

## **Elektromagnetizm. Magnit maydoni va uning harakteristikasi.**

### **Reja:**

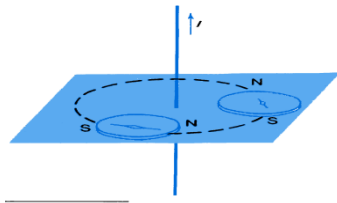
- 1. Magnit maydoni va uning harakteristikasi.**
- 2. Magnit maydon induksiyasi.**
- 3. Magnit maydon kuchlanganligi.**
- 4. Magnit maydonni grafik ravishda tasvirlash.**
- 5. Bio-Savar-Laplas qonuni.**

### **Tayanch iboralar.**

- |                               |                                    |
|-------------------------------|------------------------------------|
| <b>1. Magnit maydon.</b>      | <b>4. Magnit singdiruvchanlik.</b> |
| <b>2. Magnit momenti.</b>     | <b>5. Solenoid.</b>                |
| <b>3. Magnit induksiyasi.</b> | <b>6. Bio-Savar-Laplas qonuni.</b> |

Oddiy magnit hodisalar eramizdan ilgari ham mavjud bo'lgan. Lekin elektr toki va magnit hodisalar orasidagi bog'lanish borligi dastlab XVIII asrda fransuz fizigi Arago tomonidan o'rganilib, u elektr tokini magnit ta'siri mavjudligini aytgan.

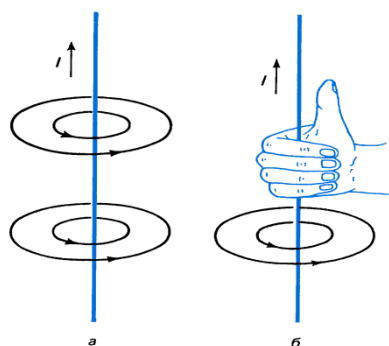
Elektr tokining magnit ta'siri 1820 yilda daniyalik fizik Ersted tomonidan tajribada aniqlandi. Ersted tajribasi elektr toki o'tib turgan o'tkazgich atrofida magnit maydoni hosil bo'ladi degan xulosaga olib keldi.



***1-rasm. Magnit strelkasi tokli o'tkazgich yaqinida og'adi, bu magnit maydoni mavjudligini ko'rsatadi va magnit kuch chiziqlari yo'nalishini aniqlash mumkin bo'ladi.***

Ersted tajribasida tokli o'tkazgich atrofida joylashtirilgan magnit strelkasidan foydalanildi. Ersted tajribasi fizika fanining magnetizm sohasidagi muhim kashfiyotlarning ochilishiga turtki bo'ldi. Natijada Amper, Faradey, Bio-Savar-Laplas kabi olimlar elektromagnetizm hodisalarini o'rganib, muhim kashfiyotlar qildilar. Fransuz fizigi Amper 1820 yilda parallel joylashtirilgan tokli

o'tkazgichlarni o'zaro ta'sirini o'rgandi. Tokli o'tkazgichlarning o'zaro ta'siriga sabab – toklar atrofidagi fazoda magnit maydonining paydo bo'lishidir.



*2-rasm. a-tokli o'tkazgich atrofidagi magnit maydoni kuch chiziqlari; b –kuch chiziqlari yo'nalishini aniqlashda o'ng qo'l qoidasi: agar o'ng qo'l bilan tokli o'tkazgich ushlansa, bosh barmoq o'tkazgichdagi tok yo'nalishini ko'rsatsa, qolgan to'rtta barmoqlar magnit maydon kuch chiziqlari yo'nalishini ko'rsatadi.*

Magnit maydonini o'rganishda “sinov zaryad” vazifasini maydonning tekshirilayotgan nuqtasiga kiritilgan tokli berk kontur bajaradi.

Konturning miqdoriy harakteristikasi sifatida konturdan o'tuvchi tok kuchi  $I$  ni konturning yuzi  $S$  ga bo'lgan ko'paytmasidan foydalaniladi. Bu ko'paytma konturning magnit momenti deb atalib,  $P_m$  bilan belgilanadi.

$$P_m = I \cdot S \quad (1)$$

ko'rinishda yoziladi.

Konturning magnit momenti  $P_m$  - vektor kattalik bo'lib, uning yo'nalishi kontur sirtiga o'tkazilgan musbat normal  $\vec{n}$  ning yo'nalishiga mos tushadi.

$$\vec{P}_m = I \cdot S \cdot \vec{n} \quad (2)$$

Magnit maydoni tokli «sinov konturi»ga ma'lum yo'nalishda joylashadigan tarzda ta'sir etib aylantiruvchi kuch momenti  $M_{\max}$  – hosil qiladi. Har bir «sinov konuri»ga ta'sir qiluvchi aylantiruvchi kuch momenti ( $M_{\max}$ ) ning kontur magnit moment ( $R_m$ )ga nisbatan magnit maydonning tekshirilayotgan nuqtasi uchun o'zgarmas kattalikdir.

$$\frac{M_{\max}}{P_m} = \text{const} \quad (3)$$

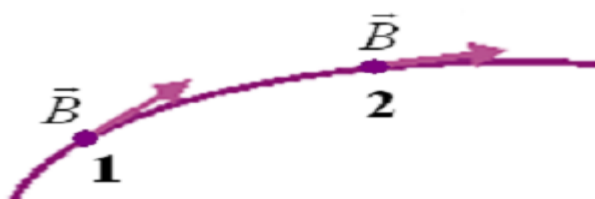
Bu kattalik magnit maydonning miqdoriy harakteristikasi bo'lib, uni magnit maydonning induksiya vektori deb atalib, u  $B$ -harfi bilan belgilanadi.

$$B = \frac{M_{\max}}{P_m} \quad (4)$$

$$M_{\max} = P_m \cdot B \quad (5)$$

Magnit maydonning biror nuqtasidagi induksiya vektori, maydonning shu nuqtasiga kiritilgan «sinov konturi»ga ta'sir qiluvchi maksimal aylantiruvchi kuch momentiga miqdor jihatdan teng bo'lgan fizik kattalikdir. SI-sistemasida magnit induksiyasining o'lchov birligi qilib, 1 Tesla (1Tl) qabul qilingan.

$$[B] = \left[ \frac{M_{\max}}{P_m} \right] = \left[ \frac{H \cdot M}{A \cdot M^2} \right] = \left[ 1 \cdot \frac{H}{M \cdot A} \right] = [1 \text{ Тесла (1Тл)}]$$



*3 – rasm. Magnit induksiya vektori*

Magnit maydonini o'rganishda magnit maydonining kuchlanganligi tushunchasidan ham foydalaniladi. Magnit maydon kuchlanganligi H-harfi bilan belgilanib, u

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

ko'rinishda yoziladi.

Bunda  $\mu$  – muhitning magnit singdiruvchanligi.

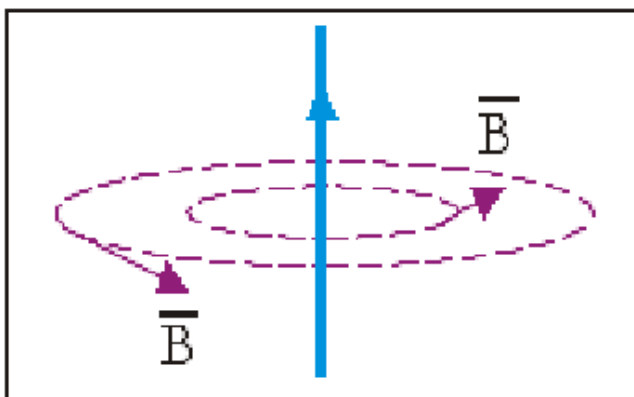
$\mu_0$  – magnit doimiysi bo'lib, uning sistemadagi qiymati

$$\mu_0 = 12,56 \cdot 10^{-7} \frac{\Gamma_H}{M} \approx 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\Gamma_H}{M}$$

ga teng.

Magnit maydonini grafik usulda tasvirlash uchun magnit induksiya chiziqlaridan foydalaniladi. Magnit induksiya chiziqlari deb, shunday chiziqlarga aytiladiki, uning har bir nuqtasida magnit induksiya vektori urinma ravishda yo'nalgandir. Magnit maydonining grafik tasviridagi magnit induksiya chiziqlarining zichligiga qarab, maydonning induksiyasi haqida fikr yuritiladi.

Magnit induksiya chiziqlari berk konsentrik chiziqlardan iborat bo‘lib, uning boshlanishi va tugallanishi mavjud emas.



*4 – rasm. Magnit induksiya chiziqlari*

Magnit maydon induksiya chiziqlarining yo‘nalishini ingliz olimi Maksvell tavsiya etgan parma qoidasi yordamida aniqlash mumkin.

Parmaning ilgarilanma harakati o‘tkazgichdagi tokning yo‘nalishi bilan mos tushsa, parma dastasining aylanishi tokli o‘tkazgich atrofidagi magnit maydon induksiya chiziqlarining yo‘nalishini ko‘rsatadi.

Bir necha o‘ram izolyasiyalangan simdan iborat g‘altak – solenoid deb ataladi. Solenoidning ichki qismida magnit induksiya chiziqlari solenoid o‘qiga parallel bo‘lgan to‘g‘ri chiziqlar sistemasini tashkil etadi.

Bu to‘g‘ri chiziqlar solenoid uchlariga yaqinlashgan sari egri chiziqlarga aylanib, solenoidning tashqarisida tutashadi. Solenoidning ichki qismidagi maydon bir jinsli maydondir.

Magnit maydonning asosiy xossalaridan biri induksiya chiziqlarining yopiq bo‘lishi magnit maydonning uyurmali maydondan iboratligini va uning “magnit zaryadi” mavjud emasligini ifodalaydi.

1820 yilda fransuz olimlari J.Bio va F.Savarlar o‘zgarmas to‘g‘ri tok atrofidagi magnit maydonlarni tekshirish natijasida tokli o‘tkazgichdan r-masofa uzoqlikdagi nuqtaning magnit induksiyasi o‘tkazgichdagi tok kuchi I-ga to‘g‘ri proporsional, r-masofaga esa teskari proporsional ekanligini aniqladilar.

$$B \sim \frac{I}{R}$$

Bio va Savar bu tajriba natijalari asosida tokli o'tkazgich magnit maydonini hisoblashga imkon beradigan formulani chiqara olishmadi. Keyinchalik Bio va Savarning natijalariga asoslangan holda fransuz fizigi P.Laplas ixtiyoriy shakldagi tokli o'tkazgich atrofidagi magnit maydonining induksiyasi  $B$  ni aniqlash imkonini beradigan formulani keltirib chiqardi. Bunda Laplas maydonning superpozitsiyasi (qo'shish) prinsipidan foydalandi.

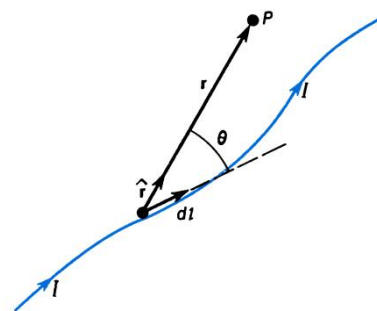
$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \dots \vec{B}_n = \sum_{i=1}^n \vec{B}_i \quad (6)$$

Har bir elementar tok vujudga keltiradigan maydonning induksiyasi:

$$d\vec{B} = k \cdot \frac{I[d\vec{\ell} \cdot \vec{r}]}{r^3} \quad (7)$$

ifoda orqali aniqlanadi.

Bunda:  $k$ -muhitga bog'liq bo'lgan proporsionallik koeffitsienti.  $I$ -tok kuchi,  $d\ell$ -elementar o'tkazgich uzunligi.  $r$ -elementar tokdan magnit induksiyasi aniqlanadigan nuqtagacha bo'lgan masofa.



SI-sistemasida  $K = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi}$  ga teng *5-rasm. Bio-Savar qonunini:*

bo'lganligidan (9) ifoda

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \cdot \frac{I[d\vec{\ell} \cdot \vec{r}]}{r^3} \quad (8)$$

ko'rinishda yoziladi.

Magnit maydon kuchlanganligi

$$dH = d\vec{B} \cdot \frac{1}{4\pi} \cdot \frac{I[d\vec{\ell} \cdot \vec{r}]}{r^3} \quad (9)$$

ko'rinishda yoziladi.

(8) va (9) ifodalar Bio-Savar-Laplas qonunining ifodasi bo'lib, uni ta'riflash uchun skolyar ko'rinishda quyidagicha yoziladi:

$$dB = \frac{\mu_o \mu}{4\pi} \cdot \frac{Id\ell}{r^2} \sin \alpha \quad (10)$$

Magnit maydonini xarakterlovchi asosiy kattalik – magnit induksiyasidan tashqari, ikkinchi kattalik – magnit maydon kuchlanganligi tushunchasi kiritiladi. Ular bir-biri bilan quyidagicha bog‘langandir:

$$dH = \frac{B}{4\pi} \cdot \frac{Id\ell}{r^2} \sin \alpha \quad (11)$$

XB tizimida magnit maydon kuchlanganligining o‘lchov birligi

$$1 \frac{N}{Am} : \frac{N}{A^2} = 1 \frac{A}{m}$$

Bio-Savar-Laplas qonuni shularga asosan quyidagicha ta’riflanadi: Elementar toklar hosil qilgan magnit maydonining biror nuqtasidagi kuchlanganligi yoki induksiyasi elementar tokka, o‘tkazgich bilan radius-vektor orasida burchakning sinusiga to‘g‘ri va o‘tkazgichdan maydon nuqtasigacha bo‘lgan masofaning kvadratiga teskari proporsionaldir.

### NAZORAT SAVOLLARI.

1. Magnit maydoni nima?
2. Magnit induksiyasini tushuntiring?
3. Magnit maydon kuchlanganligini izohlang?
4. Magnit kuch chiziqlarini tushuntiring?
5. Bio-Savar-Laplas qonuni formulasini yozing va uni izohlang?

## 2- MA'RUZA

### MAVZU: Magnit maydonning ta'sirlari.

#### Reja:

1. Magnit maydonning tokli o'tkazgichga ta'siri.
2. Amper qonuni. Chap qo'l qoidasi.
3. Parallel toklarning o'zaro ta'siri.
4. Lorens kuchi.
5. Xoll effekti.

#### Tayanch iboralar.

- |                  |                       |
|------------------|-----------------------|
| 1. Amper kuchi.  | 4. Xoll effekti.      |
| 2. Amper qonuni. | 5. Chap qo'l qoidasi. |
| 3. Lorens kuchi. |                       |

Magnit maydonini joylashtirilgan tokli o'tkazgichga magnit maydoni biror kuch bilan ta'sir etadi. Bu kuch shu magnit maydonning magnit induksiyasi  $B$  ga, o'tkazgichga geometrik o'lchamlariga va undan o'tayotgan tok kuchi  $I$ -ga bog'liqdir. Magnit maydoniga joylashtirilgan tokli o'tkazgichga ta'sir etuvchi kuchni Amper kuchi deb ataladi. Magnit maydonining tokli o'tkazgichga ta'sir etuvchi kuchi  $F_A$ -Amper kuchini aniqlaydigan qonunni 1820 yilda fransuz fizigi Amper aniqlagan bo'lib, u quyidagicha ta'riflanadi: Bir jinsli magnit maydonidagi tokli o'tkazgichga ta'sir qiluvchi  $\vec{F}_A$  -kuch o'tkazgichdan o'tayotgan tok kuchi  $I$ -ga, o'tkazgichning uzunligi  $\ell$ -ga, magnit maydonning induksiya vektori  $\vec{B}$  -ga va  $\vec{B}$  vektor bilan o'tkazgich orasidagi burchak sinusiga to'g'ri proporsionaldir.

$$F_A = I \cdot \ell \cdot B \cdot \sin \alpha \quad (1)$$

Bu formula Amper qonunining matematik ifodasidir. Bunda  $F_A$ -Amper kuchi,  $\ell$ -uzunlikdagi o'tkazgichni har bir  $d\ell$ -elementar qismiga ta'sir etuvchi  $d\vec{F}_A$ -Amper kuchi vektor

$$d\vec{F}_A = I \cdot [d\vec{\ell} \cdot \vec{B}] \quad (2)$$

ko‘rinishda yoziladi.

Magnit maydoniga joylashtirilgan berk tokli ramkaga, magnit maydoni tomonidan juft kuchlar ta’sir etib, magnit momentini hosil qiladi. Juft kuchlarning momenti:

$$\vec{M} = [\vec{P}_m \cdot \vec{B}] \quad (3)$$

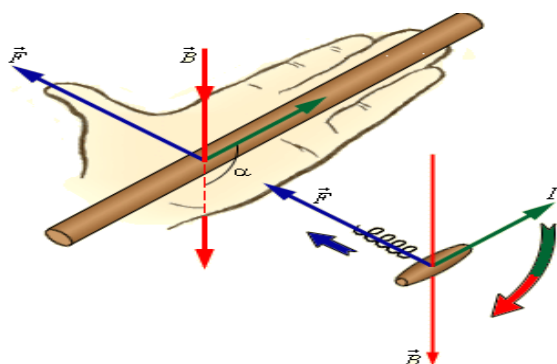
ko‘rinishda yoziladi.

$$M = P_m \cdot B \cdot \sin \alpha \quad (4)$$

shaklda ham yozish mumkin.

Bunda  $P_m$ -magnit momenti.

M-kuch momenti bo‘lib,  $P_m$  va  $B$  vektorlari parallel bo‘lganda aylantiruvchi momentning qiymati nolga teng ( $M=0$ ) bo‘ladi. Agar  $P_m$  va  $B$  o‘zaro perpendikulyar bo‘lsa, aylantiruvchi moment maksimal ( $M=\max$ ) qiymatga erishadi. Amper kuchining yo‘nalishi chap qo‘l qoidasi yordamida aniqlanadi u quyidagicha ta’riflanadi: Chap qo‘limizni magnit maydoniga shunday



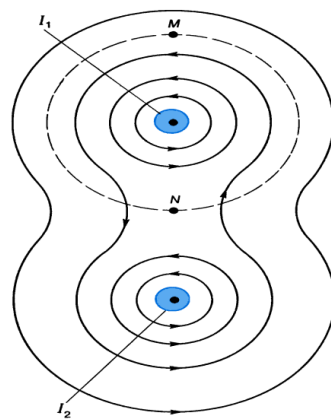
joylashtiraylikki, chap qo‘limizni ochganda  $B$ -induksiya vektori kaftimizga tik tushsin, bunda ochilgan to‘rta barmog‘imiz tok yo‘nalishini, ochilgan bosh barmog‘imiz esa Amper kuchini yo‘nalishini ko‘rsatadi.

2-Rasm.

*Parallel aylanma o‘tkazgichlarning magnit maydoni ta’siri, bu yerda toklar o‘qituvchidan yo‘nalgan.*

Hozirgi zamon elektrodvigatellarining ishlashi Amper kuchiga asoslangan.

Ikkita parallel tokli o‘tkazgichlar har biri o‘z atrofida fazoda magnit maydon vujudga keltirishi tufayli bir-biri bilan ta’sirlashadi.  $I_1$  tok tufayli vujudga kelgan maydonning tokdan  $r_0$  masofa uzoqlikda joylashgan nuqtalardagi magnit induksiya:





$$B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r_0} \quad (5)$$

ga teng bo'ladi.

Xuddi shuningdek  $I_2$  tokni induksiyasi:

$$B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi r_0} \quad (6)$$

ga teng bo'ladi.

$\ell$  uzunlikdagi o'tkazgichlarning har biriga ta'sir etuvchi Amper kuchi:

$$\left. \begin{aligned} F_{2,1} &= B_1 I_2 \cdot \ell \sin \alpha = \frac{\mu_0 \cdot I_1 \cdot I_2}{2\pi r_0} \ell \\ F_{1,2} &= B_2 I_1 \cdot \ell \sin \alpha = \frac{\mu_0 \cdot I_2 \cdot I_1}{2\pi r_0} \ell \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

ga teng bo'ladi.

$F_{2,1} = F_{1,2} = F$  bo'lganida (7) ifodadan

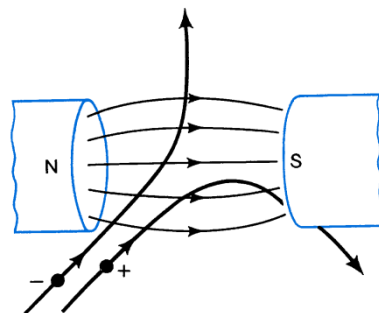
$$F = \frac{\mu_0 \cdot I_1 \cdot I_2}{2\pi r_0} \cdot \ell \quad (8)$$

kelib chiqadi. Bu ifoda parallel joylashtirilgan toklarning o'zaro ta'sir kuchini ifodalaydi.

Magnit maydonining harakatlanuvchi zaryadga ta'sir kuchi – Lorens kuchi deyiladi.

Amper qonunidan foydalanib, Lorens kuchi qiymatini topish mumkin. buning uchun tok kuchini:

$$I = \frac{dq}{dt} = \frac{q \cdot dN}{dt} \quad (9)$$



*3-rasm. Magnit maydonda joylashgan zarrachaning harakati*

ifodasini  $d\vec{F}_A = I[d\vec{\ell} \cdot \vec{B}]$  Amper kuchi ifodasiga qo'ysak:

$$d\vec{F}_x = \frac{q \cdot dN}{dt} \cdot [d\vec{\ell} \cdot \vec{B}] = qdN \left[ \frac{d\vec{\ell}}{dt} \cdot \vec{B} \right] \quad (10)$$

hosil bo'ladi.

Bunda:  $dF_A$  – Lorens kuchi bo'lib,  $\frac{d\vec{\ell}}{dt} \cdot \vec{v}$  bo'lganidan (10) ifodani:

$$dF_{\text{Л}} = q \cdot dN \cdot [\vec{v} \cdot \vec{B}] \quad (11)$$

ko'rinishda yoziladi.

Bundan bitta zarrachaga ta'sir etuvchi Lorens kuchining qiymatining ifodasi:

$$\vec{F}_{\text{Л}} = \frac{dF_{\text{Л}}}{dN} = q[\vec{v} \cdot \vec{B}] \quad (12)$$

kelib chiqadi. Lorens kuchining skalyar qiymati:

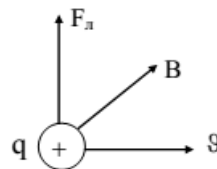
$$F_{\text{Л}} = q \cdot v \cdot B \cdot \sin \alpha \quad (13)$$

ko'rinishda yoziladi.

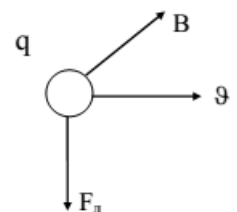
Bunda  $\alpha$  – magnit induksiyasi  $\vec{B}$  va tezlik vektori  $\vec{v}$  orasidagi burchak.

Musbat ( $q > 0$ ) va manfiy ( $q < 0$ ) zaryadga ta'sir etuvchi Lorens kuchining yo'nalishi ko'rinishda tasvirlanadi.

Lorens kuchi zarrachaning harakat yo'nalishiga  $\perp$  bo'lganligidan, bu kuch ta'sirida zarracha tezligining absolyut qiymati o'zgarmaydi, vaqt uning yo'nalishi o'zgaradi xolos. Shu sababli Lorens kuchi hech ish bajarmaydi.



a)  $q < 0$

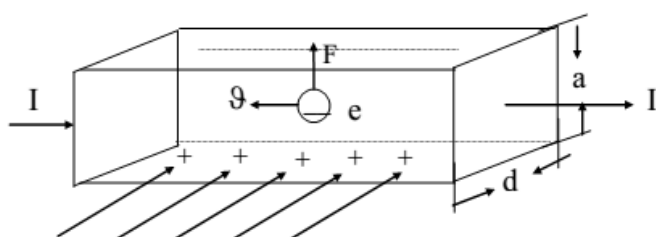


b)  $q > 0$

Shuning natijasida harakatlanayotgan zarrachaning kinetik energiyasini magnit maydoni tufayli o'zgartirib bo'lmaydi. Harakatlanayotgan zarralarga magnit maydon ko'rsatayotgan ta'siridan zarrachalarning siklik tezlatgichlari (siklotron, sinxrotron, sinxrofazotron) da va magnitogidodinamik generatorlarda foydalaniladi.

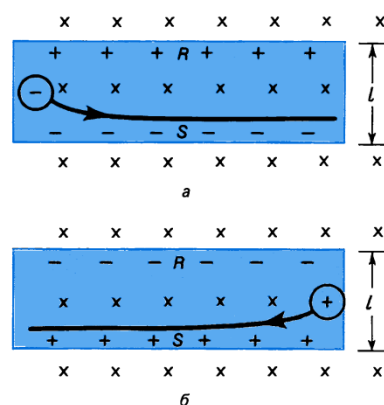
Tezlatgichlar – elektr va magnit maydonlari ta'sirida zaryadlarga zarrachalarga tezlik beraoladigan va ularni boshqaraoladigan qurilmalardir.

1880 yilda amerikalik olim E.Xoll Xoll effekti deb ataluvchi xodisani quyidagi tajriba asosida aniqladi. U oltindan yasalgan parallelepiped shaklidagi o'tkazgichdan J tok o'tkazib, o'tkazgichni ko'ndalang kesimida yotgan A va S nuqtalardagi potentsiallar farqi  $\Delta\varphi$  ni o'lchadi, bunda  $\Delta\varphi = \varphi_A - \varphi_B = 0$  bo'lgan. Agar plastinkani yon tomonidan yo'nalgan kuchli magnit maydoni ta'sir ettirilsa, A va S nuqtalardagi potentsiallar farqi har xil bo'lgan.



Bu hodisaga Xoll effekti deyilgan.

Tajribadan ma'lum bo'ldiki, A va S nuqtalardagi potentsiallar farqi  $\Delta\varphi$ , o'tkazgichdan o'tayotgan tok kuchi  $I$  ga, magnit maydonining induksiyasi  $B$  ga to'g'ri va plastinkaning qalinligi  $b$  ga teskari proporsionaldir.



4-rasm. Xoll effekti.

$$\Delta\varphi = \varphi_A - \varphi_C = R \cdot \frac{I \cdot B}{b} \quad (14)$$

Bunda  $R$ -turli metallar uchun turlicha bo'lgan proporsionallik koeffitsienti bo'lib, unga Xoll doimiysi deyiladi. Xoll effekti barcha metallarda va yarim o'tkazgichlarda kuzatiladi.

### **NAZORAT SAVOLLARI:**

1. Amper nima?
2. Amper qonunini tushuntiring?
3. Chap qo'l qoidasini tushuntiring?
4. Lorens kuchi qanday kuch?
5. Xoll effektini izohlang?
6. Tezlatgich nima?

### 3- MA'RUZA

#### MAVZU: Moddalarning magnit xossalari

##### Reja:

1. Moddaning magnitlanishi.
2. Diamagnetizm va paramagnetizm.
3. Ferromagnetiklar.
4. Ferromagnetizmning tabiati.

##### Tayanch iboralar.

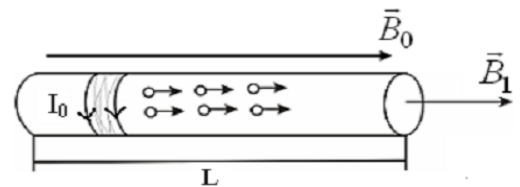
- |                          |                               |
|--------------------------|-------------------------------|
| 1. Magnit moment.        | 5. Magnit qabul qiluvchanlik. |
| 2. Bor magnetoni.        | 6. Diamagnit.                 |
| 3. Spin magnit momenti.  | 7. Paramagnit.                |
| 4. Magnitlanish vektori. | 8. Ferromagnit.               |

Magnit maydoniga biror modda (temir o'zak) olib kirsak, bu modda magnitlanib xususiy magnit maydon –  $B'$  ni vujudga keltiradi. Shu sababli tekshirilayotgan moddadagi natijaviy magnit induksiyasi –  $B$  tashqi maydon induksiyasi –  $B_0$  va moddaning xususiy maydon induksiyasi -  $B'$  ning yig'indisidan iborat bo'ladi.

$$B = B_0 + B' \quad (1)$$

Ko'pincha  $B'$  – ni ichki maydon induksiyasi deb ham ataladi.

*1 - rasm. Atomlar orbital magnit momentlari ichki maydoni induksiya vektorining yo'nalishi*



Hozirda hamma moddiy jismlar tashqi magnit maydon ta'sirida ozroq yoki ko'proq magnitlanishi isbotlarga ega. Shu sababli moddalarning magnit xususiyatlarini o'rganishda barcha moddalar uchun "magnetik" degan termin ishlatiladi. Magnetiklarning xossalari ularning atomlari tarkibida mavjud bo'lgan

elementar zarrachalar-elektronlar, protonlar, neytronlar bilan aniqlanadi. Har qanday atom musbat zaryadlangan yadro va uning atrofida berk orbita bo'ylab, bu

elektronning burchak tezligi!

$$W = \frac{v}{r} \quad (2) \text{ ga}$$

teng.

Bunda  $r$  – orbita radiusi.

$v$  – elektron tezligi.

Bu elektron 1 sek davomida yadro atrofida  $\frac{W}{2\pi}$  marta aylanayotgan bo'lsa, elektronning bu harakatidan hosil bo'lgan tok kuchi:

$$I = e \frac{W}{2\pi} \quad (3)$$

ga teng bo'ladi.

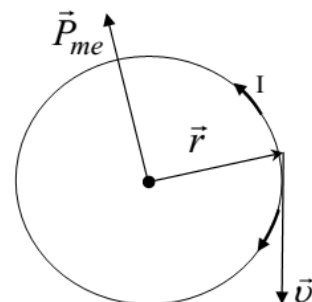
Bunda:  $e$  – elektron zaryadi.

$I$  – tok kuchi.

Bunday mikro aylanma tokning magnit momenti:

$$P_{op\delta} = I \cdot S = e \frac{W}{2\pi} \cdot \pi r^2 = \frac{eWr^2}{2} \quad (4) \text{ ga}$$

tengdir.



*2 - rasm. Elektronning orbital tok magnit moment*

Bu magnit moment elektronning orbita bo'ylab harakati tufayli vujudga kelayotgan uchun uni orbital magnit momenti deb ataladi va uni  $P_{orb}$  harfi bilan belgilanadi.

$r$ – radiusli orbita bo'ylab  $v$  – tezlik bilan harakat qilayotgan elektron:

$$L_{op\delta} = m v \cdot r = m \omega r^2 \quad (5)$$

ga teng bo'lgan orbital mexanik momentga ham ega bo'ladi.

Bunda  $m$  – elektron massasi.

$P_{orb}$  va  $L_{orb}$  larning yo‘nalishlari qarama-qarshi bo‘lib, ularning nisbat orbital giromagnit nisbat deb atalib, uni  $G_{orb}$  harfi bilan belgilanadi.

$$\Gamma_{op\delta} = \frac{P_{op\delta}}{L_{op\delta}} = \frac{e}{2m} \quad (6)$$

ga teng.

Elektron xususiy mexanik moment-spin ( $L_{cp}$ ) ga hamda unga mos ravishda xususiy magnit momenti ( $P_{sp}$ ) ga ham ega. Elektron spinining absolyut qiymati:

$$L_{cn} = \frac{\sqrt{3}}{2} h \quad (7)$$

ga teng bo‘lib, bunda h-plank doimiysi bo‘lib,  $h \approx 1,05 \cdot 10^{34} \text{ } \mathcal{H} \cdot c$  ga teng.

Elektronning xususiy magnit momenti (magnit moment spini)ning absolyut qiymati:

$$P_{cn} = \sqrt{3} \cdot \mu_B \quad (8)$$

teng bo‘ladi. Bundagi  $\mu_B$  –Bor magnetoni deb atalib u  $\mu_B = \frac{eh}{2m} = 0,927 \cdot 10^{-23} \frac{\mathcal{H}}{T_n}$  ga tengdir.

Elektronning spin giromagnit nisbati, orbital giromagnit nisbatidan ikki marta kattadir:

$$\Gamma_{cn} = \frac{P_{cn}}{L_{cn}} = \frac{e}{m} \quad (9)$$

Atomning magnit momenti atom tarkibidagi elektronlarning orbital va spin magnit momentlarining vektor yig‘indisidan iboratdir.

$$P_{aT} = \sum P_{op\delta} + \sum P_{cn} \quad (10)$$

Tashqi magnit moment ta’siriga uchramagan magnetik atomlarning magnit momentlari tartibsiz bo‘lgani uchun magnetik parchasining yig‘indi magnit momenti nolga teng bo‘ladi.

Tashqi maydon ayrim atomlar magnit momentlarining yoʻnalishlarini tartibga soladi, natijada magnetik biror natijaviy magnit momentga ega boʻlib qoladi, yaʼni magnitlanadi. Tashqi maydon taʼsirida magnetiklar turlicha magnitlanadi. Magnetiklarning magnitlanganlik darajasini harakterlash uchun

magnitlanish vektori –  $J$  dan foydalaniladi:

$$J = \frac{\sum P_{aT}}{\Delta V} \quad (11)$$

Bunda:  $\Delta v$  – magnetikaning magnetik vektori aniqlanadigan nuqtasi atrofidagi elementar hajim.

$$[J] = \left[ \frac{P_{aT}}{V} \right] = \left[ \frac{A \cdot \mathcal{M}^2}{\mathcal{M}^3} \right] = \left[ \frac{A}{\mathcal{M}} \right]$$

Magnetiklardagi magnit maydonini oʻrganishda ikki xil tok bilan ish koʻriladi.

1. Oʻtkazuvchanlik toki boʻlib, uni makrotok deb atalib uni –  $J$  bilan belgilanadi.
2. Mikrotok deb atalib, uni  $J_m$  bilan belgilanadi.

Vakuumba  $J=0$  boʻlganligi uchun

$$H = \frac{B_o}{\mu_o} \quad (12)$$

ga teng boʻlib, vakuumdagi magnit maydon kuchlanganlik vektori magnit induksiya vektori bilan bir xil yoʻnaladigan, lekin undan  $\mu_o$  marta farq qiladigan vektordir. (12) ifodadan

$$B_o = \mu_o H \quad (13)$$

kelib chiqadi.

Tajribalardan bir jinsli muhitdan iborat boʻlgan magnetiklardan ixtiyoriy nuqtasidan  $J$  va  $H$  vektorlari quyidagicha bogʻlanishga ega.

$$J = \chi_m \cdot H \quad (14)$$

Bunda  $\chi_m$  – magnetikning magnit xususiyatlarini ifodalovchi kattalik boʻlib, uni magnit qabul qiluvchanlik deyiladi.



$$H = \frac{B}{\mu_o(1 + \chi_m)} \quad (15)$$

teng bo'lib, bundagi  $1 + \chi_m = \mu$  – muhitning magnit singdiruvchanligi deyiladi. Buni

hisobga olib (15) ifodani:

$$H = \frac{B}{\mu \cdot \mu_o} \quad (16)$$

ko'rinishda yozish mumkin.

$\mu$  – o'lchovsiz kattalik bo'lib, u magnitikdagi magnit maydon vakuumdagiga nisbatan necha marta farqlanishini ko'rsatadi.

Barcha magnetiklar o'zlarining magnit qabul qiluvchanliklarining ishorasi va qiymatlariga qarab uch sinfga bo'linadi.

- 1) Diamagnetiklar.
- 2) Paramagnetiklar.
- 3) Ferromagnetiklar.

1. Diamagnetiklarda  $\chi_m < 0$  bo'ladi. Bu sinfga oid bo'lgan moddalarda fosfor oltingugurt, surbma, uglerod, simob, oltin, kumish mis kabi elementlar, suv va organik birikmalarda magnit maydoni bir oz susayadi. ( $\mu = 1 + \chi_m < 1$ ) bo'ladi.

2. Paramagnetiklarda  $\chi_m > 0$  bo'ladi. Bu sinfga kiruvchi kislorod, azot, alyuminiy, platina, volfram kabi elementlarda magnit maydon bir oz kuchayadi. ( $\mu = 1 + \chi_m > 1$ ) bo'ladi.

3. Ferromagnetiklarda  $\chi_m \gg 0$  bo'ladi. Bu sinfga kiruvchi temir, nikel, kobalt kabi metallarda va ularning qotishmalarida magnit maydon juda zo'rayib ketadi.

Magnetiklar atomlarining tarkibidagi elektronga tashqi magnit maydon ta'sir ko'rsatadi. Orbita bo'ylab aylanma harakat qilayotgan elektron tashqi magnit maydon ta'sirida  $B$  vektorga qarama-qarshi yo'nalgan qo'shimcha magnit moment  $\Delta P_{orb}$  ga erishadi. Bu hodisa diamagnit effekt deb ataladi. Diamagnit effekt atomlarning magnit momentlari nolga teng bo'lgan moddalarda namayon bo'ladi.

Bunda magnit momenti o'zini vujudga keltirayotgan tashqi maydonga qarama-qarshi yo'nalgan bo'lib, uni susaytiradi. Bunday moddalarning magnit qabul qiluvchanligi manfiy bo'lib, ularni diamagnetiklar deyiladi.

Tashqi maydon ta'sirida paramagnit effekt deb ataluvchi hodisa ham ro'y beradi. Paramagnit effekt sodir bo'ladigan moddalarda tashqi magnit maydonining kuchayishi sodir bo'lib, bu kuchayish temperaturaga teskari proporsional bo'ladi. Paramagnetiklar magnit qabul qiluvchanligining temperaturaga bog'liqligi Kyuri qonuni deb ataluvchi quyidagi formula bilan ifodalanadi:

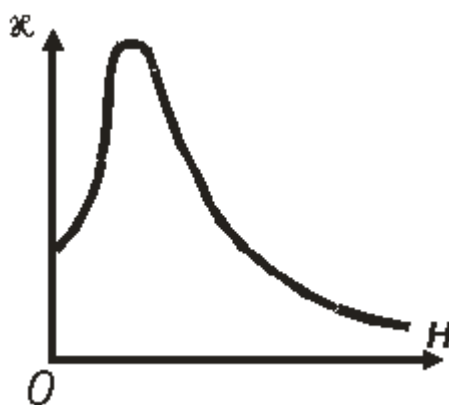
$$\chi = \frac{c}{T} \quad (17)$$

Bunda  $c$  – ayni modda uchun o'zgarmas bo'lib, Kyuri doimiysi deyiladi. Juda past temperaturalarda Kyuri qonunidan chetlashish sodir bo'ladi.

Metallarda atom bilan bog'liq bo'lgan elektronlardan tashqari erkin elektronlar ham mavjud bo'lib, ular qo'shimcha diamagnetizmni vujudga keltiradi.

Bu diamagnetizmni Landau diamagnetizmi deb ataladi. Erkin elektronlarni spin magnit momentiga ega bo'lishi natijasida qo'shimcha paramagnetizm Pauli paramagnetizmi hosil bo'ladi.

Magnetiklar ichida ferromagnetiklar o'zlarining magnit xususiyatlari bilan boshqa moddalardan keskin farq qiladi.



*3 – rasm. Ferromagnitlar magnit qabul qiluvchanligining maydon kuchlanganligiga bog'liq o'zgarishi*

Ferromagnetiklarning magnit qabul qiluvchanligi  $\chi_m$  tashqi magnit maydonga bog'liq bo'lib,  $\chi_m$  ortishi bilan  $H$  ham ortib boradi.

$\chi_m = \max$  bo'lgan  $H$ -ni ortishi bilan  $\chi_m$  ni qiymatini kamayishi kuzatiladi.  $H$  ning katta qiymatlarida  $\chi_m \rightarrow 0$  bo'ladi.  $H=0$  bo'lganda ham ferromagnetiklardagi magnit maydoni yo'qolmaydi. Buni qoldiq magnetlanish deyiladi.

Har bir ferromagnetik Kyuri nuqtasi ( $T_k$ ) deb atalgan aniq bir temperaturada o'zining ferromagnetiklik xususiyatini yo'qotadi. Temir uchun  $T_k=1043^0\text{K}$ , nikel uchun  $631^0\text{K}$  ga teng  $T_k$  dan yuqori temperaturalarda ferromagnetik oddiy paramagnitikka aylanadi va magnit qabul qiluvchanlikning temperaturaga bog'liqligi:

$$\chi_m = \frac{C}{T - T_k} \quad (18)$$

ko'rinishda yoziladi.

Tabiatda antiferromagnetik moddalar mavjud bo'lib, ularning kristall panjarasini bir-birini ichiga kirgan ikki panjaraning yig'indisi deb qarab, har bir panjara tarkibidagi ionlarning spinlari parallel joylashgan bo'ladi. Tashqi maydon ta'sirida bir qism spinlar yo'nalishini o'zgartirishi natijasida antiferromagnetikning magnitlanishi sodir bo'ladi. Antiferromagnetiklarning xususiyatlari biror temperaturadan yuqori temperaturalarda yo'qoladi. Bu temperaturani antiferromagnetiklarning Kyuri nuqtasi deyiladi.

Agar antiferromagnetikning ayrim panjaralarining magnit momenti noldan farqli bo'lib, uning qiymati ferromagnetik magnit momentini qiymatiga yaqinlashib qoladi. Bunday moddalarni ferromagnetiklar yoki oddiygina ferritlar deb ataladi.

Ferritlar yarimo'tkazgichlar bo'lib, ularning solishtirma elektr qarshiligi metall ferromagnetiklarnikiga qaraganda ancha katta bo'ladi.

Masalan: Temirning solishtirma qarshiligi  $8,5 \cdot 10^{-8}$  Omm bo'lsa, ferritlarning solishtirma qarshiligi  $10^4$  dan  $10^7$  Omm gacha o'zgaradi. Hozirda ferritlarning bu xususiyatidan texnikaning turli sohalarida keng foydalaniladi.

### **NAZORAT SAVOLLARI.**

1. Moddalarning magnitlanishini tushuntiring?
2. Orbital magnit moment nima?
3. Magnit qabul qiluvchanlik nima?
4. Diamagnit nima?
5. Paramagnit nima?
6. Ferromagnit nima?
7. Kyuri qonunini tushuntiring?
8. Ferritlar nima?