T_1^2}{4\cdot\pi^2} + \frac{g\cdot T_2^2}{4\cdot\pi^2}}{2} \Rightarrow \boxed{T^2 = \frac{T_1^2 + T_2^2}{2}}.$$

5. Ishqalanishsiz tebranuvchi quyidagi sistemani matematik mayatnik deb qarash mumkin.



$$\boxed{T = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{R}{g}}}$$

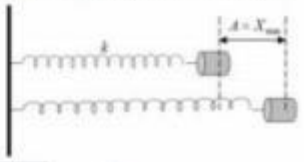
6. U-simon nayga suyuqlikning tebranishi.



Bunda suyuqlikning tebranish davri quyidagicha topiladi: $\boxed{T = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{l}{2\cdot g}}}$;

l-suyuqlikning naydagi uzunligi.

II. Prujinali mayatnik (prujina –yuk sistemasi)

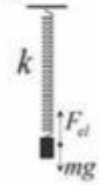


$\boxed{T = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{m}{k}}}$; $T = \frac{1}{\nu}$ ekanligidan:

$\boxed{\nu = \frac{1}{2\cdot\pi}\cdot\sqrt{\frac{k}{m}}}$; $\boxed{\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}}$.

Esda tuting! Prujinali mayatnikning tebranish davri faqat prujina bikrligi va yuk massasiga bog‘liq.

Prujinali mayatnik vertikal holatda ham tebranishi mumkin:



$F_{el} = m\cdot g$; $k\cdot A = m\cdot g \Rightarrow \frac{m}{k} = \frac{A}{g}$ yoki

$k\cdot A = m\cdot g \Rightarrow \frac{m}{k} = \frac{A}{g}$;

$\boxed{T = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{A}{g}}}$; $\boxed{\nu = \frac{1}{2\cdot\pi}\cdot\sqrt{\frac{g}{A}}}$; $\boxed{\omega = \sqrt{\frac{g}{A}}}$.

III. Mexanik tebranishlarda energiya

Tebranish tenglamalari

1. Matematik mayatnik.

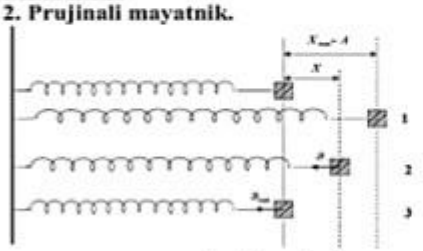


$E_k = \frac{m \cdot \vartheta_{max}^2}{2}$; $E_p = m \cdot g \cdot h$

$E_p = E_k$; $m \cdot g \cdot h = \frac{m \cdot \vartheta_{max}^2}{2}$; $h = \frac{\vartheta_{max}^2}{2 \cdot g}$;

$h = l \cdot (1 - \cos\alpha)$.

2. Prujinali mayatnik.



1 – holatda: $E_T = E_p = \frac{k \cdot X_{max}^2}{2} = \frac{k \cdot A^2}{2}$;

2 – holatda: $E_T = E_{p_1} + E_k = \frac{k \cdot X^2}{2} + \frac{m \cdot \vartheta^2}{2}$;

3 – holatda: $E_T = E_{k_1} = \frac{m \cdot \vartheta_{max}^2}{2}$.

Demak, energiya aylanishi quyidagicha amalga oshadi:

$E_p = E_{p_1} + E_k = E_{k_1}$ yoki

$\frac{k \cdot X_{max}^2}{2} = \frac{k \cdot X^2}{2} + \frac{m \cdot \vartheta^2}{2} = \frac{m \cdot \vartheta_{max}^2}{2}$.

Tebranuvchi sistemaning to‘la mexanik energiyasi (ham matematik, ham prujinali mayatnik uchun) quyidagiga teng:

$E_T = \frac{k \cdot X_{max}^2}{2} = \frac{k \cdot A^2}{2} = \frac{m \cdot \vartheta_{max}^2}{2} = \frac{m \cdot \omega^2 \cdot A^2}{2}$

Bundan tashqari to‘g‘ri chiziq bo‘yicha garmonik tebranuvchi sistema uchun quyidagi tenglamalarni yozish mumkin:

$\vartheta = -\omega \cdot x$; $a = -\omega^2 \cdot x$.

Prujinali mayatnik uchun $F = -k \cdot x$ tenglamani ham yozish mumkin.

Mexanik tebranish tenglamalari

Hosilaning fizik ma’nosi:

1. $S'(t) = X'(t) = \frac{dX}{dt} = \vartheta(t)$; **2.** $\vartheta'(t) = \frac{d\vartheta}{dt} = a(t)$;

3. $q'(t) = \frac{dq}{dt} = I(t)$; **4.** $\Phi'(t) = \frac{d\Phi}{dt} = \varepsilon(t)$;

5.

$(A \cdot \cos\omega \cdot t)' = A \cdot (\omega \cdot t)' \cdot \cos'\omega \cdot t = -A \cdot \omega \cdot \sin\omega \cdot t$

6.

$(A \cdot \sin\omega \cdot t)' = A \cdot (\omega \cdot t)' \cdot \cos'\omega \cdot t = A \cdot \omega \cdot \cos\omega \cdot t$

Integralning fizik ma’nosi:

1. $\int a \cdot dt = \vartheta$; **2.** $\int \vartheta \cdot dt = S = x$; **3.** $\int I \cdot dt = q$;

4. $\int \varepsilon \cdot dt = \Phi$; **5.** $\int (A \cdot \cos\omega \cdot t) \cdot dt = \frac{A}{\omega} \cdot \sin\omega \cdot t$;

6. $\int (A \cdot \sin\omega \cdot t) \cdot dt = -\frac{A}{\omega} \cdot \cos\omega \cdot t$.

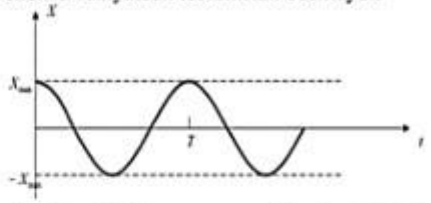
Tebranishlar harakat qonuniga ko‘ra 2 xil bo‘ladi:

1. Garmonik tebranishlar – sinus yoki kosinus qonuniga bo‘ysunuvchi tebranishlar;

2. Garmonik bo‘lmagan (nogarmonik) tebranishlar – sinus yoki kosinus qonuniga bo‘ysunmaydigan tebranishlar.

Matematik mayatnik va prujinali mayatniklar garmonik tebranishlarga misol bo‘ladi.

Faraz qilaylik, matematik mayatnik kosinus qonuni bo‘yicha tebransin. Bunda mayatnik chekka vaziyatdan tebranishni boshlaydi.



$X = X_{max} \cdot \cos\varphi$; $X = X_{max} \cdot \cos\omega \cdot t$;

$X'(t) = \frac{dX}{dt} = \vartheta$ ekanligidan

$\vartheta = -X_{max} \cdot \omega \cdot \sin\omega \cdot t$.

Demak: $\vartheta_{max} = \omega \cdot X_{max}$ yoki $\vartheta_{max} = \omega \cdot A$;

$\vartheta = -\vartheta_{max} \cdot \sin\omega \cdot t$; $\vartheta'(t) = \frac{d\vartheta}{dt} = a$ ekanligidan

$a = -X_{max} \cdot \omega^2 \cdot \cos\omega \cdot t$, demak: $a_{max} = \omega^2 \cdot X_{max}$

yoki $a_{max} = \omega^2 \cdot A$; $a = -a_{max} \cdot \cos\omega \cdot t$.

Siljish, tezlik va tezlanishlar orasidagi fazalar farqi:

$X = X_{max} \cdot \cos\omega \cdot t \Rightarrow \vartheta = -\vartheta_{max} \cdot \sin\omega \cdot t \Rightarrow$

$\vartheta = \vartheta_{max} \cdot \cos(\omega \cdot t + \frac{\pi}{2}) \Rightarrow a = -a_{max} \cdot \cos\omega \cdot t \Rightarrow$

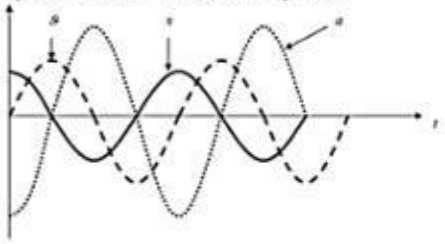
$a = -a_{max} \cdot \sin(\omega \cdot t + \frac{\pi}{2})$ yoki

$a = a_{max} \cdot \cos(\omega \cdot t + \pi)$.

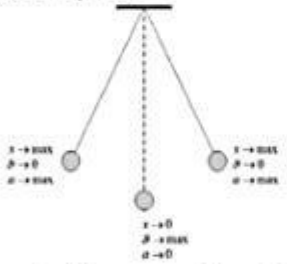
$m \cdot a = m \cdot a_{max} \cdot \cos(\omega \cdot t + \pi)$; $F = F_{max} \cdot \cos(\omega \cdot t + \pi)$.

Demak: $F_{max} = m \cdot a_{max}$ -tebranuvchi sistema uchun Nyutonning 2-qonuni.

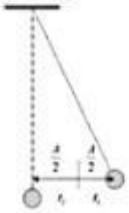
Demak kelib chiqadiki, faza bo'yicha tezlik siljishdan $\frac{\pi}{2}$ faza oldinda, tezlanish esa tezlikdan $\frac{\pi}{2}$ faza oldinda va tezlanish siljishdan esa π faza oldinda yuradi.



Bunda kelib chiqadiki:



Faraz qilaylik, garmonik tebranuvchi sistema kosinus qonuniga ko'ra tebranmoqda.



$X = A \cdot \cos\omega \cdot t$; $\frac{A}{2} = A \cdot \cos\omega \cdot t_1$; $\cos\omega \cdot t = \frac{1}{2}$;

$\omega \cdot t_1 = \frac{\pi}{3}$; $\frac{2\pi}{T} \cdot t_1 = \frac{\pi}{3}$; $t_1 = \frac{T}{6}$.

$t_1 + t_2 = \frac{T}{4}$; $t_2 = \frac{T}{4} - t_1 = \frac{T}{12}$.

Demak, garmonik tebranuvchi sistema chekka vaziyatdan yarim amplituda holatigacha (yoki yarim amplituda holatidan eng chekka vaziyatgacha) bo'lgan masofani $t_1 = \frac{T}{6}$ vaqtda o'tadi. Aksincha yarim amplituda holatidan muvozanat vaziyatigacha (yoki muvozanat vaziyatidan yarim amplituda holatigacha) bo'lgan masofani $t_2 = \frac{T}{12}$ vaqtda o'tadi.

Bundan tashqari to'g'ri chiziq bo'yicha garmonik tebranuvchi sistema uchun quyidagi tenglamalarni yozish mumkin:

$\vartheta = -\omega \cdot x$; $a = -\omega^2 \cdot x$.

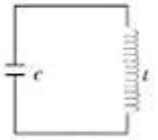
Prujinali mayatnik uchun $F = -k \cdot x$ tenglamani ham yozish mumkin.

Esda tuting! Tebranishlarda kattaliklarning maksimal qiymati amplitudaviy qiymat deb yuritiladi.

3-§. ELEKTR TEBRANISHLAR

1. Tebranishlar konturi

Tebranishlar konturi – o'zaro ulangan kondensator va induktivlik g'altagidan tarkib topgan va elektr tebranishlarini hosil qiluvchi sistema.



$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$; $\nu = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{1}{L \cdot C}}$; $\omega = \sqrt{\frac{1}{L \cdot C}}$.

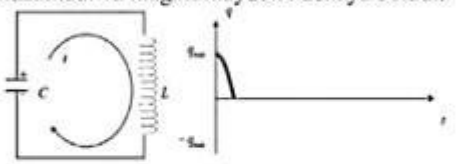
Esda tuting! Tebranishlar konturining tebranich davri, chastotasi va siklik chastotasi g'altak induktivligi va kondensator sig'imiga bog'liq.

Tebranishlar konturida tebranishlar tenglamasi va energiya

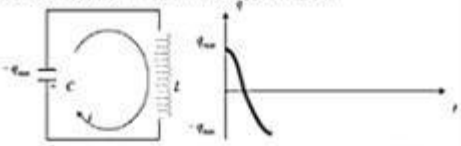
Tebranishlar konturi quyidagicha ishlash prinsipiga ega:

1. Faraz qilaylik, oldiniga kondensator tok manbaiga ulanib q_{max} gacha zaryadlangan

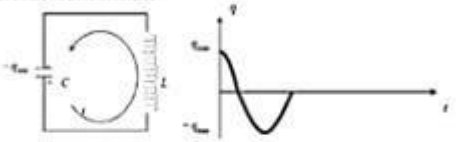
bo‘lsin. Keyin u induktivlik g‘altagiga ulansin. Bunda kondensator musbat qutbidan manfiy qutbiga tomon induktivlik g‘altak orqali tok oqib o‘ta boshlaydi. Natijada kondensator zaryadi kosinus qonuni bo‘yicha nolgacha kamayadi. Bunda induktivlik g‘altagidan oqib o‘tuvchi tokning ortishi kuzatiladi va magnit maydon kuchaya boradi.



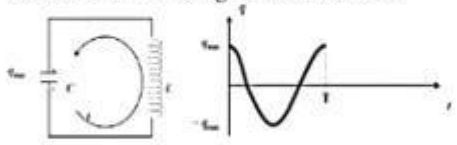
2. Kondensatordagi zaryad miqdori nolga tenglashganda g‘altakdagi tok kuchi maksimumga erishadi. Bunda g‘altakdagi magnit maydon maksimumga erishadi. Lekin kondensator butunlay zaryadsizlangan vaqtdan boshlab induktivlik g‘altakda magnit maydon keskin kamayadi. Natijada o‘z-induksiya hodisasiga ko‘ra g‘altakda induksion tok hosil bo‘ladi va bu tok kondensatorni teskari zaryadlaydi.



3. Kondensator teskari yo‘nalishda zaryadlangandan keyin yana 1-banddagidek holat kuzatiladi.



4. Endi esa 2-banddagi holat kuzatiladi.



Yuqorida keltirilgan bandlarning hammasi ketma-ket bajarilishi natijasida bitta elektr tebranish amalga oshgan bo‘ladi.

Demak, tebranishlar konturida hosil bo‘luvchi elektr tebranishlar garmonik tebranish bo‘lar ekan:

$q = q_{max} \cdot \cos\omega \cdot t$; $q'(t) = \frac{dq}{dt} = I$ ekanligidan

$I = -q_{max} \cdot \omega \cdot \sin\omega \cdot t$. Demak: $I_{max} = q_{max} \cdot \omega$.

$I = -I_{max} \cdot \sin\omega \cdot t \Rightarrow I = I_{max} \cdot \cos\left(\omega \cdot t + \frac{\pi}{2}\right)$

ekanligidan kelib chiqadiki, tok tebranishlari zaryad tebranishlaridan faza bo‘yicha $\frac{\pi}{2}$ faza oldinda yuradi.

Esda tuting! Tebranishlar konturida kondensator zaryadi, induktivlik g‘altagidagi tok kuchi va kuchlanish qiymatlari tebranadi.

Tebranishlar konturida zaryadning elektromagnit tebranish tenglamasini ko‘rib chiqaylik.

Ma’lumki, konturdagi g‘altakda o‘zinduksiya hodisasi kuzatiladi. Ya’ni kondensator o‘z energiyasini g‘altakka, g‘altak esa kondensatorga beradi. Shuning uchun:

$\varepsilon_{g'altak} = -L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow \varepsilon_{g'altak} = -L \cdot \frac{dI}{dt}$; $\varepsilon_{kondensator} = \frac{q}{C}$;

$\varepsilon_{g'altak} = \varepsilon_{kondensator} \Rightarrow -L \cdot \frac{dI}{dt} = \frac{q}{C}$;

$I = \frac{dq}{dt} \Rightarrow -L \cdot \frac{d^2q}{dt^2} = \frac{q}{C} \Rightarrow L \cdot \frac{d^2q}{dt^2} + \frac{q}{C} = 0 \Rightarrow$

$\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{q}{L \cdot C} = 0; \omega_0^2 = \frac{1}{L \cdot C} \Rightarrow \frac{d^2q}{dt^2} + \omega_0^2 \cdot q = 0$

Demak, tebranishlar konturida zaryadning elektromagnit tebranish tenglamasini quyidagicha ifodalaymiz: $\frac{d^2q}{dt^2} + \omega_0^2 \cdot q = 0$ yoki $q'' + \omega_0^2 \cdot q = 0$.

Tebranishlar konturida energiya aylanishi

Tebranishlar konturida elektr maydon energiyasi magnit maydon energiyasiga, magnit maydon energiyasi esa elektr maydon energiyasiga aylanadi. Bu jarayon davriy ravishda uzluksiz davom etadi:

$W_e \rightarrow W_L \rightarrow W_e \rightarrow W_L \rightarrow \ldots.$

$W_{e_{max}} = W_{L_{max}}$; $\frac{q_{max}^2}{2 \cdot C} = \frac{L \cdot I_{max}^2}{2}$ $\frac{C \cdot U_{max}^2}{2} = \frac{L \cdot I_{max}^2}{2}$.

Tebranishlar konturida to‘la enegiya: $W_t = W_e + W_L$.

Xulosa:

1. Agarda ikkita bir xil ideal tebranishlar konturi har xil tok manbalaridan zaryadlangan bo'lsa, u holda bunda tebranish chastotalari bir xil, tebranish amplitudasi esa har xil bo'ladi;

2. Real tebranish konturida qarshilik tufayli so'nuvchi tebranishlar hosil bo'ladi.

Tok generatori

O'zgaruvchan induksion tok induksion generatorlarda hosil qilinadi. Induksion generatorlar elektromagnit induksiya qonuniga bo'ysunadi.



$\nu = N \cdot \nu_0$-generator hosil qiluvchi o'zgaruvchan induksion tok chastotasi; bunda: ν_0-generator rotorining aylanish chastotasi; N-juft magnit qutblar soni.

Bizda kundalik turmushimizda sanoat chastotasi 50 Hz hisoblanadi.

Rotor aylanishi natijasida generatordagi g'altaklar o'zgaruvchan magnit maydoni ta'sirida o'zgaruvchan induksion tok hosil qiladilar. Bunda magnit maydon garmonik qonunga ko'ra o'zgaradi:

$B = B_{max} \cdot \cos\omega \cdot t$; $B \cdot S = B_{max} \cdot S \cdot \cos\omega \cdot t$;

$\Phi = B \cdot S$ ekanligidan $\Phi = \Phi_{max} \cdot \cos\omega \cdot t$;

$\Phi_{max} = B_{max} \cdot S$; $\Phi'(t) = -\frac{d\Phi}{dt} = \varepsilon(t)$ ekanligidan

$\varepsilon = \varepsilon_{max} \cdot \sin\omega \cdot t$; $\varepsilon_{max} = N \cdot B_{max} \cdot S \cdot \omega = N \cdot \Phi_{max} \cdot \omega$

bundan esa: $I_{max} = \frac{\varepsilon_{max}}{R}$.

O'zgaruvchan induksion tok parametrlarining asosan effektiv qiymatlari e'tiborga ega:

$U_t = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}}$-o'zgaruvchan tok ta'sir etuvchi (samarador, effektiv yoki nominal) qiymati; U_{max}-kuchlanishning maksimal (amplitudaviy) qiymati.

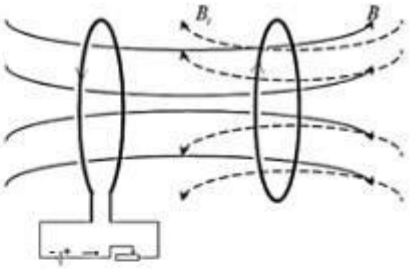
$I_t = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$-o'zgaruvchan tokning tok kuchi ta'sir etuvchi (samarador, effektiv yoki nominal) qiymati; I_{max}-tok kuchining maksimal (amplitudaviy) qiymati.

$P_t = U_t \cdot I_t \cdot \cos\varphi$ yoki $P_t = \frac{1}{2} \cdot U_{max} \cdot I_{max} \cdot \cos\varphi$-o'zgaruvchan tok quvvatining ta'sir etuvchi qiymati; $\cos\varphi$-quvvat koeffitsiyenti; φ-tok kuchi va kuchlanish tebranishlari orasidagi fazalar farqi.

Esda tuting! Voltmetr, ampermetr va vattmetrlar faqat ta'sir etuvchi qiymatlarni o'lchaydi.

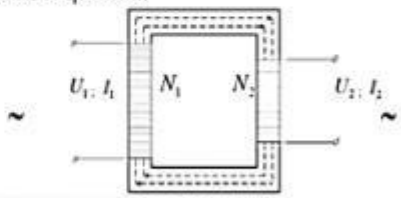
O'zgaruvchan tokni transformatsiyalash

Faraz qilaylik, birinchi konturda tok qiymati oshirilmoqda. Bunda uning magnit maydoni ham kuchaya boradi. Uning o'zgaruvchan magnit maydonida turgan berk konturda o'zgaruvchan induksion tok hosil bo'ladi. Bu hodisa *o'zaro induksiya* hodisasi deb ataladi.



O'zaro induksiya hodisasiga ko'ra ishlovchi qurilma transformator deb ataladi.

Transformator – o'zgaruvchan induksion tokning kuchlanishi va tok kuchini o'zgartirib beruvchi qurilma.



$\frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} = k$; bunda: k-transformatsiya koeffitsiyenti; N_1 va N_2-birinchi va ikkinchi

chulg'amdagi o'ramlar soni; U_1 va U_2-birinchi va ikkinchi chulg'amdagi kuchlanishlar; I_1 va I_2-birinchi va ikkinchi chulg'amdagi tok kuchlari.

Transformatorlar transformatsiya koeffitsiyentiga ko'ra 2 xil bo'ladi:

1. Agar $k>1$ bo'lsa, u holda transformator pasaytiruvchi.

2. Agar $k<1$ bo'lsa, u holda transformator kuchaytiruvchi (yuksaltiruvchi).

Transformator F.I.K:

$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\%$ yoki $\eta = \frac{U_2 \cdot I_2}{U_1 \cdot I_1} \cdot 100\%$; bunda: P_1 va P_2-birinchi (kirishdagi) va ikkinchi (chiqishdagi) chulg'amdagi tok quvvatlari.

Transformatorlarning ba'zilarini F.I.K 98% gacha yetadi.

Esda tuting! Transformator chulg'amining ko'p o'ramli qismida sim ingichka, kam o'ramli qismida esa sim yo'g'on bo'ladi.

Kundalik turmushda o'zgaruvchan induksion tokdan foydalaniladi. Agarda tok uzatish liniyalarida kuchlanishni N marta oshirsak, liniyalardagi quvvat (energiya) isrofi N^2 marta kamayadi:

$\frac{U_2}{U_1} = N$; $\frac{P_1}{P_2} = N^2$.

Demak, uzatish liniyalarida kuchlanish qanchalik katta bo'lsa, energiya isrofi ham shunchalik kichik bo'ladi.

III. O'zgaruvchan induksion tokda qarshiliklar

Aktiv qarshilik (nagruzka yoki yuklama)

Aktiv qarshilikka dazmol, elektr lampasi, elektr plitkasi va boshqalar misol bo'la oladi. Aktiv qarshiliklar elektr energiyasini iste'mol qilib qaytarib bo'lmaydigan boshqa turdagi energiyalarga aylantiradi.

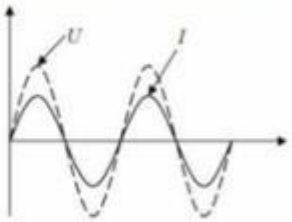
Aktiv qarshiliklar uchun Om qonuni:

$I_T = \frac{U_T}{R}$ yoki $I_{max} = \frac{U_{max}}{R}$.

Aktiv qarshilik o'zgaruvchan tok chastotasiga bog'liq bo'lmaydi:



Aktiv qarshiliklarda tok va kuchlanish qiymatlari bir xil fazada tebranadi:



$\Delta\varphi = \varphi_u - \varphi_i = 0$

Aktiv qarshilikda tok kuchi va kuchlanish tebranishlari bir xil fazada amalga oshgani uchun ularning tenglamalari haqida quyidagilarni keltirish mumkin:

$U = U_{max} \cdot \sin \omega t \Rightarrow \frac{U}{R} = \frac{U_{max}}{R} \cdot \sin \omega t$; $I = I_{max} \cdot \sin \omega t$

Sig'im qarshilik (kondensatorning reaktiv qarshiligi)

Ma'lumki kondensator o'zgarmas tokni o'tkazmaydi. Lekin o'zgaruvchan induksion tok kondensator orqali o'tadi. Natijada kondensator o'zgaruvchan tokka qarshilik ko'rsatadi. Bu qarshilik sig'im qarshilik yoki kondensatorning reaktiv qarshiligi deb ataladi.

$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$; $X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \nu \cdot C}$; $X_C = \frac{T}{2 \cdot \pi \cdot C}$ - sig'im qarshilik.

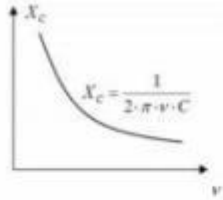
Sig'im qarshiliklar uchun Om qonuni:

$I_T = \frac{U_T}{X_C}$ yoki $I_{max} = \frac{U_{max}}{X_C}$.

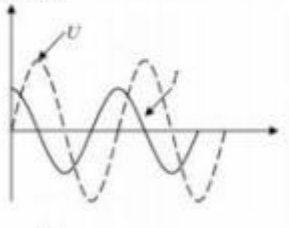
Esda tuting! Sig'im qarshilikda elektr energiyasini iste'mol qilish va elektr energiyasini boshqa turdagi energiyaga aylantirish kabi holatlar kuzatilmaydi.

Shuning uchun umuman olganda reaktiv qarshiliklarda quvvat yoki Joul – Lens issiqligi ajralib chiqmaydi.

Sig'im qarshilikning o'zgaruvchan tok chastotasiga bog'liqligi:



Sig‘im qarshiliklarda tok kuchi kuchlanishdan faza bo‘yicha $\pi/2$ faza oldinda yuradi:



$$\Delta\varphi = \varphi_i - \varphi_u = \frac{\pi}{2}$$

Sig‘im qarshilikda tok kuchi va kuchlanish tebranishlari orasidagi fazalar farqi $\pi/2$ bo‘lgani uchun ularning tenglamalari haqida quyidagilarni keltirish mumkin:

$$U = U_{max} \cdot \sin \omega t \Rightarrow \frac{U}{X_C} = \frac{U_{max}}{X_C} \cdot \sin \omega t \Rightarrow$$

$$I = I_{max} \cdot \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right); X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}.$$

Induktiv qarshilik (g‘altakning reaktiv qarshiligi)

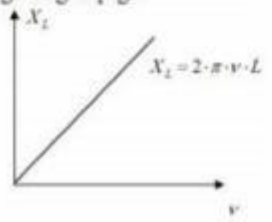
Induktivlik g‘altagi o‘zgaruvchan tokka o‘zinduksiya hodisasiga ko‘ra qarshilik qiladi. Bu qarshilik induktiv qarshilik deb ataladi.

$X_L = \omega \cdot L$; $X_L = 2 \cdot \pi \cdot \nu \cdot L$; $X_L = \frac{2 \cdot \pi}{T} \cdot L$- induktiv qarshilik.

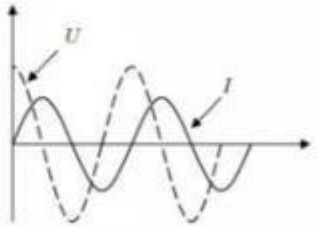
Induktiv qarshiliklar uchun Om qonuni:

$I_t = \frac{U_t}{X_L}$ yoki $I_{max} = \frac{U_{max}}{X_L}$.

Induktiv qarshilikning o‘zgaruvchan tok chastotasiga bog‘liqligi:



Induktiv qarshiliklarda kuchlanish tok kuchidan faza bo‘yicha $\pi/2$ faza oldinda yuradi:



$$\Delta\varphi = \varphi_u - \varphi_i = \frac{\pi}{2}$$

Induktiv qarshilikda tok kuchi va kuchlanish tebranishlari orasidagi fazalar farqi $\pi/2$ bo‘lgani uchun ularning tenglamalari haqida quyidagilarni keltirish mumkin:

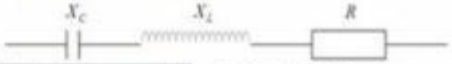
$$U = U_{max} \cdot \sin \omega t \Rightarrow \frac{U}{X_L} = \frac{U_{max}}{X_L} \cdot \sin \omega t$$

$$I = I_{max} \cdot \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right); X_L = \omega \cdot L.$$

To‘la qarshilik

Aktiv, induktiv va sig‘im qarshiliklarning umumiy qiymati to‘la qarshilik deb ataladi.

1. Ketma-ket ulash.



$U^2 = U_R^2 + (U_L - U_C)^2$-to`la kuchlanish;

$I = I_R = I_L = I_C$; $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$-to‘la qarshilik.

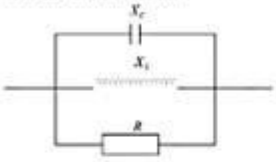
Xususiy holatlar:

a) agarda $X_L=0$ bo‘lsa: $U^2 = U_R^2 + (0 - U_C)^2$, $Z = \sqrt{R^2 + (0 - X_C)^2}$ ekanligidan $U^2 = U_R^2 + U_C^2$, $Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$;

b) agarda $X_C=0$ bo‘lsa: $U^2 = U_R^2 + (U_L - 0)^2$, $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - 0)^2}$ ekanligidan $U^2 = U_R^2 + U_L^2$, $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$;

c) agarda $R=0$ bo‘lsa: $U^2 = 0 + (U_L - U_C)^2$, $Z = \sqrt{0 + (X_L - X_C)^2}$ ekanligidan $U = |U_L - U_C|$, $Z = |X_L - X_C|$.

2. Parallel ulash.



$I^2 = I_R^2 + (I_L - I_C)^2$; $U = U_R = U_L = U_C$;

$\frac{1}{Z} = \sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C}\right)^2}$.

Xususiy holatlar:

a) agarda $X_L=0$ bo'lsa: $I^2 = I_R^2 + (0 - I_C)^2$,

$\frac{1}{Z} = \sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(0 - \frac{1}{X_C}\right)^2}$ ekanligidan

$I^2 = I_R^2 + I_C^2$; $\frac{1}{Z} = \sqrt{\frac{1}{R^2} + \frac{1}{X_C^2}}$;

b) agarda $X_C=0$ bo'lsa: $I^2 = I_R^2 + (I_L - 0)^2$,

$\frac{1}{Z} = \sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\frac{1}{X_L} - 0\right)^2}$ ekanligidan

$I^2 = I_R^2 + I_L^2$; $\frac{1}{Z} = \sqrt{\frac{1}{R^2} + \frac{1}{X_L^2}}$;

c) agarda $R=0$ bo'lsa: $I^2 = 0 + (I_L - I_C)^2$,

$\frac{1}{Z} = \sqrt{0 + \left(\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C}\right)^2}$ ekanligidan

$I = |I_R - I_L|$; $\frac{1}{Z} = \left|\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C}\right|$.

To'liq zanjir uchun Om qonuni: $I_{max} = \frac{U_{max}}{Z}$

yoki $I_t = \frac{U_t}{Z}$.

To'la qarshilikli zanjirda tok kuchi va kuchlanish orasidagi fazalar farqi quyidagicha topiladi: $ctg\varphi = \frac{R}{X_L - X_C}$ yoki $\cos\varphi = \frac{R}{Z}$.

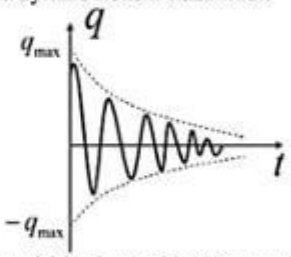
Aytilganidek, quvvat yoki issiqlik ajralib chiqish hodisasi faqat aktiv qarshiliklarda kuzatiladi:

$P = U_T \cdot I_T \cdot \cos\varphi$ yoki $P = \frac{1}{2} \cdot U_{max} \cdot I_{max} \cdot \cos\varphi$;

$Q = P \cdot t$; $\cos\varphi = \frac{R}{Z}$

Majburiy tebranishlar

Ideal tebranishlar konturida so'nmas elektr tebranishlar yuzaga keladi. Lekin real tebranishlar konturida konturning aktiv qarshiligi tufayli tebranishlar so'nishi kuzatiladi. Chunki, kontur energiyasi aktiv qarshilikda issiqlikka aylanib ketishi kuzatiladi:



Real tebranishlar konturida Om qonuni quyidagicha: $\varepsilon = \varepsilon_R + \varepsilon_C \Rightarrow -L \cdot \frac{dI}{dt} = I \cdot R + \frac{q}{C}$

$\Rightarrow L \cdot \frac{dI}{dt} + I \cdot R + \frac{q}{C} = 0, I = \frac{dq}{dt}, \Rightarrow$

$L \cdot \frac{d^2q}{dt^2} + \frac{dq}{dt} \cdot R + \frac{q}{C} = 0 \Rightarrow \frac{d^2q}{dt^2} + \frac{dq}{dt} \cdot \frac{R}{L} + \frac{q}{L \cdot C} = 0$,

$\omega_0^2 = \frac{1}{L \cdot C} \Rightarrow \frac{d^2q}{dt^2} + \frac{dq}{dt} \cdot \frac{R}{L} + \omega_0^2 \cdot q = 0$.

Bunda $\delta = \frac{R}{2 \cdot L}$-so'nish koeffitsiyenti deb ataluvchi kattalikni kiritamiz. Demak konturning aktiv qarshiligi qancha katta bo'lsa, so'nish koeffitsiyenti ham shunchalik katta bo'ladi. *Kontur aktiv qarshiligi oshirilsa, tebranishlarning so'nishi kuchayadi.*

$\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{dq}{dt} \cdot \frac{R}{L} + \omega_0^2 \cdot q = 0, \delta = \frac{R}{2 \cdot L}$

$\frac{d^2q}{dt^2} + 2\delta \cdot \frac{dq}{dt} + \omega_0^2 \cdot q = 0$-tebranishlar konturida so'nuvchi tebranishlarning tenglamasi.

Real tebranishlar konturida so'nmas tebranishlarni hosil qilish uchun har bir tebranish davri oxirida kontur yo'qotgan energiyasini o'rnini to'ldirib turib lozim. Buning uchun konturni o'zgaruvchan tokka ulab qo'yish lozim: $U = U_{max} \cdot \sin\omega \cdot t$. Buning natijasida konturda majburiy tebranishlar yuzaga keladi. Demak, tebranishlar konturida majburiy tebranishlar tenglamasi quyidagicha ko'rinishda bo'ladi:

$\frac{d^2q}{dt^2} + 2\delta \cdot \frac{dq}{dt} + \omega_0^2 \cdot q = U_{max} \cdot \sin\omega \cdot t$; ω_0-hususiy tebranishlar siklik chastotasi; ω-tashqi majburlovchi kuch siklik chastotasi.

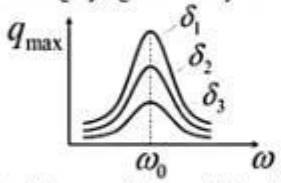
Majburiy tebranishlarda erkin tebranishlarga tashqi majburlovchi kuch ta'sir qiladi. Muayyan shartlar bajarilganda esa *rezonans* hodisasi kuzatiladi.

Rezonans – erkin tebranishlar chastotasi bilan tashqi majburlovchi kuch chastotasi o'zaro tenglashganda tebranishlarning kuchayishi (amplituda ortishi).

Tebranishlar konturida rezonans bo'lish sharti: $X_C = X_L$; $Z = R$.

$X_C = X_L$; $\frac{1}{\omega \cdot C} = \omega \cdot L$; $\omega = \sqrt{\frac{1}{L \cdot C}}$ -tebranishlar konturida rezonans siklik chastota.

Tashqi majburlovchi kuch chastotasi ortishi bilan erkin tebranishlar amplitudasi ortadi, o'zaro tenglashganda keskin ortadi va keyin esa maksimumga yetgach kamayadi.



Lekin shuni ham aytish kerakki, tebranishlar amplitudasini qanchalik ortishi so'nish koeffitsiyentiga bog'liq. So'nish koeffitsiyenti qanchalik katta bo'lsa, amplituda ham shunchalik kichik bo'ladi. Shuning uchun ham grafikka ko'ra $R_1 < R_2 < R_3$ yoki $\delta_1 < \delta_2 < \delta_3$.

Endi o'zgaruvchan tokdagi to'la qarshilik o'zgarmas tokka ulanganda nima bo'lishini ko'rib chiqaylik:

a) agar o'zgaruvchan tokka o'zaro parallel ulangan aktiv, induktiv va sig'im qarshiliklar o'zgarmas tokka ulansa, u holda to'la qarshilik nolga teng (Z→0) bo'ladi. Chunki, g'altakda aktiv qarshilik yo'qligi tufayli o'zgarmas tokka qarshilik ko'rsata olmaydi va tok faqat undan o'tadi.

b) agar o'zgaruvchan tokka o'zaro ketma-ket ulangan aktiv, induktiv va sig'im qarshiliklar o'zgarmas tokka ulansa, u holda to'la qarshilik cheksiz katta (Z→∞) bo'ladi. Chunki, kondensator o'zgarmas tokka bo'lgan qarshiligi juda katta va tok undan o'tmaydi.

3-§. TO'LQINLAR

I. Mexanik to'lqinlar

To'lqin – tebranishlarning fazoda tarqalishi.

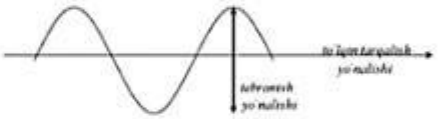
To'lqinlar tarqalganda muhit zarralari to'lqin bilan birgalikda harakatlanmaydi, balki, muvozanat atrofida tebranadi. Zarradan zarraga tebranma harakat holati va to'lqin energiyasigina uzatiladi.

To'lqinlar tarqalishiga ko'ra 2 xil bo'ladi:

1. Bo'ylama to'lqinlar – muhit zarralarining to'lqin tarqalish yo'nalishida tebranuvchi to'lqinlar.

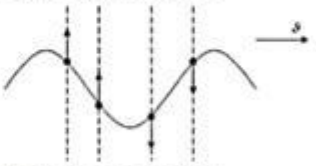


2. Ko'ndalang to'lqinlar – muhit zarralarining to'lqin tarqalish yo'nalishiga perpendikular tebranuvchi to'lqinlar.

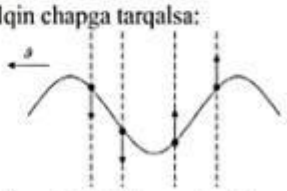


Xususiy holatlar:

Agar to'lqin o'ngga tarqalsa:



Agar to'lqin chapga tarqalsa:



Mexanik to'lqinlar barcha elastik muhitlarda ya'ni qattiq, suyuq va gazsimon muhitlarda tarqaladi. Mexanik to'lqinlarning bo'ylamasi gaz va suyuqliklarda tarqaladi. Qattiq jismlarda esa mexanik to'lqinlarning ham bo'ylama, ham ko'ndalang to'lqinlari

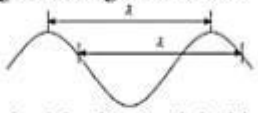
tarqaladi. Demak, mexanik to'lqinlar faqat vakuumdagina tarqalmaydi. Lekin suv betidagi to'lqinlar ko'ndalang hisoblanadi. Ikki muhit chegarasi bo'ylab faqat ko'ndalang mexanik to'lqinlar tarqala oladi.

Barcha to'lqinlar uchun quyidagi ifodalar o'rinli bo'ladi:

$\vartheta = \lambda \cdot \nu$; $\lambda = \vartheta \cdot T$.

ϑ-to'lqin tarqalish tezligi; λ-to'lqin uzunligi; T-davr.

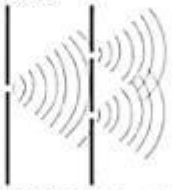
To'lqin uzunligi – bir davr davomida to'lqinning bosib o'tgan masofasi.



Esda tuting! Istalgan to'lqin bir muhitdan ikkinchisiga o'tganda tezlik va to'lqin uzunlik o'zgaradi. Chastota esa o'zgarmasdan qoladi.

To'lqin tarqalishida ishtirok etuvchi muhit zarralarining tebranishlarida fazalar farqi: $\Delta\varphi = 2 \cdot \pi \cdot \frac{\Delta l}{\lambda}$; Δl-yo'llar farqi.

Gyugens nazariyasi: to'lqin fronti yetib kelgan har qanday nuqta ikkilamchi to'lqinlar manbaiga aylanadi.



To'lqin fronti (to'lqin sirti) – bir xil fazada yetib kelgan nuqtalarning geometrik o'rni bilan aniqlanuvchi chiziq yoki sirt.

L uzunlikdagi kesmaga nechta to'lqin joylashishini quyidagicha topamiz: $N = \frac{L}{\lambda}$; bunda: N-to'lqinlar soni; λ-to'lqin uzunlik.

Tovush to'lqinlari

Fizikaning tovush to'lqinlari o'rganiladigan bo'limi akustika deb ataladi. Tovush to'lqinlari vakuumdan tashqari barcha elastik muhitlarda (qattiq, suyuq, gazsimon muhitlarda) tarqaladi. Tovush to'lqinlari bo'ylama to'lqin hisoblanadi.

Tovush to'lqinlari chastotasiga ko'ra uch xil bo'ladi:

1. Infratovush to'lqinlari ($\nu < 20$ Hz).
2. Eshitish diapazonidagi tovush to'lqinlari (20 Hz $< \nu < 20000$ Hz).
3. Ultratovush to'lqinlari ($\nu > 20000$ Hz).

Tovush tezligi tovush tarqalayotgan muhitning zichligiga bog'liq. Muhitning zichligi qancha katta bo'lsa, tovush tezligi ham shunchalik katta bo'ladi. Masalan: havoda tovush tezligi 320-350 m/s, suvda 1500 m/s va po'latda 5100 m/s.

Tovush balandligini chastota belgilab beradi. Tovush qattiqligini amplituda belgilab beradi. Tovush amplitudasi (dB) detsibelda o'lchanadi.

Tovush tembri – tovush tarqatuvchi manbaning shakli bilan bog'liq. Tovush tembri manbani tanishga va ajratishga yordam beradi. Tovush tembri tonlarga ko'ra ajratiladi.

Shovqin – har xil chastotaga ega bo'lgan ko'plab tovush to'lqinlari aralashmasi.

Aks-sado – tovushning to'siqqa urilib qaytishi.

Aks-sado asosida ishlovchi asbob *exolot* deb ataladi.

Exolot – dengiz va okeanlarning chuqurligini o'lchashda ishlatiladigan gidrolokator.

Asosan kemalarda ishlatiladi.

$H = \frac{\vartheta \cdot t}{2}$-dengiz yoki okean chuqurligi; ϑ-ultratovush tezligi; t-tovushning suv tubiga borib kelish vaqti.

Tovush energiyasi:

$W = \frac{m \cdot \omega^2 \cdot A^2}{2} = \frac{m \cdot 4\pi^2 \cdot \nu^2 \cdot A^2}{2}$; bunda: m-muhit zarralarining massasi; ν-tovush to'lqinining chastotasi; A-amplitudasi.

Tovush to'lqinining energiya zichligi – hajm birligiga to'g'ri keladigan tovush energiyasi. $\varpi = \frac{W}{V}$; $[\varpi] = 1$ J/m^3.

$\varpi = \frac{W}{V} = \frac{\frac{m \cdot \omega^2 \cdot A^2}{2}}{V} = \frac{\rho \cdot \omega^2 \cdot A^2}{2}$ ekanligidan:

$\varpi = \frac{\rho \cdot \omega^2 \cdot A^2}{2} = \frac{\rho \cdot 4\pi^2 \cdot \nu^2 \cdot A^2}{2}$; ρ-muhitning zichligi.

Tovush to'lqinining intensivligi (oqim zichligi) – to'lqin tarqalish yo'nalishiga tik bo'lgan yuza birligidan vaqt birligi ichida o'tgan tovush to'lqinining energiyasi.

$I = \frac{W}{S \cdot t}$ yoki $I = \frac{P}{S}$; $P = \frac{W}{t}$;

I-to'lqin intensivligi,[I]=1 W/m^2; W-tovush to'lqinining energiyasi; S-to'lqin o'tuvchi yuza; t-vaqt; P-to'lqin quvvati.

$I = \frac{W}{S \cdot t} = \frac{\varpi \cdot V}{S \cdot t} = \frac{\varpi \cdot S \cdot l}{S \cdot t} = \frac{\varpi \cdot l}{t}$ va $\vartheta = \frac{l}{t}$

ekanligidan: $I = \varpi \cdot \vartheta$.

Esda tuting! Tovush to'lqinining intensivligi, energiyasi va energiya zichligi amplituda va chastotaning kvadratlari ko'paytmasiga to'g'ri proprotsionaldir: $I \sim \varpi \sim W \sim A^2 \cdot \nu^2$.

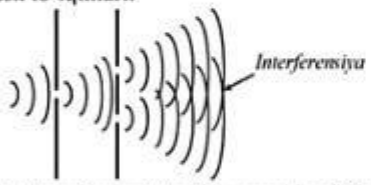
Sof tovush to'lqinlarini hosil qiluvchi asbob *kamerton* deb ataladi:



Tovush to'lqinlarida quyidagi hodisalarni ham kuzatish mumkin:

Tovush to'lqinlari interferensiyasi – ikkita o'zaro kogerent tovush to'lqinlarining qo'shilishi tufayli to'lqinlarning kuchayishi yoki susayishi.

Kogerent tovush to'lqinlari – chastotasi bir xil va fazalari farqi o'zgarmas bo'lgan tovush to'lqinlari.



Interferensiya natijasida tovush to'lqinlari bir-birini kuchaytirishi yoki susaytirishi mumkin. Agar maksimumlik sharti kuzatilsa, to'lqinlar kuchayadi, minimumlik sharti kuzatilsa, to'lqinlar susayadi.

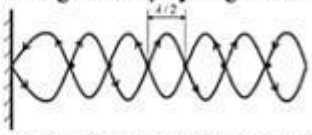
$\Delta l = \frac{2k \cdot \lambda}{2} \Rightarrow \Delta l = k \cdot \lambda$-maksimumlik sharti, k=0, 1, 2, 3…..

$\Delta l = \frac{(2k+1) \cdot \lambda}{2}$-minimumlik sharti, k=0, 1, 2, 3…..

Demak yo'llar farqi juft yarim to'lqin uzunligiga teng bo'lsa, maksimumlik sharti kuzatiladi. Agar yo'llar farqi toq yarim to'lqin uzunligiga teng bo'lsa, mimimumlik sharti kuzatiladi.

Turg'un to'lqinlar.

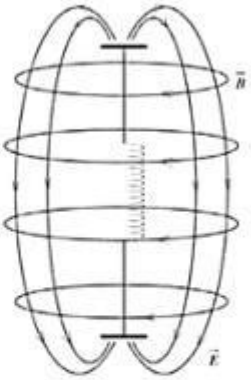
Ko'ndalang to'lqin to'siqqa urilib qaytganda turg'un to'lqin yuzaga keladi:



Do'ngliklarda to'lqin kuchayishi (A_n=2A), tugunlarda esa to'lqin susayishi kuzatiladi (A_n=0). Bunda ikkita qo'shni tugun yoki do'nglik orasidagi masofa $\lambda/2$ ga teng bo'ladi.

Elektromagnit to'lqinlar

Elektromagnit maydon fazoda to'lqin bo'lib tarqaladi. Elektromagnit to'lqinni birinchi bo'lib fazoga Genrix Gers tarqatgan.

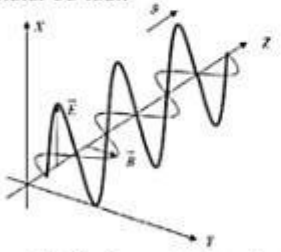


Elektromagnit to'lqinlar fazoda o'zgaruvchan elektr maydoni o'zgaruvchan magnit maydonni, o'zgaruvchan magnit maydoni esa o'zgaruvchan elektr maydonni hosil qiladi. Shu tartibda zanjir ko'rinishida uzluksiz

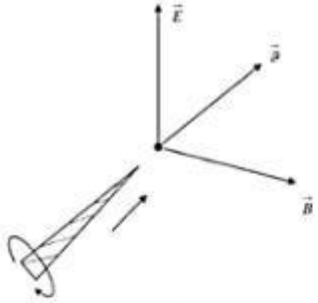
davom etadi va elektromagnit maydon fazoga tarqaladi.

Elektromagnit to'lqin – elektromagnit maydonning to'lqin ko'rinishida fazoga tarqalishi.

Elektromagnit to'lqinda 3 ta vektor: elektr maydon kuchlanganligi, magnit maydon induksiyasi va to'lqin tarqalish tezligi vektorlari mavjud. Bu 3 ta vektorlar o'zaro perpendikular bo'ladi:



Parma qoidasi: Parmani $\vec{E}$ vektordan $\vec{B}$ vektorga qarab kiradigan qilib aylantirganda parmaning ilgarilanma harakat yo'nalishi to'lqin tarqalish yo'nalishini ko'rsatadi:



3 ta vektor orasida quyidagicha bog'lanish mavjud: $\vartheta = \frac{E}{B}$.

Elektromagnit to'lqinlar uchun ham ushbu ifodalar o'rinli bo'ladi:

$\vartheta = \lambda \cdot \nu$; $\lambda = \vartheta \cdot T$ yoki $c = \lambda \cdot \nu$; $\lambda = c \cdot T$

ϑ-to'lqin tarqalish tezligi; λ-to'lqin uzunligi; T-davr.

Barcha elektromagnit to'lqinlar bo'shliqda (vakuumda) va havoda $c = 3 \cdot 10^8 m/s$ tezlik bilan tarqaladi.

Elektromagnit to'lqinlar shkalasi

Shkalani chastota ortish tartibida yozamiz.

№ To'lqinlar

1 Radioto'lqinlar
2 Infraqizil to'lqinlar (nurlar)
3 Ko'rinuvchi nurlar
4 Ultrabinafsha to'lqinlar (nurlar)
5 Rentgen nurlari
6 Radioktiv nurlar

Bunda: $\nu_1 < \nu_2 < \nu_3 < \nu_4 < \nu_5 < \nu_6$

yoki $\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3 > \lambda_4 > \lambda_5 > \lambda_6$

Barcha elektromagnit to'lqinlar ko'ndalang to'lqinlar hisoblanadi.

Elektromagnit to'lqinlarning muhitda tarqalishi: Elektromagnit to'lqinlar barcha muhitlarda tarqaladi. Elektromagnit to'lqinlar faqat metallarda tarqalmaydi. Havoda va vakuumda $3 \cdot 10^8$ m/s tezlikda tarqalsa, boshqa muhitlarda esa undan kichik tezlikda tarqaladi.

$\vartheta = \frac{c}{n}$; $n = \sqrt{\varepsilon \cdot \mu}$; $\vartheta = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon \cdot \mu}}$. Bunda: ϑ-elektromagnit to'lqinning muhitdagi tezligi; c- elektromagnit to'lqinning vakuum yoki havodagi tezligi, $c = 3 \cdot 10^8 m/s$. n-muhitning absolut nur sindirish ko'rsatkichi, havo va vakuum uchun n=1.

Elektromagnit to'lqinlarning ikki muhit chegarasidan o'tishi: Elektromagnit to'lqin ikki muhit chegarasidan o'tishda uning bir qismi chegaradan qaytadi, bir qismi esa ikkinchi muhitga sinish bilan o'tadi. Bunda to'lqinning tezligi va to'lqin uzunligi o'zgaradi. Chastotasi esa o'zgarmaydi.

$n_{2,1} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\vartheta_1}{\vartheta_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$; bunda: $n_{2,1}$-birinchi muhitning ikkinchi muhitga nisbatan nur sindirish ko'rsatkichi (nisbiy nur sindirish ko'rsatkichi); n_1 va n_2-birinchi va ikkinchi muhitning absolut nur sindirish ko'rsakichlari; ϑ_1 va ϑ_2-elektromagnit to'lqinning birinchi va ikkinchi muhitdagi tezliklari; λ_1 va λ_2-elektromagnit to'lqinning birinchi va ikkinchi muhitdagi to'lqin uzunliklari.

Elektromagnit to'lqin intensivligi (oqim zichligi) – to'lqin tarqalish yo'nalishiga tik bo'lgan yuza birligidan vaqt birligi ichida o'tgan elektromagnit to'lqinning energiyasi.

$I = \frac{W}{S \cdot t}$ yoki $I = \frac{P}{S}; P = \frac{W}{t}$ I-to'lqin intensivligi, [I]=1 W/m^2; W-elektromagnit to'lqin energiyasi; S-to'lqin o'tuvchi yuza; t-vaqt; P-to'lqin quvvati.

Agar elektromagnit to'lqini sferik tarzda tarqaladi deb qarasak: $I = \frac{W}{4 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot t} = \frac{P}{4 \cdot \pi \cdot r^2}$ yoki $I = \varpi \cdot \vartheta$; r-to'lqin tarqatuvchi manbadan qaralayotgan nuqtacha bo'lgan masofa, ϖ-elektromagnit to'lqin energiya zichligi.

Esda tuting! Elektromagnit to'lqin intensivligi masofa kvadratiga teskari proporsionaldir: $I \sim \frac{1}{r^2}$.

Elektromagnit to'lqinlar energiya zichligi quyidagiga teng:

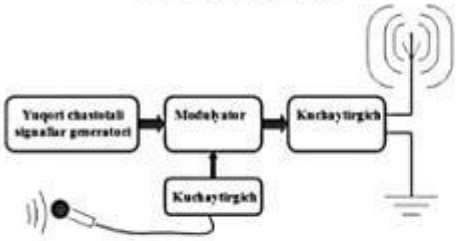
$$\varpi = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot E^2}{2} = \frac{\mu \cdot \mu_0 \cdot H^2}{2} = \frac{B^2}{2 \cdot \mu \cdot \mu_0} = \frac{B \cdot H}{2}$$

Radiolokatsiya

Radioni birinchi bo'lib rus olimi Popov yaratgan. Radio aloqada 2 ta asosiy qurilma ishtirok etadi.

1. Signal tarqatuvchi qurilma (radioperedatchik)
2. Signal qabul qiluvchi qurilma (radiopriyomnik).

Radioperedatchik

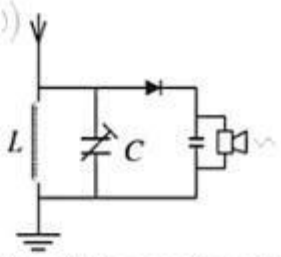


Radioperedatchikning asosiy vazifasi radiosignal yordamida xabar yuborishdan iborat. Peredatchikda yuqori chastotali signal generatorida yuqori chastotali signal generatsiyalanadi. Mikrofonga gapirilganda mikrofonda tovush tebranishiga mos chastotali o'zgaruvchan induksion tok hosil bo'ladi. Bu tok past chastotali signal hisoblanadi. Bu signal kuchaytirgich yordamida kuchaytiriladi. Kuchaygan past chastotali signal generatordan keluvchi yuqori chastotali signalni modulyator yordamida modulyatsiyalaydi. Modulyatsiyalangan signal, kuchaytirgich yordamida kuchaytiriladi va signal tarqatuvchi antenna yordamida havoga nurlanadi.

Ma'lumki, past chastotali signallar antennadan nurlanganda uzoq masofaga yetib borolmaydi. Shuning uchun yuqori chastotali signalga modulyatsiyalash bilan past chastotali signal qo'shib yuboriladi. Demak, aytish mumkinki, yuqori chastotali signal past chastotali signalni uzoq masofaga uzatishga xizmat qiladi. Masalan, "Vodiy sadosi" radioto'lqini eltuvchi chastotasi FM 102.7 MHz ga teng.

Radiopriyomnik

Radiopriyomnikning eng soda sxemasi quyidagicha:



Radiopriyomnikning asosiy vazifasi radiosignal ko'rinishidagi xabarni qabul qilish va eshittirishdan iborat. Radiopriyomnikda qabul qiluvchi antenna bir vaqtning o'zida minglagan radiosignallarni qabul qiladi. Lekin shulardan faqat tebranishlar konturi hususiy chastotasiga teng bo'lgan radiosignal qabul qilinadi. Tebranishlar konturida o'zgaruvchan sig'imli kondensator yordamida konturning hususiy chastotasini sozlash mumkin. Tebranishlar konturni sozlab konturning hususiy chastotasini 102.7 MHz ga to'g'irlasak, antennadan qabul qilinayotgan 102.7 MHz li radiosignal uchun kontur qarshilik ko'rsatmaydi va konturda rezonans yuz beradi. Natijada kerakli chastotadagi signal diod yordamida demodulyatsiya ya'ni detektorlash jarayoni amalga oshiriladi. Detektorlashdan maqsad yuqori chastotali

eltuvchi signaldan bizga kerakli bo‘lgan past chastotali signalni ajratib olish, ajratib olingan past chastotali signallani karnay yordamida eshitish mumkin.

Tebranishlar konturi uchun quyidagilarni keltirish mumkin:

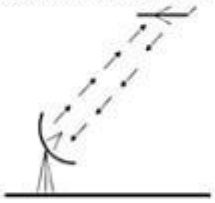
$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$; $T = \frac{\lambda}{\vartheta}$; $L = \mu \cdot \mu_0 \cdot \frac{N^2}{l} \cdot S$; $C = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot S}{d}$.

Xulosa: Peredatchik yuqori chastotali signallar generatsiyasi, modulyatsiya, kuchaytirgich va to‘lqin tarqatuvchi antenna kabi qismlardan iborat bo‘ladi.

Radiopriyomnik esa qabul qiluvchi antenna, sozlanadigan tebranishlar konturi, detektor va kuchaytirgichdan iborat bo‘ladi.

Esda tuting! Antennadan nurlanayotgan elektromagnit to‘lqinning quvvati, energiyasi va intensivligi chastotasining 4-darajasiga to‘g‘ri proporsional: $P \sim W \sim I \sim \nu^4$

Radar – qisqa to‘lqinli yoki yuqori chastotali radiosignal yordamida kuzatuvchidan kuzatilayotgan obyektgacha bo‘lgan masofani aniqlab beruvchi asbob.

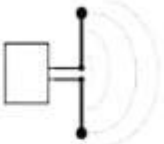


$R = \frac{c \cdot t}{2}$; t- signalning borib kelish vaqti; R-radarning kuzatuv zonasi radiusi; c-radioto‘lqin tarqalish tezligi. $t >> t_0$ ekanligidan $R = \frac{c \cdot (t - t_0)}{2} \approx \frac{c \cdot t}{2}$; t_0-bitta to‘lqin impulsining antenadan nurlanish vaqti.

Radarning kuzatuv zonasining minimal radiusi: $R_{min} = \frac{c \cdot \tau}{2}$; τ-bitta impulsning davomiyligi.

Radarning kuzatuv zonasining maksimal radiusi: $R_{max} = \frac{c \cdot T}{2} = \frac{c \cdot t}{2 \cdot N} = \frac{\lambda}{2}$; N-impulslar soni.

Gers vibratori: Elektromagnit to‘lqinlarni Gers vibratori bilan tarqatish va qabul qilish mumkin. Bunda vibrator uzunligi tarqaluvchi elektromagnit to‘lqinlarning yarim to‘lqin uzunligiga tengdir. Shuning uchun ham Gers vibratori yarim to‘lqinli vibrator deb ham ataladi:



$l = \frac{\lambda}{2}$-vibrator uzunligi. λ-to‘lqin uzunligi.

Zaryadli zarralar maydoni

1. Agar zaryadli zarra tinch tursa, uning atrofida elektrostatik maydon mavjud bo‘ladi.

2. Agarda zaryadli zarracha tekis harakat qilsa, uning atrofida elektr maydon va magnit maydon mavjud bo‘ladi.

3. Agarda zaryadli zarracha tezlanish bilan harakat qilsa, elektromagnit to‘lqin tarqatadi.

Qo‘shimcha qaydlar uchun

V BOB. OPTIKA

Yorug'lik elektromagnit to'lqin bo'lib, infraqizil, ko'rinuvchi va ultrabinafsha nurlarni o'z ichiga oladi. Yorug'lik ikki yoqlamalik xarakterga ega: korpuskulyar va to'lqin. Korpuskulyar nazariyani Nyuton yaratgan. Uning fikriga ko'ra yorug'lik bu zarralar (korpuskulalar) oqimidir. To'lqin nazariyani esa Gyugens yaratgan. Uning fikriga ko'ra esa yorug'lik bu to'lqindir. Keyinchalik ma'lum bo'ldiki, yorug'lik ham zarra (korpuskula), ham to'lqin xarakterga ega. Bu esa fanga *yorug'likning korpuskulyar – to'lqin dualizmi* deb kiritildi. Hozirgi kunda yorug'lik zarasi *foton* deb atalmoqda.

Optika bo'limi geometrik optika, to'lqin optikasi va fotometriya kabi qismlarga bo'linadi.

1-§. GEOMETRIK OPTIKA

I. Geometrik optika qonunlari

Optikaviy hodisalarning to'rtta asosiy yorug'lik qonuni qadim zamonlardan ma'lum:

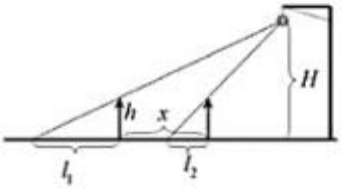
1) yorug'likning to'g'ri chiziq bo'ylab tarqalish qonuni;
2) yorug'lik nurlarining mustaqilligi qonuni;
3) yorug'likning qaytish qonuni;
4) yorug'likning sinish qonuni.

1. Yorug'likning to'g'ri chiziq bo'ylab tarqalish qonuni.

Yorug'lik nuri bir jinsli shaffof muhitda tarqalganda to'g'ri chiziq bo'ylab tarqaladi va natijada jismlar soya hosil qiladi.

Yorug'lik nuri – yorug'lik energiyasi tarqaladigan yo'nalishli chiziq.

Faraz qilaylik, ko'chada H balandlikda lampa joylashgan. Ma'lum masofada h uzunlikdagi qoziq turibdi. Bunda uni soyasining uzunligi l_1 edi. Keyin qoziqni x masofaga sursak, soya uzunligi l_2 bo'lib qoladi:



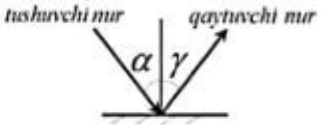
$H = \left(1 + \frac{x}{l_1 - l_2}\right) \cdot h$ -lampa joylashgan balandlik.

2. Yorug'lik nurlarining mustaqillik qonuni.

Yorug'lik nurlarining o'zaro kesishganda bir-biriga hech qanday ta'sir ko'rsatmaydi. Nurlar mustaqil ravishda o'z yo'nalishida tarqalaveradi.

3. Yorug'likning qaytish qonuni.

Yorug'likning qaytish qonuni: yorug'lik nuri ikki muhit chegarasiga tushganda uning bir qismi chegaradan qaytadi va o'tkazilgan normalga nisbatan olingan tushish burchagi qaytish burchagiga teng bo'ladi. Bunda tushuvchi va qaytuvchi nurlar hamda normal bitta tekislikda yotadi.



$\alpha = \gamma$

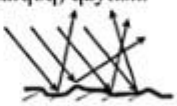
Yorug'lik qaytishi 2 xil bo'ladi:

1. Ko'zgusimon (parallel) qaytish

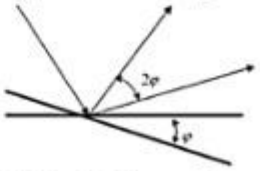


Ko'zgusimon qaytish tufayli ko'zguda tasvir hosil bo'ladi.

2. Diffuzion (tarqoq) qaytish.



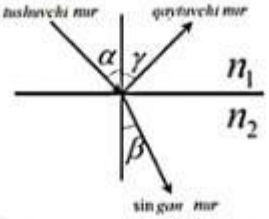
Esda tuting! Agarda tushuvchi nurlar holatini o'zgartirmasdan ko'zguni φ burchakka bursak, qaytuvchi nurlar o'z yo'nalishini 2φ burchakka o'zgartiradi:



4. Yorug'likning sinish qonuni.

Yorug'lik nuri ikki muhit chegarasidan o'tganda sinadi va chegaraga o'tkazilgan

normalga nisbatan olingan tushish burchagi sinusini sinish burchagi sinusiga nisbati ikkinchi muhitning birinchi muhitga nisbatan nur sindirish ko‘rsatkichiga teng bo‘ladi. Bunda tushuvchi va sinuvchi nurlar hamda chegaraga o‘tkazilgan normal bitta tekislikda yotadi.



$n_{2,1} = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta}$; bunda: n_1 va n_2 - birinchi va ikkinchi muhitlarning absolut nur sindirish ko‘rsatkichlari; $n_{2,1}$-nisbiy nur sindirish ko‘ratkichi (ikkinchi muhitning birinchi muhitga nisbatan nur sindirish ko‘rsatkichi)

Nisbiy nur sindirish ko‘satkichi ikkinchi muhitning absolut nur sindirish ko‘satkichini birinchi muhit absolut nur sindirish ko‘rsatkichi nisbatiga teng:

$$n_{2,1} = \frac{n_2}{n_1}$$

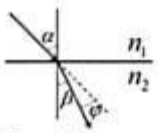
Absolut nur sindirish ko‘rsatkichi – optik zichlik bo‘lib, yorug‘likning vakuumdagi tezligini muhitdagi tezligiga nisbati: $n = \frac{c}{\vartheta}$.

$$n_1 = \frac{c}{\vartheta_1};\ n_2 = \frac{c}{\vartheta_2};\ n_{2,1} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\frac{c}{\vartheta_2}}{\frac{c}{\vartheta_1}} = \frac{\vartheta_1}{\vartheta_2} = \frac{\lambda_1 \cdot \nu}{\lambda_2 \cdot \nu};$$

$n_{2,1} = \frac{\vartheta_1}{\vartheta_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$, bunda: ϑ_1 va ϑ_2-birinchi va ikkinchi muhitdagi yorug‘lik tezliklari; λ_1 va λ_2 - birinchi va ikkinchi muhitdagi yorug‘lik to‘lqin uzunliklari.

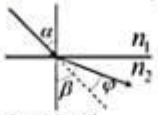
Sinish holatlari:

1. Agarda yorug‘lik optik zichligi kichik muhitdan optik zichligi katta ($n_1 < n_2$) bo‘lgan muhitga o‘tsa, u holda sinish burchagi tushish burchagidan kichik bo‘ladi: $\alpha > \beta$.



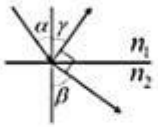
$\varphi = \alpha - \beta$-og‘ish burchagi.

2. Agarda yorug‘lik optik zichligi katta muhitdan optik zichligi kichik ($n_1 > n_2$) bo‘lgan muhitga o‘tsa, u holda sinish burchagi tushish burchagidan katta bo‘ladi: $\alpha < \beta$.



$\varphi = \beta - \alpha$-og‘ish burchagi.

Agarda qaytuvchi va sinuvchi nurlar o‘zaro tik (perpendikular) bo‘lsa, u holda quyidagi shart bajariladi:

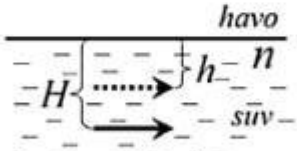


$tg\alpha = n_{2,1}$

Esda tuting! Yorug‘lik nuri ikki muhit chegarasiga tik (perpendikular) tushsa, sinmasdan o‘tadi.

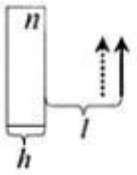
Demak, yorug‘likning muhitdagi bosib o‘tgan yo‘li quyidagicha bo‘ladi: $l = \vartheta \cdot t = \frac{c}{n} \cdot t$.

Faraz qilaylik, suv tubida H chuqurlikda jism yotibdi:



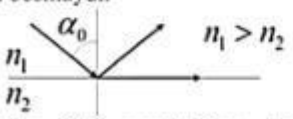
Suv sirtiga tik ravishda tubda yotgan jismga qarasak, u $h = \frac{H}{n}$ chuqurlikda ko‘rinadi. Bunda H-jism joylashgan chuqurlik, h-jismning mavhum tasviri ko‘rinadigan chuqurlik, n-suvning nur sindirish ko‘rsatkichi.

Bu holat jismga yassi parallel shishadan qaralganda ham kuzatiladi:



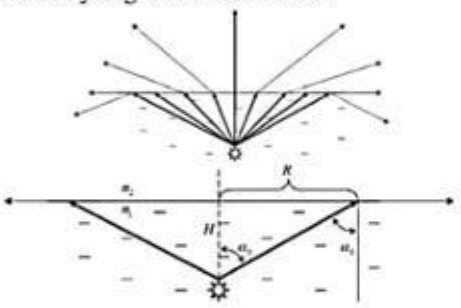
Jism plastinka sirtidan $l+h$ masoda turgani bilan plastinka orqali qaralganda jism $L=l+\frac{h}{n}$ masoda ko‘rinadi.

To‘la ichki qaytish hodisasi: optik zichligi katta bo‘lgan muhitdan optik zichligi kichik bo‘lgan muhitga o‘tganda ma’lum bir chegaraviy burchakdan boshlab sinuvchi nurlar chegara bo‘ylab yo‘naladi. Undan katta burchaklarda esa chegaradan to‘la ichki qaytishni boshlaydi.



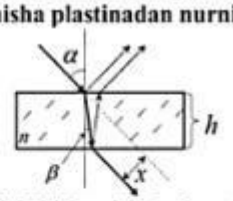
Nur to‘la ichki qaytishning chegaraviy burchagi ostida tushsa, bu holatda sinish burchagi 90^0 ga teng, ya’ni $\sin\beta=1$: $n_{2,1}=\frac{\sin\alpha_0}{\sin\beta}=\sin\alpha_0 \Rightarrow n_{2,1}=\sin\alpha_0$; α_0-to‘la ichki qaytishning chegaraviy burchagi.

Faraz qilaylik, suv tubida **H** chuqurlikda yorug‘lik manbai bor. To‘la ichki qaytish hodisasi tufayli suv betida cheklangan **R** radiusli yorug‘ doira hosil bo‘ladi:



$n_{2,1}=\sin\alpha_0 \Rightarrow \alpha_0=\arcsin n_{2,1}$; $tg\alpha_0=\frac{R}{H}$.

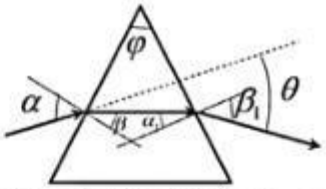
Parallel shisha plastinadan nurning o‘tishi.



Nur parallel shisha platinkadan o‘tganda nur yo‘nalishi o‘zgarmasdan x masofaga siljish bilan o‘tadi: $x=\frac{\sin(\alpha-\beta)}{\cos\beta}\cdot h$-nurning siljish masofasi, bunda: h-plastinka qalinligi, α-nurning tushish burchagi, β-nurning sinish burchagi, $n=\frac{\sin\alpha}{\sin\beta}$-plastinkaning nur sindirish ko‘rsatkichi.

Esda tuting! Parallel shisha plastinkada nurning siljishi tushish burchagi, plastinka qalinligi va plastinkaning nur sindirish ko‘rsatkichiga bog‘liq.

Prizmadan o‘tishda nurning og‘ish burchagi



$\theta=\alpha+\beta_1-\varphi$-nurning prizmadan o‘tishda og‘ish burchagi, bunda: α-nurning prizma sirtiga tushish burchagi, β_1-nurning prizmadan chiqishda sinish burchagi, φ-prizmaning sindirish burchagi, α_1-nurning prizmaning ikkinchi sirtiga tushish burchagi.

$\frac{n_p}{n_m}=\frac{\sin\alpha}{\sin\beta}$; $\frac{n_m}{n_p}=\frac{\sin\alpha_1}{\sin\beta_1}$; $\alpha_1=\varphi-\beta$. n_p-prizma materialining absolut nur sindirish ko‘rsatkichi, n_m-prizma joylashgan muhitning absolut nur sindirish ko‘rsatkichi.

II. Linzalar

Linza – sferik sirt bilan chegaralangan shaffof jism.

Bir jinsli linzalar shakli va vazifasiga ko‘ra 2 xil bo‘ladi:

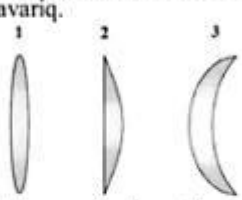
1. Qavariq linzalar (yig‘uvchi linza).

2. Botiq linzalar (sochuvchi linza).

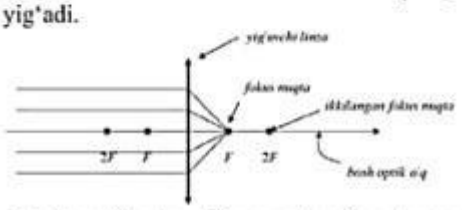
Qavariq linza

Qavariq linza – o‘rtasi chetlariga nisbatan qalin bo‘lgan linza.

Qavariq linzalar shakl jihatdan 3 xil bo‘ladi: **1.** Ikki tomonlama qavariq; **2.** Yassi-qavariq; **3.** Botiq-qavariq.



Yig‘uvchi linza – bosh optik o‘qqa parallel holatda tushuvchi nurlarni fokus nuqtasiga yig‘adi.

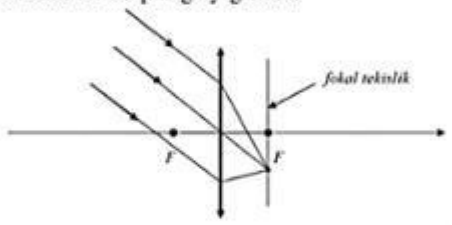


Bosh optik o‘q – linza markazidan linzaga perpendikular ravishda o‘tuvchi o‘q.

Fokus masofa – linza markazidan fokus nuqtasigacha bo‘lgan masofa.

Fokal tekislik – linzaning fokus nuqtasidan bosh optik o‘qqa perpendikular ravishda o‘tuvchi tekislik.

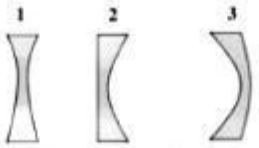
Agarda parallel yorug‘lik nurlari bosh optik o‘qqa qiya tushsa, bu nurlar fokal tekislikning ma’lum bir nuqtasiga yig‘iladi:



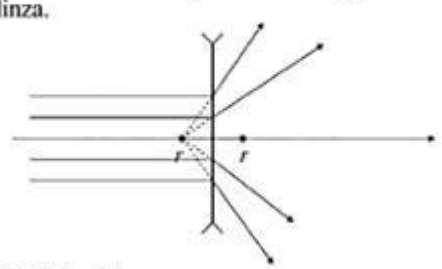
Botiq linza

Botiq linza – o‘rtalari chetlariga nisbatan yupqa bo‘lgan linza.

Botiq linzalar shakl jihatdan 3 xil bo‘ladi: **1.** Ikki tomonlama botiq; **2.** Yassi-botiq; **3.** Qavariq-botiq



Sochuvchi linza – linzaga tushuvchi nurlarni fokus bo‘yicha sochib yuboruvchi linza.



Optik kuchi:

$D=\frac{1}{F}$; bunda: [D]=1 D= 1 1/m; F-linzaning fokus masofasi.

Esda tuting! Qavariq (yig‘uvchi) linzalarning optik kuchi musbat, botiq (sochuvchi) linzalarning optik kuchi esa manfiy bo‘ladi.

Istalgan tipdagi linzaning optik kuchi uning shakli, materiali va u joylashgan muhitga bog‘liq:



$D=(n_{2,1}-1)\cdot\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)$; bunda: $n_{2,1}$-linza materialining nisbiy nur sindirish ko‘rsatkichi; R_1 va R_2-linza sirtlarining egrilik radiuslari.

$n_{2,1}=\frac{n_2}{n_1}$; n_1-linza joylashgan muhitning absolut nur sindirish ko‘rsatkichi; n_2-linza materialining absolut nur sindirish ko‘rsatkichi.

Agarda linza o‘zining optik zichligidan katta bo‘lgan muhitda joylashsa, u holda $n_1>n_2$; $n_{2,1}=\frac{n_2}{n_1}<1$; $n_{2,1}-1<0$ ekanligidan linzaning vazifasi o‘zgaradi, ya’ni yig‘uvchi sochuvchiga, sochuvchi esa yig‘uvchiga aylanadi.

Umumiy optik kuchini hisoblash

Optik kuchlari ishoralarini inobatga olgan holda o'zaro qo'shilib umumiy optik kuchi topiladi. Masalan:



$D = D_1 + D_2 - D_1 \cdot D_2 \cdot \frac{h}{n}$ -umumiy optik kuchi, D_1 va D_2-sferik sirtlarning optik kuchlari, h-linzalar sistemasining qalingi, n-linzalar sistemasining absolut nur sindirish ko'rsatkichi. Linzalar sistemasi muhitda joylashganda bo'lsa: $D = \frac{n_m}{F}$; n_m-muhitning optik zichligi.

Agarda linzalar juda yupqa bo'lsa ($h \ll R_1, R_2$), u holda umumiy optik kuchi quyidagicha topiladi: $D = D_1 + D_2$ yoki $\frac{1}{F} = \frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2}$.

Agarda juda yupqa linzalar orasidagi masofa l ga teng bo'lsa, u holda umumiy optik kuchi quyidagicha topiladi: $D = D_1 + D_2 - D_1 \cdot D_2 \cdot l$

Linza formulasi

$\pm\frac{1}{F} = \frac{1}{d} \pm \frac{1}{f}$; bunda: d-buyumdan linzagacha bo'lgan masofa; f-linzadan tasvirgacha bo'lgan masofa.

Haqiqiy tasvir – buyumga nisbatan linzaning orqa tarafida hosil bo'luvchi tasvir.

Mavhum tasvir – linzaning buyum turgan tomonida hosil bo'luvchi tasvir.

Agarda linza qavariq bo'lib, tasvir mavhum bo'lsa: $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}$

Agarda linza qavariq bo'lib, tasvir haqiqiy bo'lsa: $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$

Agarda linza botiq bo'lsa doimo: $-\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}$

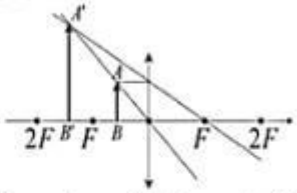
Chiziqli kattalashtirish: $k = \frac{f}{d} = \frac{h}{H}$; bunda: h-tasvir balandligi; H-buyum balandligi.

Chiziqli kichiklashtirish: $k = \frac{d}{f} = \frac{H}{h}$.

Linzalarda tasvir yasash

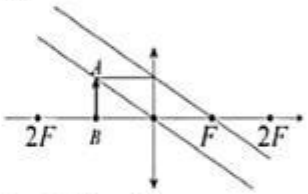
Qavariq linzada tasvir hosil

1. $0 < d < F$



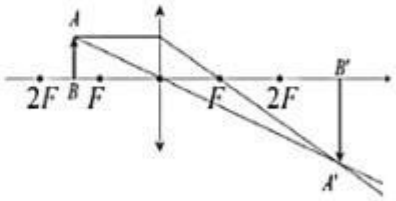
Tasvir mavhum, to'g'ri va kattalashgan bo'ladi: $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}$. Lupada huddi shu holatdan foylaniladi.

2. $d = F$.



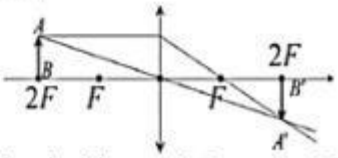
Tasvir hosil bo'lmaydi.

3. $F < d < 2F$.



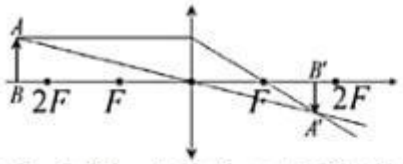
Tasvir haqiqiy, teskari va kattalashgan bo'ladi: $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$.

4. $d = 2F$.



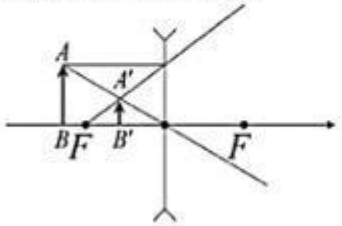
Tasvir haqiqiy, teskari va o'lchami o'zgamagan bo'ladi: $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$.

5. $d > 2F$.

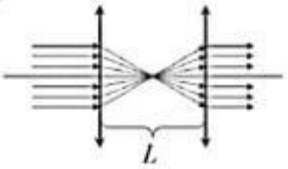


Tasvir haqiqiy, teskari va kichiklashgan bo'ladi: $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$.

Botiq linzada doimo mavhum, to'g'ri va kichiklashgan tasvir hosil qiladi.



Ikkita qavariq linzalardan o'tuvchi parallel nurlar dastasi parallelligicha qolishi uchun birinchi linzaning orqa fokal tekisligi ikkinchi linzaning fokal tekisligi bilan ustma-ust tushishi kerak. Bunda ular orasidagi masofa $L = F_1 + F_2$ ga teng bo'ladi.



Optik asboblar

Ko`z nuqsonlari: Normal ko'zda tasvir to'r pardada hosil bo'ladi. Nuqsonli ko'zlarda esa bu o'zgaradi.

1. Yaqindan ko'rarlik (uzoqni ko'rolmaslik). Bunda tasvir to'r parda oldida hosil bo'ladi:



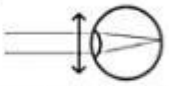
Bunday odam sochuvchi linzali ko'zoynak taqishi lozim:



2. Uzoqdan ko'rarlik (yaqinni ko'rolmaslik). Bunda tasvir to'r parda orqasida hosil bo'ladi:



Bunday odam yig'uvchi linzali ko'zoynak taqishi lozim:



Ko'zoynak formulasi: $D_0 = D_n + D_k$ yoki $\frac{1}{L_0} = \frac{1}{L_n} + \frac{1}{F}$; bunda: D_n-nuqsonli ko'z optik kuchi; D_k-ko'zoynak optik kuchi; L_n-nuqsonli ko'zning eng yaxshi ko'rish masofasi; F-ko'zoynak fokus masofasi.

Esda tuting! Ko'zning to'r pardasida kichiklashgan, teskari va haqiqiy tasvir hosil bo'ladi.

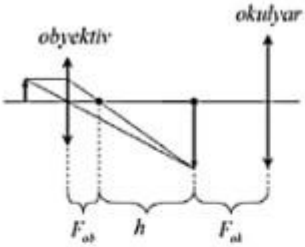
Akkomodatsiya – ko'zning buyum joylashgan masofaga moslashuvi.

Lupa: Lupa buyumning ko'rinma burchagini kattalashtiruvchi optik asbob hisoblanadi. Lupa sifatida faqat qavariq (yig'uvchi) linzadan foydalaniladi. Bunda buyum har doim lupa va fokus nuqtasi orasida bo'lishi lozim.

Lupaning chiziqli kattalashtirishi: $k = L_0 \cdot D$ yoki $k = \frac{L_0}{F}$; L_0=25 cm -normal ko'zning eng yaxshi ko'rish masofasi.

Inson ko'zi cheksizlikka akkomodatsiyalanganda ko'zda hech qanday yuklanish bo'lmaydi. Lekin normal ko'rish masofasiga akkomodatsiyalanganda ko'z yuklanishda bo'lib, ko'rish darajasi ancha yuqori hisoblanadi. Bunda lupa ham tasvirni odatdagidan bir birlikka ko'p kattalashtiradi: $k = L_0 \cdot D + 1$ -lupaning optimal kattalashtirishi. Lekin bu uzoq davom etmaydi. Chunki, ko'z charchaydi. Keyin baribir lupa oldingidek kattalashtirishga ega bo'ladi.

Mikroskop: Mikroskop kichik o'lchamdagi buyumlarni kattalashtirib ko'rsatishga mo'ljallangan optik asbob hisoblanadi. Unda asosiy ikkita linzalar sistemasi mavjud bo'lib, ular obyektiv va okulyar deb ataladi:



Mikroskopda obyektiv ham, okulyar ham kattalashtirish vazifasini bajaradi:

$k_{ob} = h \cdot D_{ob} = \frac{h}{F_{ob}}$ -obyektivning chiziqli kattalashtirishi, h-obyektiv va okulyar fokuslari orasidagi masofa yoki tubusning uzunligi;

$k_{ok} = L_0 \cdot D_{ok} = \frac{L_0}{F_{ok}}$ -okulyarning chiziqli kattalashtirishi, L_0-normal ko'rish masofasi (L_0=25 cm).

$k_{ok} = L_0 \cdot D_{ok} + 1 = \frac{L_0}{F_{ok}} + 1$ -okulyar optimal kattalashtirishi; L_0-normal ko'rish masofasi (L_0=25 cm).

$k = k_{ob} \cdot k_{ok} = h \cdot D_{ob} \cdot L_0 \cdot D_{ok} = \frac{h \cdot L_0}{F_{ob} \cdot F_{ok}}$ - mikroskopning chiziqli kattalashtirishi.

$k = k_{ob} \cdot k_{ok} = h \cdot D_{ob} \cdot (L_0 \cdot D_{ok} + 1) = \frac{h}{F_{ob}} \cdot \left(\frac{L_0}{F_{ok}} + 1\right)$ - mikroskopning optimal kattalashtirishi.

D_{ob} va D_{ok} – obyektiv va okulyarning optik kuchlari; F_{ob} va F_{ok} – obyektiv va okulyarning fokus masofalari.

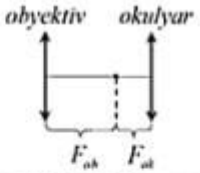
Esda tuting! Mikroskop kattalashgan, mavhum va teskari tasvir hosil qiladi.

Ko'rish trubasi (teleskop): Teleskop uzoqdagi buyumlarni yaqinlashtirib ko'rish imkonini beruvchi ko'rish trubasi hisoblanadi.

$k = \frac{F_{ob}}{F_{ok}}$ -teleskop kattalashtirishi.

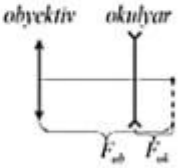
Teleskoplar refraktor va reflektorlarga ajratiladi. Galiley va Kepler ko'rish trubalari refraktorga kiradi.

Kepler ko'rish trubasi ikkita yig'uvchi linzadan iborat:



Obyektiv va okulyar fokus nuqtalari ustma-ust tushgani uchun ular orasidagi masofa fokus masofalari yig'indisiga teng: $L = F_{ob} + F_{ok}$.

Galiley ko'rish trubasining obyektivi yig'uvchi, okulyari esa sochuvchi linzadan iborat:



Obyektiv va okulyar orqa fokus nuqtalari ustma-ust tushgani uchun ular orasidagi masofa fokus masofalari ayirmasiga teng: $L = F_{ob} - F_{ok}$.

III. Ko'zgular

Ko'zgular shakl jihatdan 3 xil bo'ladi:

1. Yassi ko'zgular.

2. Botiq ko'zgular.

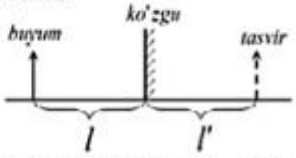


3. Qavariq ko'zgular.



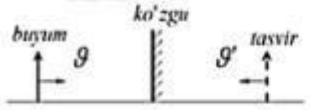
Yassi ko'zgu

Buyum yassi ko'zgudan qanday masofada tursa, uning ko'zgudagi tasviri (aksi) ham ko'zgudan shuncha masofada turganday ko'rinadi: $l = l'$.

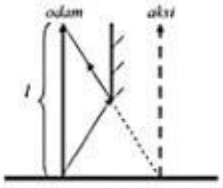


Buyum ko'zguga nisbatan qanday tezlik bilan harakatlansa, uning tasviri (aksi) ham

ko‘zguga nisbatan huddi shunday tezlik harakatlanadi: $\vartheta = \vartheta'$.



Esda tuting! Odam ko‘zguda o‘zining to‘liq aksini ko‘rishi uchun ko‘zguning balandligi kamida odam bo‘yining yarmiga teng bo‘lishi kerak.



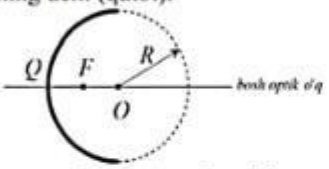
$h = \frac{l}{2}$; bunda: l-odam bo‘yi; h-ko‘zgu balandligi.

O‘zaro α burchak hosil qilgan ikkita yassi ko‘zgularga nur tushib ikkalasidan qaytganda tushgan nur bilan qaytgan nur orasidagi burchak 2α ga teng bo‘ladi:



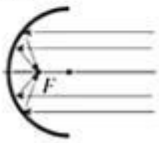
Botiq ko‘zgu

Botiq ko‘zguda R-botiq ko‘zguning egrilik radiusi, O nuqta-botiq ko‘zguning optik markazi, F nuqta-fokus nuqta, Q nuqta-ko‘zguning uchi (qutbi).

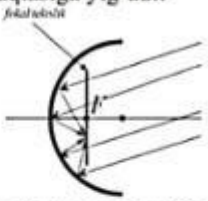


Fokus masofa – ko‘zgudan fokus nuqtagacha bo‘lgan masofa.

Bosh optik o‘qqa nisbatan paralell nurlar dastasi botiq ko‘zguga tushganda nurlar fokus nuqtaga yig‘iladi:



Agarda parallel nurlar dastasi qiya tushsa, u holda botiq ko‘zgu ularni fokal tekislikning ma’lum bir nuqtasiga yig‘adi:



Demak botiq ko‘zgu *yig‘uvchi* ekan.

Fokus masofa ko‘zgu egrilik radiusining yarmiga teng: $F = \frac{R}{2}$; $D = \frac{1}{F}$; $D = \frac{2}{R}$; D-ko‘zguning optik kuchi. Botiq ko‘zgu uchun optik kuch musbatdir (D>0).

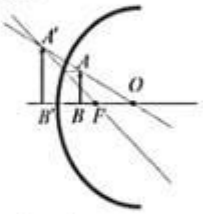
Botiq ko‘zgu uchun quyidagi formula o‘rinli:

$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} \pm \frac{1}{f}$; $D = \frac{1}{d} \pm \frac{1}{f}$ yoki $\frac{2}{R} = \frac{1}{d} \pm \frac{1}{f}$ bunda: d-buyumdan ko‘zgugacha bo‘lgan masofa, f-ko‘zgudan tasvirgacha bo‘lgan masofa. Formulada hosil bo‘luvchi tasvir haqiqiy bo‘lsa musbat, mavhum bo‘lsa manfiy ishora qo‘yiladi.

Chiziqli kattalashtirish: $k = \frac{f}{d} = \frac{h}{H}$; bunda: h-tasvir balandligi; H-buyum balandligi. Chiziqli kichiklashtirish: $k = \frac{d}{f} = \frac{H}{h}$.

Botiq ko‘zguda tasvir hosil qilish

1) 0< d < F (0<d<R/2): tasvir kattalashgan, to‘g‘ri, mavhum.



$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}$; $k = \frac{f}{d} = \frac{h}{H}$

2) d=F (d=R/2): tasvir hosil bo‘lmaydi.

FORMULALAR

Optika

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

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n$$

Elektr

$$U = IR$$

$$P = UI$$

Atom fizikasi

$$E = mc^2$$

$$E = h\nu$$

Mexanika

$$F = ma$$

$$p = mv$$

2-§. TO'LQIN OPTIKASI

I. Yorug'lik dispersiyasi

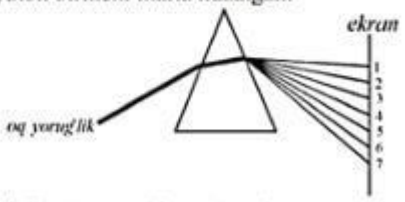
Dispersiya- muhitning nur sindirish ko'rsatkichini yorug'lik chastotasi yoki to'lqin uzunligiga bog'liqligi

Yorug'lik dispersiyasi – yorug'lik nurining dispersiya tufayli spektrlarga ajralishi.

Esda tuting! Oq rangda yorug'lik 7 ta rangdagi monoxromatik nurlar aralashmasidan tashkil topadi.

Monoxromatik nur – bitta yagona chastotaga ega bo'lgan nur.

Oq yorug'lik nuri shisha prizmadan o'tganda 7 xil rangdagi spektrlarga ya'ni monoxromatik nurlarga ajraladi. Buni Isaak Nyuton birinchi marta kuzatgan.



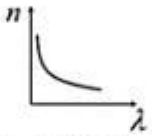
1-qizil; 2-zarg'aldoq; 3-sariq; 4-yashil; 5-zangori; 6-ko'k; 7-binafsha. Bunda to'lqin uzunliklar orasidagi munosabatlar quyidagicha:

$\lambda_{qizil}>\lambda_{zarg'aldoq}>\lambda_{sariq}>\lambda_{yashil}>\lambda_{zangori}>\lambda_{ko'k}>\lambda_{binaf}$.

Chastotalar orasidagi munosabat esa:

$\nu_{qizil}<\nu_{zarg'aldoq}<\nu_{sariq}<\nu_{yashil}<\nu_{zangori}<\nu_{ko'k}<\nu_{binaf}$.

Yorug'lik dispersiyasida nur sindirish ko'rsatkichining to'lqin uzunligiga bog'liqligi quyidagicha:



Demak, nur sindirish ko'rsatkichlari orasidagi munosabatlar esa:

$n_{qizil}<n_{zarg'aldoq}<n_{sariq}<n_{yashil}<n_{zangori}<n_{ko'k}<n_{binaf}$.

Demak, shisha prizmada qizil nur eng kam og'adi. Binafsha nur esa eng ko'p og'adi. Muhitda qizil nurning tezligi eng katta, binafsha nurniki esa eng kichik bo'ladi. Agarda 7 ta rangni o'zaro yana qo'shsak, oq rang hosil bo'ladi.

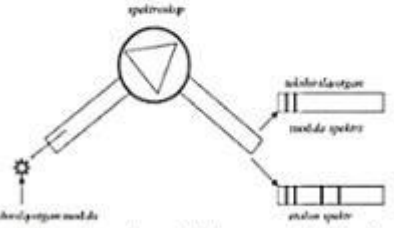
Diqqat! Monoxromatik nurning rangini uning chastotasi belgilab beradi. Shuning uchun ham birinchi muhitdan ikkinchi muhitga o'tganda chastota o'zgarmasligi tufayli monoxromatik nur rangi ham o'zgarmaydi.

Shaffof jismlar faqat o'zining rangiga mos rangdagi nurni o'tkazadi.

Dispesiya tufayli yomg'irdan keyin kamalak kuzatiladi.

Spektroskopiya

Spektroskopiya deb, modda tarkibini spektrlar yordamida o'rganishga aytiladi.



Spektrlarni o'rganishda qo'llaniladigan asbob *spektroskop* deb ataladi.

Spektrlar 3 xil bo'ladi;

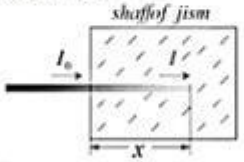
1. Uzluksiz, ya'ni tutash spektr – qattiq jismlar hosil qiluvchi spektr.

2. Chiziqli spektr – atomar holatidagi gazlar hosil qiluvchi spektr. Masalan: geliy gazi (He)

3. Yo'l-yo'l (polasali) spektr – molekulyar holatdagi gaz va suyuqliklar hosil qiluvchi spektr.

Yorug'lik yutilishi

Yorug'lik yutilishi deb yorug'likning moddadan o'tishda yorug'lik energiyasining yo'qolishiga aytiladi. Yorug'lik moddadan o'tish davomida intensivligi yutilish tufayli kamayadi. Yorug'lik yutilishi Buger-Lambert qonuniga bo'ysunadi:



$I = I_0 \cdot e^{-\alpha x}$-Buger-Lambert qonuni. Bunda: I_0-moddaga tushayotgan yorug'lik intensivligi; I-moddaning x qalinligidagi

yorug'lik intensivligi; α-yorug'lik yutilish koeffisienti, [α]=1 1/m=1 m^{-1}.

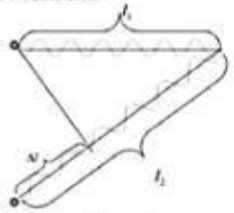
II. Yorug'lik interferensiyasi

Interferensiya – 2 ta o'zaro kogerent to'lqinlarni fazoning biror nuqtasida o'zaro qo'shilishi natijasida to'lqinlarning kuchayishi yoki susayishi.

Kogerent to'lqinlar – davri, chastotasi teng va fazalar farqi o'zgarmas bo'lgan to'lqinlar.

Esda tuting! Hech qachon 2 xil manbadan chiqadigan to'lqinlar o'zaro kogerent bo'la olmaydi.

Yorug'lik nurida ham interferensiya hodisasini kuzatish mumkin, lekin interferensiya kuzatilayotgan sohada agar interferensiyada ishtirok etuvchi nurlar oq yorug'lik nurlari bo'lsa, yorug'likning ranglarga ajralishini kuzatishimiz mumkin.



To'lqin kuchayishi uchun maksimumlik sharti kuzatilishi kerak: $\Delta l = \frac{2k \cdot \lambda}{2} = k \cdot \lambda$;

bunda: k-butun sonlar, k=1,2,3…

To'lqin susayishi uchun minimumlik sharti kuzatilishi kerak: $\Delta l = \frac{(2k+1) \cdot \lambda}{2}$.

Ikki kogerent to'lqinlarning qo'shilishidan hosil bo'lgan to'lqin uchun quyidagilarni keltirish mumkin:

$$A_n^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2 \cdot A_1 \cdot A_2 \cdot \cos\Delta\varphi$$

$$I_n = I_1 + I_2 + 2 \cdot \sqrt{I_1 \cdot I_2} \cdot \cos\Delta\varphi .$$

A_n-natijaviy amplituda;

I_n-natijaviy intensivlik. $\Delta\varphi = 2 \cdot \pi \cdot \frac{\Delta l}{\lambda}$-fazalar farqi.

Xulosa:

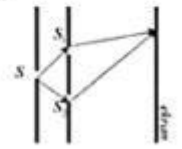
1. Interferensiya kuzatilayotgan nuqtadagi to'lqinlarning yo'llari farqi juft yarim to'lqin uzunligiga teng bo'lsa, to'lqin kuchayishi kuzatiladi. Bunda maksimumlik sharti bajariladi;

2. Interferensiyalanuvchi to'lqinlarning yo'llar farqi toq yarim to'lqin uzunligiga teng bo'lsa, to'lqin susayishi kuzatiladi. Bunda minimumlik sharti bajariladi.

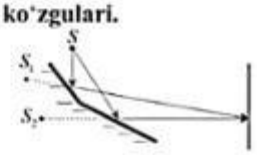
Yorug'lik interferensiyasini tabiiy holatda kuzatish mumkin. Masalan, suv yuzasidagi moy tomchilari, sovun ko'pigi, sovun pardasi va kompakt disketalarda turli ranglarni hosil bo'lishini ko'rishimiz mumkin.

Interferensiyani kuzatish usullari

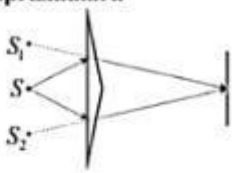
1. Yung usuli.



2. Frenel ko'zgulari.

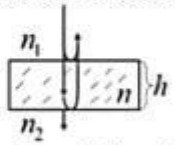


3. Frenel biprizmalari.



4. Yupqa plastinkada interferensiya.

1) Qaytuvchi nurlarda interferensiya:



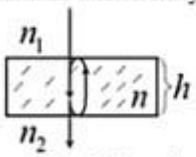
a) $n>n_1,n_2$ va $n<n_1,n_2$ hollar uchun:

$4 \cdot n \cdot h = (2k-1) \cdot \lambda$-qaytuvchi nurlarda maksimumlik sharti, k=1; 2; 3; 4…….

$2 \cdot n \cdot h = k \cdot \lambda$-qaytuvchi nurlarda minimumlik sharti, k=1; 2; 3; 4…….

b) $n_1<n<n_2$ va $n_1>n>n_2$ hollar uchun:
$2\cdot n\cdot h=k\cdot\lambda$ -qaytuvchi nurlarda maksimumlik sharti, k=1; 2; 3; 4…….
h-plastinka qalinligi, n-plastinka nur sindirish ko'rsatkichi.
$4\cdot n\cdot h=(2k-1)\cdot\lambda$ -qaytuvchi nurlarda minimumlik sharti, k=1; 2; 3; 4…….
Minimumlik sharti kuzatilsa, plastinka yuzasi qorong'ilashadi, ya'ni huddiki undan nur qaytmaydi. Maksimumlik sharti kuzatilsa, plastinka yuzasi yorqinlashadi, ya'ni nur yaxshi qaytadi.

2) O'tuvchi nurlarda interferensiya:



a) $n>n_1,n_2$ va $n<n_1,n_2$ hollar uchun:
$2\cdot n\cdot h=k\cdot\lambda$ -o'tuvchi nurlarda maksimumlik sharti, k=1; 2; 3; 4…….
$4\cdot n\cdot h=(2k-1)\cdot\lambda$ -o'tuvchi nurlarda minimumlik sharti, k=1; 2; 3; 4…….

b) $n_1<n<n_2$ va $n_1>n>n_2$ hollar uchun:
$4\cdot n\cdot h=(2k-1)\cdot\lambda$ -o'tuvchi nurlarda maksimumlik sharti, k=1; 2; 3; 4…….
$2\cdot n\cdot h=k\cdot\lambda$ -o'tuvchi nurlarda minimumlik sharti, k=1; 2; 3; 4…….
Minimumlik sharti kuzatilsa, plastinkadan nur o'tmaydi. Maksimumlik sharti kuzatilsa, plastinka yuzasi yorqinlashadi, ya'ni nur yaxshi o'tadi.

5. Nyuton halqalari.

Yassi parallel shisha ustiga yass-qavariq linzani qo'yamiz. Bunda linzada Nyuton halqalari hosil bo'ladi:



Bunda linzada yorug' va qorong'u halqalar hosil bo'ladi.



1) Qaytuvchi nurlarda Nyuton halqalari kuzatilsa:

a) $n>n_1,n_2$ va $n<n_1,n_2$ hollar uchun:

$r_q=\sqrt{\frac{k\cdot R\cdot\lambda}{n}}$ - k-tartibda kuzatiluvchi qorong'u halqa radiusi.

$r_{yo}=\sqrt{\frac{(2k-1)\cdot R\cdot\lambda}{2\cdot n}}$ - k-tartibda kuzatiluvchi yorug' halqa radiusi.

b) $n_1<n<n_2$ va $n_1>n>n_2$ hollar uchun:

$r_q=\sqrt{\frac{(2k-1)\cdot R\cdot\lambda}{2\cdot n}}$ - k-tartibda kuzatiluvchi qorong'u halqa radiusi.

$r_{yo}=\sqrt{\frac{k\cdot R\cdot\lambda}{n}}$ - k-tartibda kuzatiluvchi yorug' halqa radiusi.

2) O'tuvchi nurlarda Nyuton halqalari kuzatilsa:

a) $n>n_1,n_2$ va $n<n_1,n_2$ hollar uchun:

$r_q=\sqrt{\frac{(2k-1)\cdot R\cdot\lambda}{2\cdot n}}$ - k-tartibda kuzatiluvchi qorong'u halqa radiusi.

$r_{yo}=\sqrt{\frac{k\cdot R\cdot\lambda}{n}}$ - k-tartibda kuzatiluvchi yorug' halqa radiusi.

b) $n_1<n<n_2$ va $n_1>n>n_2$ hollar uchun:

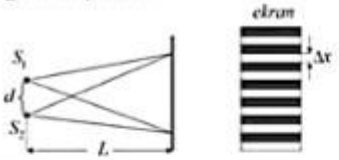
$r_q=\sqrt{\frac{k\cdot R\cdot\lambda}{n}}$ - k-tartibda kuzatiluvchi qorong'u halqa radiusi.

$r_{yo}=\sqrt{\frac{(2k-1)\cdot R\cdot\lambda}{2\cdot n}}$ - k-tartibda kuzatiluvchi yorug' halqa radiusi.

Bunda: R-linza egrilik radiusi; n-linza va plastinka orasidagi muhitning nur sindirish ko'rsatkichi, n_1-linza materialining nur

sindirish ko‘rsatkichi, n_2-shisha plastinkaning nur sindirish ko‘rsatkichi.

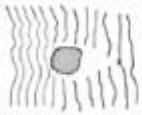
Interferension manzarada qo‘shni maksimumlar yoki minimumlar orasidagi masofa quyidagicha topiladi:



$\Delta x = \frac{\lambda \cdot L}{d}$-ikkita qo‘shni maksimumlar yoki minimumlar orasidagi masofa, L-yorug‘lik manbalaridan ekrangacha bo‘lgan masofa, d-manbalar orasidagi masofa, λ-to‘lqin uzunlik.

III. Yorug‘lik difraksiyasi

To‘lqin difraksiyasi – to‘lqinning to‘siqni aylanib o‘tish hodisasi.

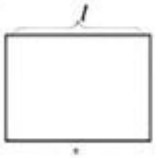


Yorug‘lik difraksiyasi – yorug‘likning to‘siq chegarasida geometrik soya sohasiga og‘ishi

Difraksiya yuz berish sharti:

$d \approx \lambda$ shart bajarilganda difraksiya yuz beradi va natijada geometrik optika qonunlaridan chetlashish kuzatiladi. Bunda kelib chiqadiki, geometrik optika qonunlari $d >> \lambda$ shart bajarilganda o‘rinli bo‘ladi. d-to‘siq o‘lchami.

Yorug‘lik difraksiyasini aniqroq kuzatishda difraksion panjaradan foydalaniladi.



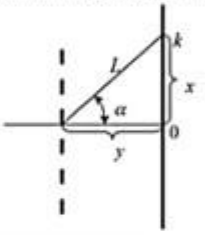
$d = \frac{l}{N}$- panjara davri, [d]=1 m; N-shtrixlar soni.

Bundan tashqari panjara davri to‘siq bilan tirqich o‘lchamlari yig‘indisiga ham tengdir:



$d = a + b$

$k \cdot \lambda = d \cdot \sin\alpha$; $\Delta l = d \cdot \sin\alpha$; bunda: k-maksimumlar tartibi; λ-to‘lqin uzunlik; α-nurning og‘ish burchagi; Δl-yo‘llar farqi. Maksimumlarning eng katta tartibi sinα=1 bo‘lganda kuzatiladi: $k = \frac{d}{\lambda}$-maksimumlarning eng katta tartibi. Bundan kuzatilishi mumkin bo‘lgan maksimumlar soni: $n = 2k + 1$.



$\sin\alpha = \frac{x}{L} = \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}} \approx \frac{x}{y} = tg\alpha$; chunki $y >> x$.

bunda: x-markaziy maksimumdan k-maksimumgacha bo‘lgan masofa;

y-panjaradan ekrangacha bo‘lgan masofa;

L-panjaradan k-maksimumgacha bo‘lgan masofa.

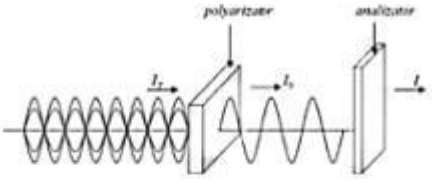
Esda tuting! Kichik burchaklarda radian o‘lchovi uchun: $\sin\alpha = tg\alpha \approx \alpha$.

Maksimumlar orasidagi masofa to‘lqin uzunligiga bog‘liq. To‘lqin uzunlik qanchalik katta bo‘lsa, maksimumlar orasidagi masofa ham shunchalik katta bo‘ladi va aksincha.

Ma’lumki, shisha prizmada qizil nur eng kam, binafsha nur esa eng ko‘p og‘adi. Lekin oq yorug‘lik difraksiyalanganda aksincha holat kuzatiladi. Qizil nur eng ko‘p, binafsha nur esa eng kam og‘adi. Shuning uchun difraksion panjaraga oq yorug‘lik nuri tushganda ekran markazida binafsha, ekran chetlarida esa qizil nur maksimumi kuzatiladi.

IV. Yorug‘lik qutblanishi

Yorug‘lik qutblanishini (polyarizatsiyasini) kuzatish uchun 2 ta turmalin kristalidan foydalaniladi.



Qutblagichdan (polyarizatordan) o‘tishda qublanish tufayli intensivlik ikki marta kamayadi: $I_0 = \frac{I_t}{2}$.

Qutblanish uchun Malyus qonuni: $I = I_0 \cdot \cos^2 \alpha$; bunda: I_0-qutblagichdan chiqqan yorug‘lik intensivligi; I-analizatordan chiqqan yorug‘lik intensivligi. α-qublagich va analizator o‘qlari orasidagi burchak. Agarda $\alpha = 90^0$ bo‘lsa, I=0 bo‘ladi.

Yorug‘lik qutblanishi hodisasi yorug‘likning ko`ndalang to‘lqin ekanligini isbotlab beradi.

Esda tuting! Yorug‘lik dispersiyasi, interferensiyasi, difraksiyasi va qutblanishi to‘lqin nazariya asosida tushuntiriladi.

3-§. FOTOMETRIYA

Yorug‘lik tarqalganda u o‘zi bilan birgalikda energiya eltadi. Optikaning yorug‘lik energiyasini o‘lchash usullarini o‘rganuvchi bo‘limi fotometriya deb ataladi. Undagi kattaliklar esa fotometrik kattaliklar deb ataladi. Fotometrik kattaliklarning eng muhimi yorug‘lik oqimidir.

Yorug‘lik oqimi – vaqt birligi ichida biror yuzaga tushayotgan yorug‘lik energiyasi.

$\Phi = \frac{W}{t}$-yorug‘lik oqimi, [Φ]=1 lm (lyumen), W-yorug‘lik energiyasi, t-vaqt.

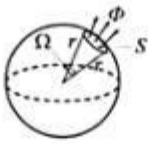
Yorug‘lik kuchi – birlik fazoviy burchak ostida tarqalayotgan yorug‘lik oqimi.

$I = \frac{\Phi}{\Omega}$-yorug‘lik kuchi, [I]=1 cd (kandela);

Ω-fazoviy burchak, [Ω]=1 sr (steradian).

Ω-amega.

Fazoviy burchak – sferaning konus sirti bilan chegaralangan fazo.



$\Omega = \frac{S}{r^2}$-fazoviy burchak.

Nuqtaviy yorug‘lik manbai nurni sferik tarzda tarqatgani uchun fazoviy burchak $\Omega=4\pi r^2/r^2=4\pi$ sr ga teng va nuqtaviy yorug‘lik manbaning to‘la yorug‘lik oqimi $\Phi = 4\pi \cdot I$ ga teng bo‘ladi.

Yoritilganlik – tekis yoritilgan sirtning birlik yuzasiga tushayotgan yorug‘lik oqimi.

$E = \frac{\Phi}{S}$-yoritilganlik, [E]=1 lx (lyuks); S-yorug‘lik tushayotgan yuza. Nuqtaviy yorug‘likning r masofadagi to‘la yorqinligi $E = \frac{\Phi}{4 \cdot \pi \cdot r^2}$ ga teng bo‘ladi.

Fotometr yoki lyuksmetr – yoritilganlikni o‘lchovchi asbob.

Yorqinlik – yorug‘lik manbaining yuza birligidan barcha yo‘nalishlar bo‘yicha nurlatayotgan yorug‘lik oqimi.

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

Ravshanlik – manba sirtining yuza birligidan perpendikular tarqalayotgan yorug‘lik kuchi.

$B = \frac{I}{S}$-yorug‘lik manbaning ravshanligi, [B]= 1 nt (nit).

Yoritilganlik qonunlari

1-qonun: nuqtaviy yorug‘lik manbaidan chiqayotgan nurlar sirtga perpendikular tushganda sirtning yoritilganligi yorug‘lik kuchiga to‘g‘ri proportsional va undan yotilayotgan sirtgacha bo‘lgan masofa kvadratiga esa teskari proporsionaldir:

$E = \frac{\Phi}{S} = \frac{4\pi \cdot I}{4\pi \cdot r^2} \Rightarrow E = \frac{I}{r^2}$.

2-qonun: yorilayotgan sirtga nur burchak ostida tushsa, sirtning yoritilganligi nurning tushish burchagi kosinusiga to‘g‘ri proporsionaldir:

$E = \frac{I}{r^2} \cdot \cos\alpha$; bunda α-nurning tushish burchagi.

VI BOB. KVANT FIZIKASI

Yorug'likning ikki yoqlamalik xarakteriga egaligidan yorug'lik to'lqini energiyasi to'lqin nazariyasi bo'yicha Maks Plank formulasi va korpuskulyar nazariya bo'yicha esa Albert Eynshteyn formulasiga ko'ra ifodalanadi.

Bitta foton energiyasi:

$E = h \cdot \nu = h \cdot \frac{c}{\lambda}$-Plank formulasi.

$E = m \cdot c^2$-Eynshteyn formulasi; m-bitta foton massasi; h-Plank doimiysi, $h = 6{,}62 \cdot 10^{-34} J \cdot s$.

Agarda N ta foton bo'lsa:

$E = N \cdot h \cdot \nu = N \cdot h \cdot \frac{c}{\lambda}$; $E = M \cdot c^2$; $M = N \cdot m$

Bitta foton impulsi quyidagicha: $p = m \cdot c$;

$p = \frac{h}{\lambda}$; $E = p \cdot c$.

$1\,eV(elektron-volt) = 1{,}6 \cdot 10^{-19} J$;

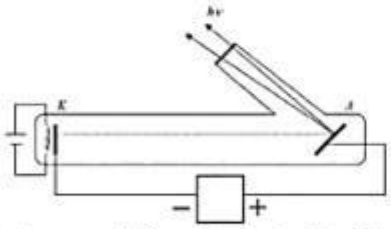
$h = 4{,}15 \cdot 10^{-15} eV \cdot s$.

1 eV-elektr maydonda 1 V potensiallar farqini o'tgan elektronning erishadigan energiyasi.

Yorug'lik manbaining quvvati:

$P = \frac{E}{t} = \frac{N \cdot h \cdot \nu}{t} = \frac{N \cdot h \cdot c}{\lambda \cdot t}$

Rentgen trubkasi



Rentgen nurlari rentgen trubkasida tez harakatlanuvchi elektronlarning anod bilan to'qnashuvi tufayli hosil qilinadi. Tez harakatlanuvchi elektronlar dastasi katod nurlari deb ataladi.

$$U \cdot \bar{e} = \frac{m_e \cdot \vartheta^2}{2} = h \cdot \nu$$

Yorug'lik bosimi

Lebedev tajribasi:

Yorug'lik bosimini birinchi bo'lib rus olimi Lebedev aniqlagan. Yorug'lik biror bir sirtga tushganda yorug'lik zarrasi ya'ni fotonlar shu sirtga urilishi tufayli yorug'lik bosimi vujudga keladi. Yorug'lik bosimi quyidagicha topiladi:

$P = (k+1)\frac{I}{c}$; bunda k-sirtning yorug'lik qaytarish koeffitsiyenti.

Nurni to'liq qaytaruvchi sirt uchun k=1:

$P = \frac{2I}{c}$- yorug'likni 100% qaytaradigan sirtga ko'rsatadigan bosim.

Nurni to'liq yutuvchi sirt uchun k=0:

$P = \frac{I}{c}$- yorug'likni 100% yutadigan ya'ni umuman yorug'lik qaytarmaydigan sirtga ko'rsatadigan bosim.

I-yorug`lik intensivligi: c- yorug'lik tezligi.

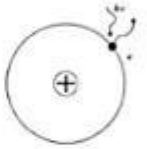
$I = \frac{W}{S \cdot t} = \frac{E}{S \cdot t}$ yoki $I = \frac{P_0}{S}$; $P_0 = \frac{E}{t}$. P_0-manba quvvati. W=E-yorug'lik energiyasi.

Fotoeffekt

Fotoeffekt – fotoelektron emissiya bo'lib, yorug'lik ta'sirida elektron chiqishi.

Fotoeffekt 2 xil bo'ladi:

1. Ichki fotoeffekt – yorug'lik ta'sirida elektronning atomdan chiqishi.

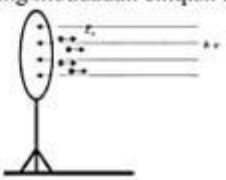


Moddaga yorug'lik nuri tushganda undagi atomlar ionlashadi, ya'ni atomdagi elektron fotonni yutib energiyasi oshadi va atomni tark etadi. Bu holat agarda foton energiyasi bunga yetgandagina amalga oshadi. Natijada atom ionlashadi.

$E_0 = h \cdot \nu = h \cdot \frac{c}{\lambda} = U_0 \cdot e$-atomni ionlashtiruvchi yorug'lik (bitta foton) energiyasi yoki atomning ionizatsiya energiyasi.

U_0-ionizatsiya potensiali.

2. Tashqi fotoeffekt – yorug'lik ta'sirida elektronlarning moddadan chiqish hodisasi.



Moddaga yorug‘lik nuri tushganda modda tarkibidagi elektronlar fotonlarni yutadi. Bunda elektronlar kinetik energiyasi ortib moddani tark etadi. Lekin elektron moddadan tashqariga chiqishi uchun ma’lum bir kinetik energiyaga ega bo‘lishi kerak. Bu kinetik energiya chiqish ishiga teng bo‘lishi lozim:

$A=\frac{m_e\cdot\vartheta_0^2}{2}$-chiqish ishi, υ_0-elektronning moddadan chiqishi uchun zarur bo‘lgan tezlik. m_e-elektron massasi.

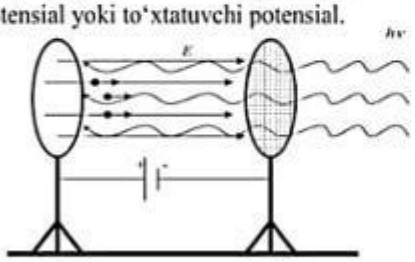
Tashqi fotoeffekt uchun Eynshteyn tenglamasi: $E=A+E_k$; bunda: E-foton energiyasi, $E=h\cdot\nu=h\cdot\frac{c}{\lambda}$; A-elektronning moddan chiqish ishi, $A=h\cdot\nu_{qizil}=h\cdot\frac{c}{\lambda_{qizil}}$, ν_{qizil} va λ_{qizil}-qizil chegara; E_k-moddan otilib chiquvchi fotoelektronlar kinetik energiyasi, $E_k=\frac{m_e\cdot\vartheta^2}{2}$. υ-elektronlarning moddadan chiqishdagi tezligi.

Tenglamani quyidagicha yozish mumkin: $h\cdot\nu=h\cdot\nu_{qizil}+\frac{m_e\cdot\vartheta^2}{2}$; $h\cdot\frac{c}{\lambda}=h\cdot\frac{c}{\lambda_{qizil}}+\frac{m_e\cdot\vartheta^2}{2}$.

Qizil chegara – fotoeffekt kuzatilishi mumkin bo‘lgan holatdagi chastota yoki to‘lqin uzunlik qiymati.

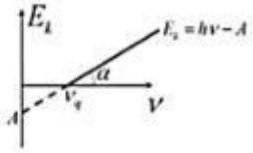
Tashqi fotoeffekt yuz berish sharti: moddaga tushayotgan yorug‘lik energiyasi elektronning chiqish ishiga nisbatan quyidagi munosabatda bo‘lishi lozim: $h\cdot\nu\geq A$.

Faraz qilaylik, otilib chiquvchi fotoelektronlar harakatiga teskari potensiallar farqi qo‘yilsin. Bunda: $E_k=U\cdot\bar{e}$, U-teskari potensial yoki to‘xtatuvchi potensial.



$h\cdot\nu=A+U\cdot\bar{e}$

$E_k=h\cdot\nu-A$ tenglama grafigi:



$tg\alpha=h$

Agar yakkalangan modda yoritilishi natijasida fotoeffekt kuzatilsa, bunda modda musbat zaryadlanadi va modda massasi kamayadi.

$A=U_0\cdot\bar{e}$ yoki $h\cdot\nu_{qizil}=U_0\cdot\bar{e}$; bunda: U_0-modda potensiali.

Fotoeffekt uchun Stoletov qonunlari

1 – qonun: moddadan vaqt birligi ichida chiqayotgan fotoelektronlar soni tushayotgan yorug‘lik intensivligiga bog‘liq, chastotasiga esa bog‘liq emas.

$N\sim I$

2 – qonun: moddadan chiqayotgan fotoelektronlar kinetik energiyasi (tezligi) tushayotgan yorug‘lik chastotasiga bog‘liq, intensivligiga esa bog‘liq emas.

$E_k\sim\nu$

3 – qonun: qizil chegara (chiqish ishi) yorug‘lik chastotasi yoki intensivligiga bog‘liq bo‘lmasdan faqat moddaning turiga bog‘liq.

Esda tuting! Yorug‘lik bosimi va fotoeffekt hodisasi korpuskulyar (zarra) nazariya asosida tushuntiriladi.

Lyumenetsensiya

Issiqlik nurlanishlaridan tashqari sovuq holatdagi nurlanish hodisasi lyumenetsensiya hodisasi deb ataladi.

Lyumenetsensiya hosil bo‘lish sabablariga ko‘ra quyidagi turlarga ajratiladi:

1. Elektrolyumenetsensiya
2. Fotolyumenetsensiya
3. Ximiolyumenetsensiya
4. Termolyumenetsensiya
5. Tribolyumenetsensiya – zarbdan nurlanish.

Fotolyumenetsensiya davom etish vaqtiga qarab 2 xil bo‘ladi:

1. Fosforessensiya – uzoq vaqtli fotolyumenetsensiya. Fosforda kuzatiladi.
2. Fluoressensiya – qisqa vaqtli fotolyumenetsensiya. Yo‘l belgilarida kuzatiladi.

Esda tuting! Vavilov va uning shogirdi Cherenkov katod lyumenetsensiyasini o'rganishgan.

VII BOB. RELYATIVISTIK MEXANIKA

Hozirgi kunda fizikada 3 xil turdagi mexanika mavjud:

1. Klassik mexanika: Nyuton mexanikasi bo'lib, yorug'lik tezligidan ancha kichik bo'lgan tezliklar va o'lchami katta bo'lgan jismlar uchun o'rinlidir. Bunda Nyuton qonunlari o'rinli bo'ladi.

2. Relyativistik mexanika: o'ta yuqori tezliklar mexanikasi bo'lib, yorug'lik tezligiga yaqin bo'lgan tezliklar uchun o'rinlidir. Bunda Albert Eynshteyn nisbiylik prinsipi o'rinli bo'ladi.

3. Kvant mexanikasi: mikrozarralar mexanikasi.

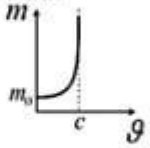
Relyativistik mexanika asosini Albert Eynshteynning asosiy ikkita prinsipi tashkil qiladi:

1. Barcha inertsial sanoq tizimlarida harakat qonunlari bir xilda kechadi.

2. Yorug'lik tezligi manbaning harakat tezligiga bog'liq emas.

Yorug'lik tezligiga yaqin tezlikda massa ortishi kuzatiladi:

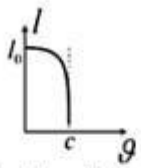
$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{\vartheta^2}{c^2}}}$; bunda: m_0-tinchlikdagi massa; m-harakatdagi massa.



Esda tuting! Fotonning tinchlikdagi massasi nolga teng.

Yorug`lik tezligiga yaqin tezlikda harakat yo'nalishida uzunlik qisqarishi kuzatiladi:

$l = l_0 \cdot \sqrt{1-\frac{\vartheta^2}{c^2}}$; bunda: l_0-tinchlikdagi uzunlik; l-harakatdagi uzunlik.



Esda tuting! Yorug'lik tezligiga yaqin tezliklarda jism ko'ndalang kesim yuzasi o'zgarmaydi: S=const.

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{\vartheta^2}{c^2}}} \Rightarrow \rho \cdot V = \frac{\rho_0 \cdot V_0}{\sqrt{1-\frac{\vartheta^2}{c^2}}} \Rightarrow \rho \cdot S \cdot l = \frac{\rho_0 \cdot S \cdot l_0}{\sqrt{1-\frac{\vartheta^2}{c^2}}}$$

$$\Rightarrow \rho \cdot l = \frac{\rho_0 \cdot l_0}{\sqrt{1-\frac{\vartheta^2}{c^2}}} \Rightarrow \rho \cdot l_0 \cdot \sqrt{1-\frac{\vartheta^2}{c^2}} = \frac{\rho_0 \cdot l_0}{\sqrt{1-\frac{\vartheta^2}{c^2}}} \Rightarrow$$

$\rho = \frac{\rho_0}{1-\frac{\vartheta^2}{c^2}}$; bunda: ρ_0-tinchlikdagi zichlik; ρ-harakatdagi zichlik.

Demak, yorug'lik tezligiga yaqin tezlikda zichlik ortadi.

Bundan tashqari yorug'lik tezligiga yaqin tezliklarda tinchlikdagi kuzatuvchiga nisbatan vaqt sekinlashishi kuzatiladi:

$t = t_0 \cdot \sqrt{1-\frac{\vartheta^2}{c^2}}$; bunda: t_0-tinchlikda o'tgan vaqt; t-harakatda o'tgan vaqt.

Tezliklarni relyativistik qo'shish qoidasi:

1. Qarama-qarshi yo'nalishda:

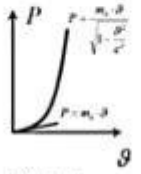
$\vartheta_1 \le c, \vartheta_2 \le c: \ \vartheta = \frac{\vartheta_1 + \vartheta_2}{1+\frac{\vartheta_1 \cdot \vartheta_2}{c^2}}$.

2. Bir yo'nalishda:

$\vartheta_1 \le c, \vartheta_2 \le c: \ \vartheta = \frac{\vartheta_1 - \vartheta_2}{1-\frac{\vartheta_1 \cdot \vartheta_2}{c^2}}$.

Relyativistik impuls va energiya:

$P = m \cdot \vartheta$-relyativistik impuls; $P = \frac{m_0 \cdot \vartheta}{\sqrt{1-\frac{\vartheta^2}{c^2}}}$.



$E_0 = m_0 \cdot c^2$-tinchlikdagi energiya. $E_T = E_0 + E_k$-to'la energiya; E_k-kinetik

energiya. $E_T = m \cdot c^2$:

$$E_T = \frac{m_0 \cdot c^2}{\sqrt{1-\frac{\vartheta^2}{c^2}}} = \frac{E_0}{\sqrt{1-\frac{\vartheta^2}{c^2}}}.$$

$$E_k = E_T - E_0 = \frac{m_0 \cdot c^2}{\sqrt{1-\frac{\vartheta^2}{c^2}}} - m_0 \cdot c^2 \Rightarrow$$

$$E_k = \left(\frac{1}{\sqrt{1-\frac{\vartheta^2}{c^2}}} - 1\right) \cdot m_0 \cdot c^2; \quad E_k = \left(\frac{1}{\sqrt{1-\frac{\vartheta^2}{c^2}}} - 1\right) \cdot E_0.$$

$$E_k = E_T - E_0 \Rightarrow \frac{E_k}{E_0} = \frac{E_T}{E_0} - \frac{E_0}{E_0} \Rightarrow \frac{E_k}{E_0} = \frac{m \cdot c^2}{m_0 \cdot c^2} - \frac{E_0}{E_0}$$

$$\Rightarrow \frac{E_k}{E_0} = \frac{m}{m_0} - 1. \quad E^2 = E_0^2 + p^2 \cdot c^2$$

Endi elektronning tinchlikdagi energiyasini hisoblab topaylik:

$m_0 = 9{,}1 \cdot 10^{-31} kg$;

$E_0 = m_0 \cdot c^2 = 9{,}1 \cdot 10^{-31} \cdot 9 \cdot 10^{16} = 81{,}9 \cdot 10^{-15} J =$

$= 51{,}1 \cdot 10^4 eV = 0{,}511 MeV$

Demak elektronning tinchlikdagi energiyasi E_0=0,511 MeV ga teng.

Esda tuting! Jism energiya yutsa, uning massasi ortadi. Energiya ajratsa, massasi kamayadi. Ya'ni jism energiyasi ortsa, massasi ortadi, energiyasi kamaysa, massasi ham kamayadi: $\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2}$; bunda: Δm-massa o'zgarishi; ΔE-energiya o'zgarishi.

Prujina cho'zilganda yoki siqilganda: $\Delta m = \frac{k \cdot x^2}{2 \cdot c^2}$.

Jism balandlikka ko'tarilganda: $\Delta m = \frac{m \cdot g \cdot h}{c^2}$.

Jism eritilganda yoki qotganda: $\Delta m = \frac{\lambda \cdot m}{c^2}$.

Jism qizdirilganda yoki sovutilganda: $\Delta m = \frac{C \cdot m \cdot \Delta t}{c^2}$.

Jism harakatlanganda: $\Delta m = \frac{m \cdot \vartheta^2}{2 \cdot c^2}$.

Esda tuting! Yorug'likning vakuumdagi tezligi tabiatdagi eng katta tezlikdir, undan katta tezlikning o'zi yo'q.

VII BOB. ATOM VA YADRO FIZIKASI

I. Atom tuzilishi.

Atom – musbat zaryadlangan yadro va uning atrofida harakatlanuvchi manfiy zaryadlangan elektronlar qobig'idan iborat elektroneytral zarracha.

Yadro – musbat zaryadlangan proton va zaryadga ega bo'lmagan neytrondan tarkib topgan.

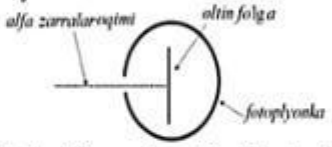
Nuklonlar – yadrodagi zarralar (proton va neytronlar).

Ma'lumki, atom chiziqli o'lchami angestrem-larda (10^{-10} m) , yadro chiziqli o'lchami esa femtametrlarda (10^{-15} m) o'lchanadi. Demak, atom diametri yadro diametridan 100000 marta katta bo'ladi. Hajmi esa 10^{15} marta kattadir.

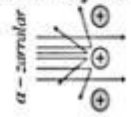
Elektron Tomson tomonidan, neytron Chedvik tomonidan kashf etilgan.

Atom tuzilishiga oid ko'plab modellar taklif qilingan. Ulardan eng mashhurlari tomchi modeli va planetar model. Tomchi modelini Tomson yaratgan bo'lib, unga ko'ra atom musbat zaryadga ega sharga o'xshash va unda elektronlar suzib yuradi. Lekin bu model atomni to'liq aks ettirolmadi.

Rezerford 1911-yilda atomning planetar modelini tajribada isbotlab berdi. U yupqa oltin folgaga α zarralar (geliy yadrolari) oqimini yo'naltirdi.



Tajribada alfa zarralar oltin folgada hamma yo'nalishlarda sochilishi ma'lum bo'ldi. Bunda geliy yadrolari oltin atomlari yadrolarining elektrostatik maydonida sochiladi:



Demak, haqiqatda ham atom markazida yadro joylashadi.

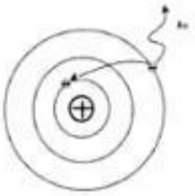
Lekin shuni aytish kerakki, planetar modelning ham o'ziga yarasha kamchiliklari bor edi. Chunki, klassik mexanika qonunlariga ko'ra elektron yadro atrofida aylanganda u energiya nurlatib oxiri yadroga qulashi kerak. Ushbu kamchiliklarni Nils Bor postulatlari to'ldiradi.

Bor postulatlari

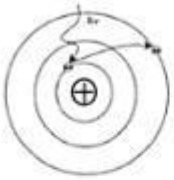
1 – postulat: Atomda har bir elektron yadro atrofida statsionar orbitalar bo'ylab harakatlanadilar va bu statsionar holatda elektronlar energiya nurlatmaydi ham, yutmaydi ham.

2 – postulat: Atomda yadro atrofida harakatlanuvchi elektronlar bir statsionar holatdan ikkinchi statsionar holatga o'tganda energiya nurlatishi yoki yutishi mumkin va bu nurlatish hamda yutilishlar alohida-alohida portsiyalar ko'rinishida amalga oshadi:

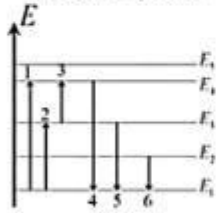
Energiya nurlanishi:



Energiya yutilishi:



Atomda nurlanish va yutilishlarning energetik spektri



1, 2, 3 – energiya yutilgan; $\nu_1 > \nu_2 > \nu_3$ yoki $\lambda_1 < \lambda_2 < \lambda_3$.

4, 5, 6 – energiya chiqarilgan (nurlatilgan); $\nu_4 > \nu_5 > \nu_6$ yoki $\lambda_4 < \lambda_5 < \lambda_6$.

Vodorod atomi uchun nurlanishlar va yutilishlar energiyasi

$E_n = -\frac{R \cdot h}{n^2}$ -vodorod atomida n-statsionar orbitada harakatlanuvchi elektron energiyasi; R-Ridberg domiysi, $R = 3{,}27 \cdot 10^{15} s^{-1}$ yoki $R = 1{,}1 \cdot 10^7 m^{-1}$.

Elektron n-statsionar holatdan m-statsionar holatga o'tganda yutilgan energiya yoki nurlatilgan energiya quyidagicha topiladi: $h \cdot \nu = E_m - E_n$ yoki $h \cdot \nu = R \cdot h \cdot \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2}\right)$.

Istalgan elementning kimyoviy belgisi quyidagicha: ${}^A_Z X$.

$A = N + Z$; A-massa soni (nuklonlar soni; N-neytronlar soni; Z-protonlar soni (yadro zaryadi).

$1 m.a.b = 1{,}67 \cdot 10^{-27} kg$ -massa atom birligi.

Mendeley davriy sistemasida elementlar yadro zaryadi ortish tartibida joylashadi.

Esda tuting! Neytral atomdagi elektronlar soni yadrodagi protonlar soniga teng.

Yadrodagi nuklonlar (proton va neytronlar) o'zaro yadro kuchlari bilan bog'langan. Bu yadro bog'lanish energiyasi Eynshteyn formulasiga ko'ra topiladi:

$E = \Delta M \cdot c^2$ -yadro bog'lanish energiyasi; ΔM - massa defekti. $\Delta M = (N \cdot m_n + Z \cdot m_p) - M_{yadro}$;

m_n va m_p -neytron va proton massasi; M_{yadro} - yadro massasi.

Solishtirma yadro bog'lanish energiyasi – yadro tarkibidagi bitta nuklonga to'g'ri keladigan yadro bog'lanish energiyasi.

$\Theta = \frac{E}{A}$ - solishtirma yadro bog'lanish energiyasi, [Э]=1 J/nuklon; A-massa soni.

Izotoplar – yadro zaryadlari (protonlar soni) bir xil, massa soni har xil bo'lgan yadrolar. Masalan: ${}^1_1 H$ -vodorod; ${}^2_1 H$ -deytriy (deyteriy,deyton); ${}^3_1 H$ -tritiy.

Izobarlar – massa soni bir xil, protonlar soni har xil bo'lgan yadrolar.

Izotonlar – neytronlar soni bir xil bo'lgan yadrolar.

Izomerlar – yarim yemirilish davrlari bir xil bo'lgan yadrolar.

Elementar zarralar sinfi

Elementar zarralar 4 ta sinfga ajratiladi:

1. Fotonlar: foton, γ-kvant.

${}^{0}_{0}\gamma$ -gamma kvant – yuqori energiyali foton.

2. Leptonlar: elektron, pozitron, neytrino, antineytrino, myuon, antimyuon.

${}^{0}_{-1}\beta$ yoki ${}^{0}_{-1}e$ - betta zarra yoki elektron.

${}^{0}_{1}\beta$ yoki ${}^{0}_{1}e$ - pozitron (musbat elektron yoki antielektron).

${}^{0}_{0}\nu$ - neytrino.

${}^{0}_{0}\tilde{\nu}$ - antineytrino.

${}^{0}_{-1}\mu$ - myuon.

${}^{0}_{1}\mu$ - antimyuon.

3. Mezonlar: π-mezon yoki pionlar (π^{+}, π^{-}, π^{0})

4. Barionlar: nuklonlar (proton va neytron)

${}^{1}_{1}p$ yoki ${}^{1}_{1}H$ - proton yoki vodorod yadrosi.

${}^{1}_{0}n$ - neytron.

Fundamental ta'sir kuchlari

Fundamental ta'sir kuchlari 4 xil ko'rinishga ega:

1. Kuchli ta'sir (yadroviy ta'sir): yadroda nuklonlar orasida yuzaga keladi. Ta'sirlashish vositasi π-mezonlar.

2. Kuchsiz ta'sir: yadroning β-yemirilishida yuzaga keladi.

3. Elektromagnit ta'sir: zaryadli zarralar orasidagi elektr va magnit ta'sirlar. Ta'sir masofasi cheklanmagan. Ta'sirlashish vositasi fotonlar. Elektromagnit ta'sir tufayli elastiklik kuchlari, ishqalanish kuchlari va molekulyar ta'sir kuchlari yuzaga keladi.

4. Gravitatsion ta'sir: massaga ega bo'lgan har qanday jismlar yoki zarralar orasidagi ta'sir. Ta'sir masofasi cheklanmagan. Ta'sirlashish vositasi gravitonlar, lekin hali bu isbotlanmagan.

II. Yadro reaksiyalari

Radioaktiv yemirilish – yadroning o'zidan α va β zarralar chiqarishi natijasida boshqa tur yadroga aylanishi.

Quyidagi radioaktiv yemirilishlarni misol qilish mumkin:

1. α-yemirilish:

${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}X + {}^{4}_{2}\alpha$

Demak, α-yemirilishda yadro zaryadi 2 birlikka (2e ga), massa soni esa 4 birlikka kamayadi;

2. β-yemirilish (elektronli) yemirilish:

${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z+1}X + {}^{0}_{-1}\beta + {}^{0}_{0}\tilde{\nu}$ yoki ${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z+1}X + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\tilde{\nu}$

Demak, betta yemirilishda yadro zaryadi 1 birlikka ortadi, massa soni esa o'zgarmaydi;

3. Pozitronli yemirilish (antielektronli) yemirilish:

${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z-1}X + {}^{0}_{1}p + {}^{0}_{0}\nu$ yoki ${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z-1}X + {}^{0}_{1}e + {}^{0}_{0}\nu$.

Demak, betta yemirilishda yadro zaryadi 1 birlikka kamayadi, massa soni esa o'zgarmaydi;

4. Gamma yemirilish.

${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z}X + {}^{0}_{0}\gamma$

Gamma yemirilishda yadroning zaryadi va massa soni o'zgarmaydi. Gamma nurlanish yadroda nuklonlarning uyg'otilgan holatdan asosiy holatga o'tganda yuzaga keladi;

5. Aralash yemirilish.

${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A_1}_{Z_1}X + x\cdot{}^{4}_{2}\alpha + y\cdot{}^{0}_{-1}\beta$; aralash yemirilishda quyidagi tenglamalar sistemasini yechish talab qilinadi:

$$\begin{cases} A = A_1 + 4\cdot x + y\cdot 0 \\ Z = Z_1 + 2\cdot x + y\cdot(-1) \end{cases}$$

6. Termoyadro sintez reaksiyasi – yengil yadrolarning katta temperaturada o'zaro reaksiyasi natijasida og'ir yadroga aylanishi.

Masalan, deytriy va tritiy reaksiyasi:

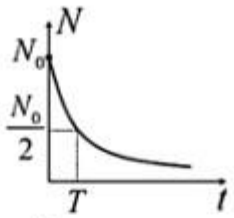
${}^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}\alpha + {}^{1}_{0}n$ yoki ${}^{2}_{1}D + {}^{3}_{1}T \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n$

Spontan nurlanish yoki yemirilish – tashqi ta'sirsiz o'z-o'zidan nurlanish chiqishi yoki yemirilish.

III. Radioaktiv yemirilish qonunlari

Radioaktiv yemirilish natijasida yemirilmagan yadrolar soni eksponensial qonun bo'yicha kamayadi:

$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$ -radioaktiv yemirilish qonuni; N_0 - yemirilishdan oldingi yadrolar soni; N - yemirilishdan keyingi yemirilmay qolgan yadrolar soni; λ -radioaktiv yemirilish doimiysi, [λ]=1 s^{-1}; t-vaqt.



$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{N_0}{2} = N_0 \cdot e^{-\lambda T} \Rightarrow \lambda \cdot T = \ln 2$;

$\lambda = \frac{\ln 2}{T} = \frac{0{,}693}{T}$.

$N = N_0 \cdot e^{-\frac{\ln 2}{T} t} \Rightarrow N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$ -radioaktiv yemirilish qonuni.

T -yarim yemirilish davri.

Yarim yemirilish davri – radioaktiv yadrolarning yarmi yemirilishi uchun ketgan vaqt.

$\Delta N = N_0 - N$ -yemirilgan yadrolar soni.

Agar $t << T$ bo'lsa, yemirilgan yadrolar soni quyidagicha topiladi: $\Delta N = \lambda \cdot N_0 \cdot t$.

Aktivlik – vaqt birligi ichida yemirilgan atomlar soni.

Radioaktiv moddaning aktivligi quyidagiga teng: $A = \lambda \cdot N = \frac{\ln 2}{T} \cdot N = \frac{0{,}693}{T} \cdot N$;

[A]=1 atom/s.

$A = A_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$ -yemirilishdan keyingi aktivlik;

A_0 -yemirilishdan oldingi aktivlik.

Agarda $t << T$ bo'lsa, yemirilgan yadrolar soni quyidagicha topiladi: $\Delta N = A_0 \cdot t$; bunda $A_0 = \lambda_0 \cdot N_0$

$m = m_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$; m_0 -yemirilishdan oldingi radioaktiv modda massasi; m -yemirilgandan keyingi yemirilmay qolgan radioaktiv modda massasi.

$\tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{T}{0{,}693} = 1{,}44 \cdot T$ -o'rtacha yashash vaqti.

Esda tuting! Har qanday radioaktiv modda ketma-ket yemirilishlar oxirida qo'rg'oshinga aylanadi.

Radioaktiv nurlanishlar

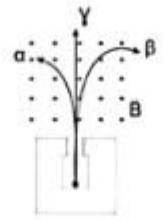
Radioaktiv nurlanishlar 3 xil bo'ladi:

1. α nurlanish – ${}^{4}_{2}\alpha$ zarralar yoki ${}^{4}_{2}He$ yadrolari oqimi;

2. β nurlanish – ${}^{0}_{-1}\beta$ zarralar oqimi yoki elektronlar oqimi;

3. γ nurlanish – yuqori energiyali elektromagnit to'lqin yoki yuqori energiyali fotonlar oqimi.

Radioaktiv nurlar magnit maydonga kirganda α va β nurlar og'adi, γ nurlar esa og'masdan o'tadi:



α zarralar muhitda o'tuvchanligi o'ta past;

γ nurlar muhitda o'tuvchanligi o'ta yuqori.

α nur kiyimdan o'tmaydi, β nur teridan o'tmaydi, γ nur hamma narsadan o'tadi.

Elementar zarralarning o'zaro aylanishlari

Neytronning yemirilishi:

Neytron bitta elektron chiqarishi orqali protonga aylanadi:

${}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\tilde{\nu}$ yoki ${}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}\beta + {}^{0}_{0}\tilde{\nu}$.

Protonning yemirilishi:

Proton bitta pozitron chiqarishi orqali neytronga aylanadi:

${}^{1}_{1}p \rightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{0}_{1}e + {}^{0}_{0}\nu$ yoki ${}^{1}_{1}p \rightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{0}_{1}\beta + {}^{0}_{0}\nu$.

Annigilyatsiya hodisasi

Annigilyatsiya – modda va antimodda yoki zarra va antizarra o'zaro reaksiyaga kirishib nurlanib ketishi. Masalan, elektron va pozitron annigilyatsiyasi: $\bar{e} + e^{+} \rightarrow 2\gamma$. Demak elektron va pozitron o'zaro birlashib 2 ta γ-kvantga aylanar ekan.

Agarda **m** massadan modda va antimoddalar o'zaro annigilyatsiyaga uchrasa, ajralib chiquvchi energiya quyidagicha topiladi: $E = 2 \cdot m \cdot c^2$.

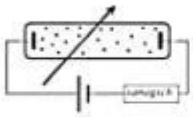
γ-nur modda bilan ta'sirlashganda elektron-pozitron juftini hosil qiladi:

$\gamma \rightarrow \bar{e} + e^{+}$

Elementar zarralarni qayd qilish usullari

Elementar zarralarni qayd qilish usullari

1. Geyger – Myuller sanagichi: gazorazryad asosida ishlovchi va zaryadli mikrozarralarni qayd qiluvchi (sanovchi) asbob.



Geyger sanagichida gaz bilan to'ldirilgan ballon mavjud. Agarda ballon orqali zaryadli mikrozarra o'tsa, zarra gaz molekulalari bilan to'qnashib gazni ionlashtiradi. Natijada zanjirda qisqa muddatli tok impulsi paydo bo'ladi. Tok impulslariga qarab mikrozarralar soni sanaladi.

2. Sintillyatsion metod: mikrozarralarni sanash. Datchik sifatida yarimo'tkazgichli material ishlatiladi.

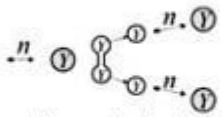
3. Vilson kamerasi: yuqori bosim ostida to'yingan bug' bilan to'ldirilgan kamera orqali mikrozarralar izini (trekini) o'rganuvchi qurilma. Bunda mikrozarra to'yingan bug' orqali o'tganda kondensatsiya tufayli suyuqlik tomchilaridan iborat trek hosil bo'ladi.

4. Pufakli kamera: qaynash darajasida turgan suyuqlik yordamida mikrozarra trekini o'rganuvchi qurilma. Mikrozarra kameradagi suyuqlikdan o'tganda havo pufakchalaridan iborat trek hosil bo'ladi.

Yadro zanjir reaksiya. Yadro reaktori

Yadro reaktori – yadro zanjir reaksiyasini boshqaruvchi qurilma.

Yadro zanjir reaksiyasi quyidagicha amalga oshadi:



Yadro reaktorida yoqilg'i sifatida U (Uran) va Pu (plutoniy) izotoplari ishlatiladi. Neytronlarni sekinlatishda og'ir suv va grafit ishlatiladi. Bor va Kadmiy sterjenlari reaksiya tezligini ya'ni neytronlar sonini boshqaradi. Issiqlik tashishda oddiy suv yoki suyuq natriy ishlatiladi.

Neytronlar ko'payish koeffitsiyenti – hosil bo'luvchi yangi avlod neytronlar sonini mazkur avlodni hosil qiluvchi neytronlar soniga nisbati.

Agarda yadro reaktorida neytronlar ko'payish koeffitsiyenti $k<1$ bo'lsa, reaksiya to'xtaydi. $k=1$ bo'lsa, reaksiya normal kechadi. $k>1$ bo'lsa, reaktorda halokat yuzaga keladi. Atom bo'mba portlaganda $k>1$ bo'ladi.