

# BUXORO MUHANDISLIK TEXNOLOGIYALAR INSTITUTI

## <<Kimyoviy TEXNOLOGIYALAR>> FAKULTETI

Bajardi: 20-15 KT talabasi Nomozova Sitora

Qabul qildi: dots.M.Z.Sharipov

# *SOLENOID VA TOROIDNING MAGNIT MAYDONI.*

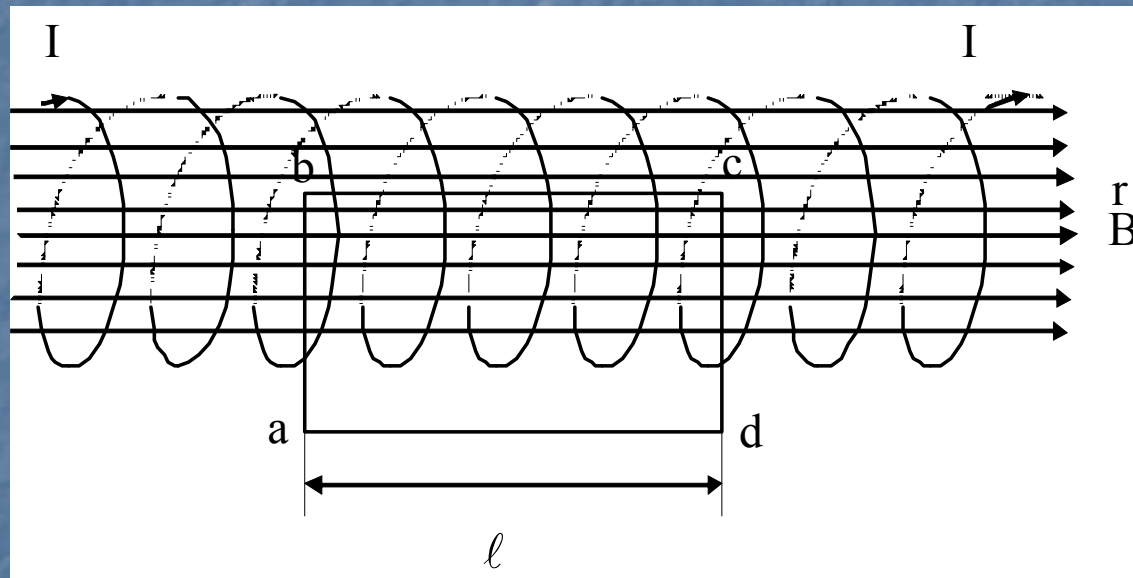
- **Reja:**
- *1. Solenoid va toroidning magnit maydoni. Lorens kuchi. Amper kuchi.*
- *2. Zaryadlangan zarralarning elektr va magnit maydonidagi harakati. Xoll effekti. Tezlatgichlar.*
- *3. Magnit oqimi. Vakuumdagi magnit maydon uchun Gauss teoremasi.*
- *4. Tokli konturni magnit maydonida ko‘chirishda bajarilgan ish.*

## *O'tilgan mavzuni mustahkamlash.*

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

# *1. Solenoid va toroidning magnit maydoni. Lorens kuchi. Amper kuchi.*

*Solenoid - markazlari umumiy o'qda  
yotuvchi bir-biri bilan ketma-ket ulangan  
aylanma toklar yig'indisidir (Rasm 20.1).*



20.1 - rasm

Solenoid ichidagi magnit maydonning induktsiyasi ni ko'raylik. ning yo'nalishi chapdan o'ng tomonga yo'nalgan o'zaro parallel to'g'ri chiziqlardan iborat bo'ladi. qiymatini topish uchun cheksiz uzun solenoidning  $n$  dona o'ramni o'z ichiga olgan  $l$  uzunligini xayolan ajratib, unda *avstda* berk konturni o'tkazaylik. Berk kontur bo'yicha vektorning sirkulyatsiyasi uchun quyidagi munosabat o'rinli:

$$\oint_{abcd} B_e \cdot d\ell = \int_a^b B_e \cdot d\ell + \int_b^a B_e \cdot d\ell + \int_c^d B_e \cdot d\ell + \int_d^c B_e \cdot d\ell = \mu_0 n \cdot I$$

$$\oint_{abcd} B_e \cdot d\ell = \mu_0 n \cdot I \quad (20.1)$$

20.1 - tenglikdagi I - solenoiddan o'tayotgan tok kuchi. Berk konturning *av* va *sd* qismlari chiziqlariga tik bo'lganligi uchun, bu qismlarda  $\vec{B} \cdot \vec{l} = 0$ .

Konturning da qismi joylashgan soxada esa  $V = 0$  bo'lganligi uchun ham nolga teng. Shuning uchun 20.1 dagi to'rtta integraldan faqat bittasi noldan farqli. Natijada 20.1 - ifoda quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\int_b^c B_e \cdot d\ell = \mu_0 n \cdot I \quad (20.2)$$

Konturning vs qismi V ga parallel bo'lganligi tufayli bu sohada  $\vec{B} \cdot \vec{l} = B\ell$  bo'ladi. U holda (20.2) dagi integral

$$\int_b^{\ell} B_e \cdot d\ell = \int_b^{\ell} B d\ell = B \int_b^{\ell} d\ell = B\ell \quad (20.3)$$

20.2 va 20.3 larni taqqoslasak,  $V = \mu_0 nI$  yoki

$$V = \mu_0 \frac{n}{l} I = \mu_0 n_0 I \quad (20.4)$$

(20.4) ifodadagi  $n_0 = n/l$  - solenoidning birlik uzunligidagi oʻramlar soni. Demak, cheksiz uzun solenoidning ichidagi barcha nuqtalarida  $\vec{B}$  ning yoʻnalishi ham, qiymati ham birday saqlanadi.

Magnit maydoni faqat toroid ichida mujassamlangan boʻladi va quyidagi formula bilan xisoblanadi:

$$V = \mu_0 \frac{n}{l} I = \mu_0 \frac{n}{2\pi r} I \quad (20.5)$$

*Amper qonuni. Parallel toklarning o'zaro ta'siri.*

Magnit maydonda joylashgan tokli o'tkazgichga maydon tomonidan ta'sir etuvchi kuch shu maydonning magnit induktsiyasi  $\mathbf{B}$  ga, o'tkazgichning geometrik o'lchamlariga va undan o'tayotgan tok kuchi  $I$  ga bog'liq bo'ladi.

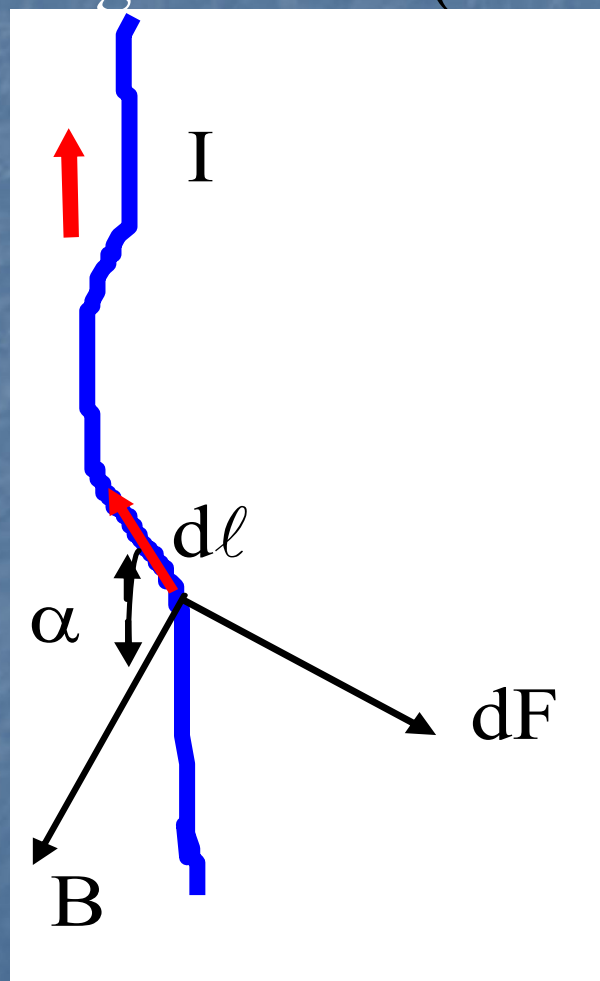
O'tkazgichning  $dl$  elementiga ta'sir etuvchi kuchni

ifoda bilan  $d\vec{F} = I \cdot [d\vec{l} \vec{B}]$  (20.6)

$dF = IdlB \sin \alpha$  (20.7)

ifoda bilan aniqlanadi. (20.6, 20.7) - ifodalar Amper qonunini ifodalaydi.

20.6 va 20.7 - ifodalarda  $B$  - maydonning  $d\ell$  element joylashgan soxasidagi magnit induktsiyasi,  $\alpha$  - va vektorlar orasidagi burchak (20.3-rasm).



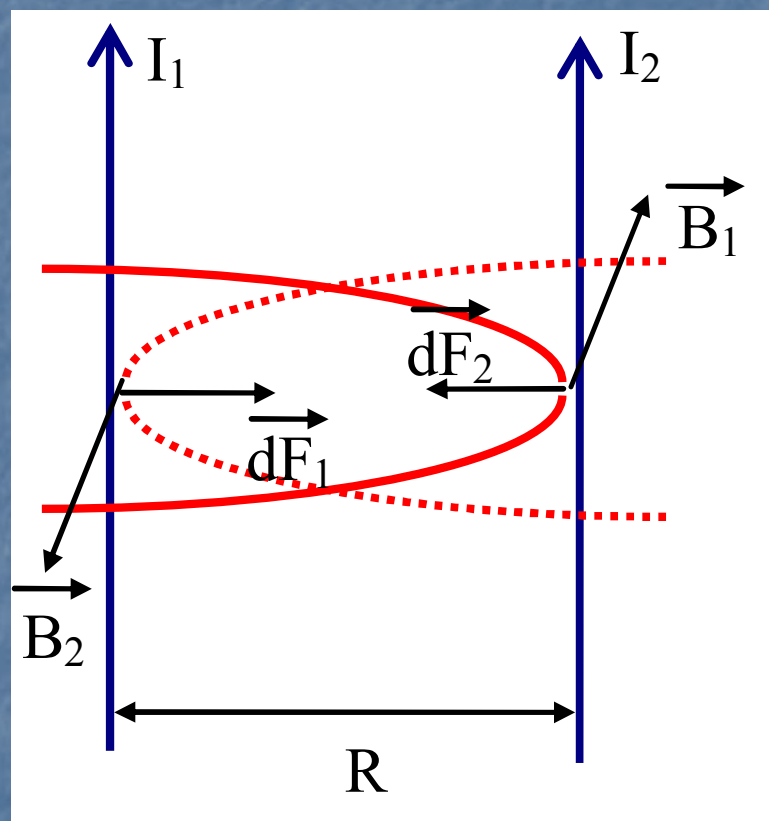
(20.3-rasm)

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

Qoida: *chap qo'limizni shunday joylashtirish kerakki, bunda  $B$  induksiya chiziqlari kaftimizga kirsin, to'rtala ochilgan barmoq tok yo'nalishiga mos kelsa, 900 ga ochilgan bosh barmoq Amper kuchining yo'nalishini ko'rsatadi.*

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

O‘zaro parallel, oralaridagi masofa  $R$  bo‘lgan  $I_1$  va  $I_2$  toklar oqayotgan (toklar yo‘nalishi 20.4-rasmda ko‘rsatilgan) cheksiz uzunlikdagi tokli o‘tkazgichlarni ko‘raylik



20.4-rasmda

Har bir o'tkazgich o'zining atrofida magnit maydon xosil qiladi va shu maydon orqali Amper qonuniga ko'ra yonidagi tokli o'tkazgichga ta'sir qiladi. I<sub>1</sub> tok oqayotgan o'tkazgich atrofida xosil bo'lgan magnit induktsiyasi

$$B_1 = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \cdot \frac{2 I_1}{R} \quad (20.8)$$

bo'lib I<sub>2</sub> tok oqayotgan o'tkazgichning dl elementiga Amper qonuniga asosan

$$dF_2 = I_2 B_1 dl \quad (20.9)$$

kuch bilan ta'sir qiladi. 20.8-tenglikni xisobga olib 20.9-tenglikni quyidagicha yozamiz:

$$dF_2 = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \cdot \frac{2 I_1 I_2}{R} dl \quad (20.10)$$

Xuddi shuningdek  $I_2$  tok xosil qilgan magnit maydon  $I_1$  tok oqayotgan o'tkazgichning  $dl$  elementiga  $dF_2$  kuchga qarama-qarshi yo'nalgan

$$dF_1 = I_1 B_2 dl = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \cdot \frac{2 I_1 I_2}{R} dl \quad (20.11)$$

kuch bilan ta'sir qiladi. (20.10) va (20.11) ni tengliklarni taqqoslab  $dF_1 = dF_2$  ekanligi, ya'ni tokning yo'nalishi bir tomonga yo'nalgan ikki parallel o'tkazgich bir-biriga

$$dF = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \cdot \frac{2 I_1 I_2}{R} dl \quad (20.12)$$

kuch bilan tortilishini ko'ramiz.

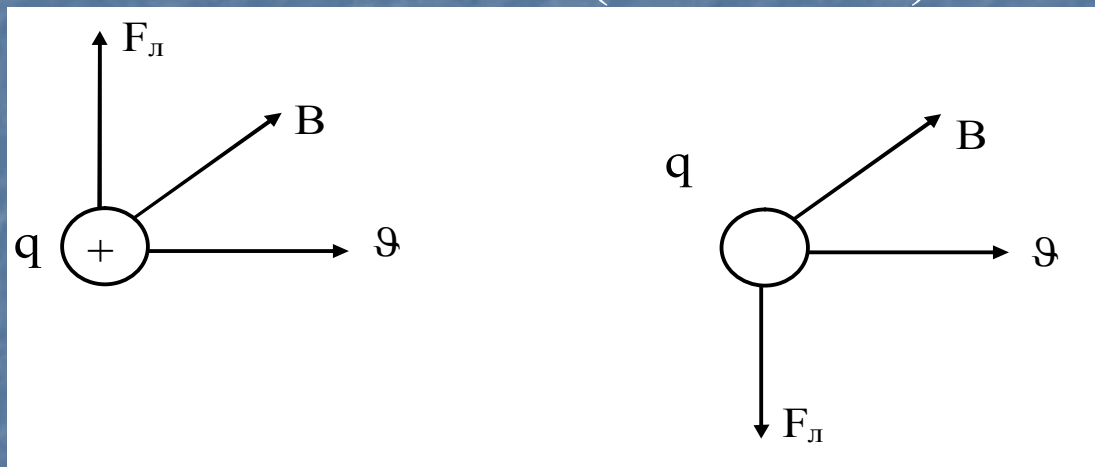
Agar ikki parallel o'tkazgichlardagi toklar qarama-qarshi yo'nalishda oqsa, chap qo'l qoidasini qo'llagan holda, bu o'tkazgichlar o'zaro bir-biridan qochishini ko'rish mumkin.

***Lorents kuchi.*** Magnit maydoni faqat tok oqayotgan o'tkazgichlargagina ta'sir qilib qolmasdan, balki xarakatdagi zaryadlangan zarrachalarga xam ta'sir qiladi. Magnit maydonida  $\vec{v}$  tezlikda harkatlanayotgan  $q$  zaryaga

$$\vec{F}_L = q [\vec{v} \cdot \vec{B}] \quad (20.13)$$

kuch ta'sir etadi. Bu kuchni Lorents kuchi deyiladi. Lorents kuchini yo'nalishini chap qo'l qoidasi bilan aniqlanadi.

*Agar kaftga  $B$  induktsiya chiziqlari kirs, to'rtala ochilgan barmoq musbat zaryadning tezlik, - vektor yo'nalishiga mos kelsa, bosh barmoq Lorents kuchi yo'nalishini ko'rsatadi (20.5-rasm).*



(20.5-rasm)

Lorents kuchining ( $G'l$ ) modul bo'yicha ifodasi

$$F_1 = qvB \sin \alpha \quad (20.14)$$

(20.14) - tenglikda  $\alpha$ , va orasidagi burchak. Lorents kuchi zarracha yo'nalishiga tik, demak unga markazga intilma tezlanish beradi va zarracha harakat yo'nalishini o'zgartiradi, xolos.

Agar zaryadga magnit maydonidan tashqari, kuchlanganlik vektori ga teng bo'lgan elektr maydoni ham ta'sir etsa, natijaviy kuch Lorents va elektr kuchlarining vektor yig'indisidan iborat bo'ladi.

$$\vec{F} = \vec{F}_{el} + \vec{F}_1 = q\vec{E} + q\left[\vec{v}\vec{B}\right] \quad (20.15)$$

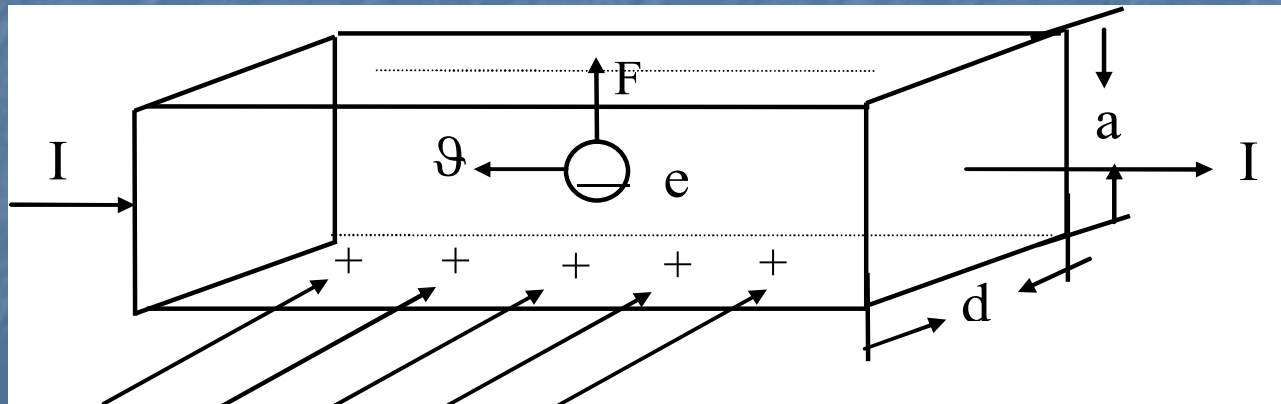
(20.15) - ifoda Lorents formulasi deyiladi.

## *2. Zaryadlangan zarralarning elektr va magnit maydonidagi harakati.*

### *Xoll effekti. Tezlatgichlar.*

***Xoll effekti.*** Xoll effektining mohiyati shundan iboratki, metall yoki yarim o'tkazgichdan yasalgan plastinka magnit maydoniga joylashtirilib undan tok o'tkazilsa, (va tok yo'nalishiga tik yo'nalishda) plastinkaning qarama-qarshi  $\vec{E}$ qlarida noldan farqli bo'lgan potentsiallar ayirmasi xosil bo'ladi.

Metall plastinka (eni  $d$ , qalinligi  $a$ ) magnit induksiya chiziqlariga ( $V$ ) perpendikulyar joylashgan bo'lsa, Lorents kuchlari ta'sirida elektronni xarakat yo'nalishi o'zgaradi va natijada plastinkaning yuqori qirrasida ortiqcha manfiy zaryadlar, qarama-qarshi qirrasida ortiqcha musbat zaryadlar to'planadi (20.6-rasm). Shu sababli plastinkaning qarama-qarshi yoqlarida pastdan yuqoriga yo'nalgan ko'ndalang elektr maydoni xosil bo'ladi.



(20.6-rasm)

*Elektr kuchlari Lorents kuchlariga teng bo'lganda plastinkaning qarama-qarshi yoqlarida xosil bo'lgan Xoll potentsiallar ayirmasi magnit induktsiya kattaligiga (V), tok kuchi (I) ga to'g'ri proportsional bo'lib, plastinkaning qalinligiga (a) teskari proportsional bo'ladi.*

$$\Delta \varphi = R \cdot \frac{IB}{a} \quad (20.16)$$

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

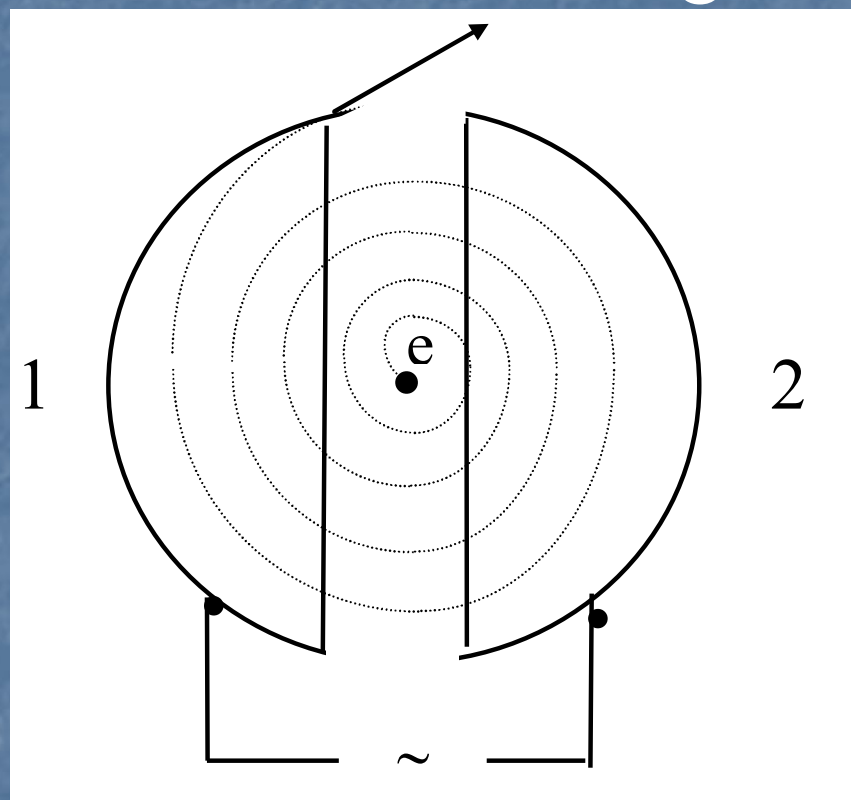
## ***Tezlatgichlar.***

***Chiziqli tezlatgich.*** Zarrachalar yuqori kuchlanishli generator yordamida xosil qilingan elektrostatik maydon yordamida tezlatiladi.

Bunda  $Q$  zaryad  $\varphi_1 - \varphi_2$  potentsiallar ayirmasi orqali o'tganda  $W=Q \cdot (\varphi_1 - \varphi_2)$  energiya oladi. Shunday qilib, zarracha  $\approx 10$  meV energiyaga qadar tezlatiladi.

***Chiziqli rezonansli tezlatgich.*** O'ta yuqori chastotali o'zgaruvchan elektr maydonida protonlar bir necha megoelektronvoltgacha, elektronlar o'n gigaelektronvolt energiyagacha tezlatiladi.

*Siklotron* - og'ir zarrachalar (proton, ion) ni tezlatuchi qurilmadir. Qurilmaning printsiipial sxemasi 20.7-rasmda ko'rsatilgan

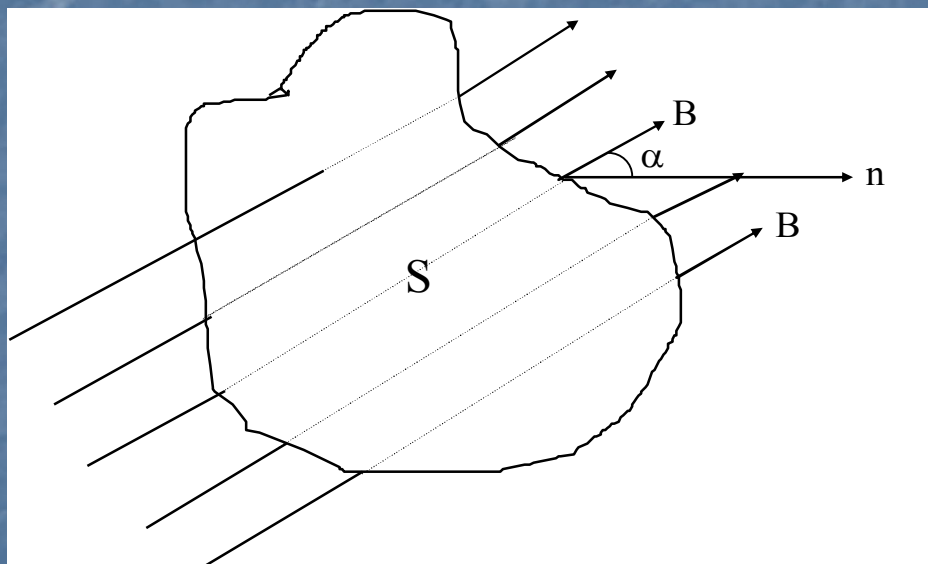


20.7-rasmda

### *3. Magnit oqimi. Vakuumdagi magnit maydon uchun Gauss teoremasi.*

*Magnit maydon induktsiyasining shu induktsiya chiziqlari o'tayotgan yuzaga ko'paytmasi magnit oqimi deyiladi.*

(20.8 Rasm)



$$dF_V = V_n \cdot dS = \vec{B} \cdot d\vec{S} \quad (20.17)$$

20.17 tenglikda  $B_n = V \cdot \cos \alpha$  bo'lib, normal bo'yicha yo'nalgan vektorning proektsiyasi.  $\alpha$  - va orasidagi burchak. Tokli kontur xosil qilgan magnit induksiya oqimi doimo musbat bo'ladi. Ixtiyoriy  $S$  yuza orqali o'tuvchi magnit induksiya oqimi bo'ladi.

$$F_V = \int_S B_n \cdot dS = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{S} \quad (20.18)$$

Bir jinsli magnit maydon uchun magnit oqimi bo'ladi.

$$F_V = V S \cos \alpha \quad (20.19)$$

20.19 - tenglik bo'yicha magnit oqimi Veberda o'lchanishi kelib chiqadi.

*Bir Veber magnit induktsiyasi 1 Tesla (Ts) bo'lgan bir jinsli magnit maydoniga tik bo'lgan 1m<sup>2</sup> yuzadan o'tayotgan magnit oqimni bildiradi.*

***Magnit maydon induktsiyasi V uchun Gauss teoremasi quyidagicha taoriflanadi:***

***Teorema:** Har qanday berk yuzadan o'tuvchi magnit induktsiya oqimi nolga tengdir:*

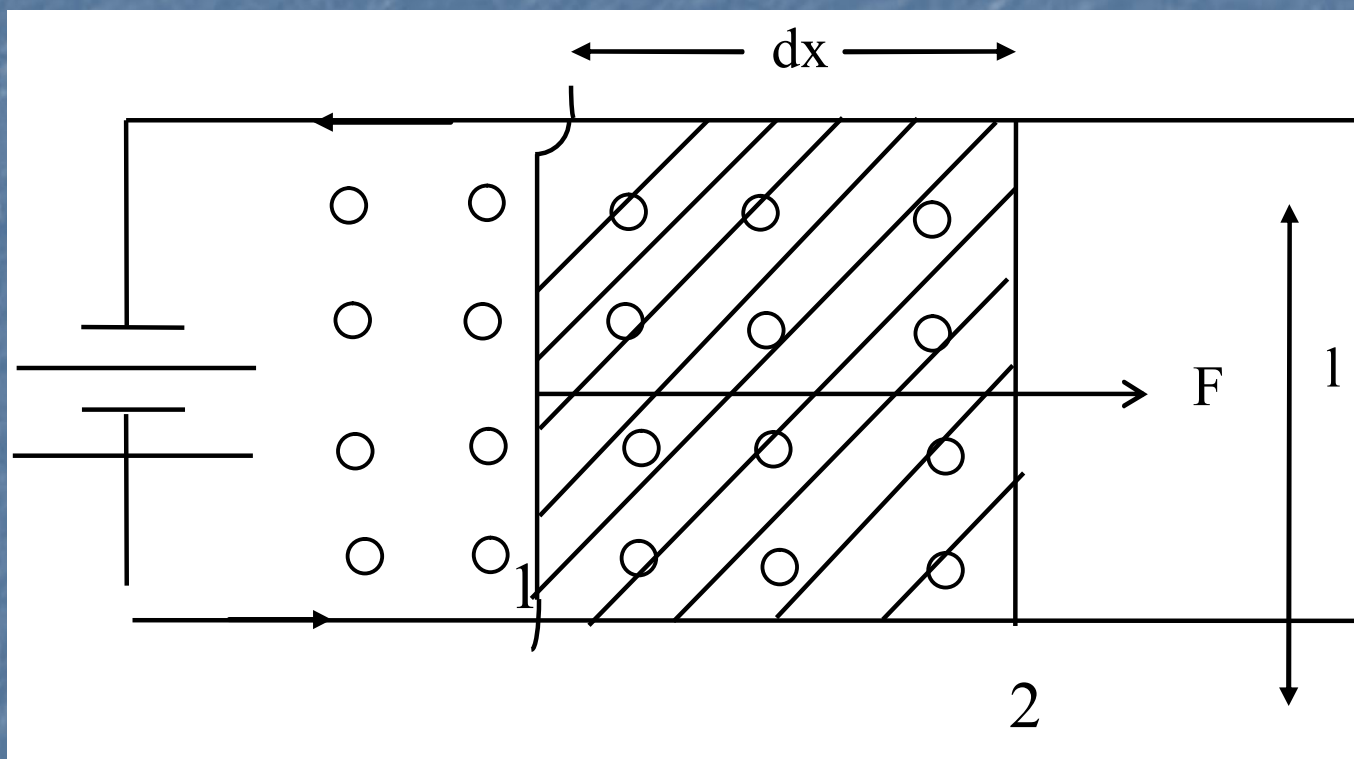
$$\oint_S \vec{B} d\vec{S} = \int_S B_n \cdot dS = 0 \quad (20.20)$$

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

#### *4. Tokli konturni magnit maydonida ko'chirishda bajarilgan ish.*

*Ma'lumki, magnit maydonidagi tokli o'tkazgichga Amper kuchi ta'sir qiladi. Agar o'tkazgichli ramkani biror qismi siljuvchan qilib yasalib, u magnit maydoniga joylashtirilsa, ramkaga Amper kuchi ta'sir etib, uni siljitadi, ya'ni magnit maydoni ish bajaradi.*

Aytaylik, tokli ramka bir jinsli magnit maydonga joylashgan bo'lib, magnit induktsiya chiziqlari ramka tekisligiga tik bo'lsin (20.9-rasm).



20.9-rasm

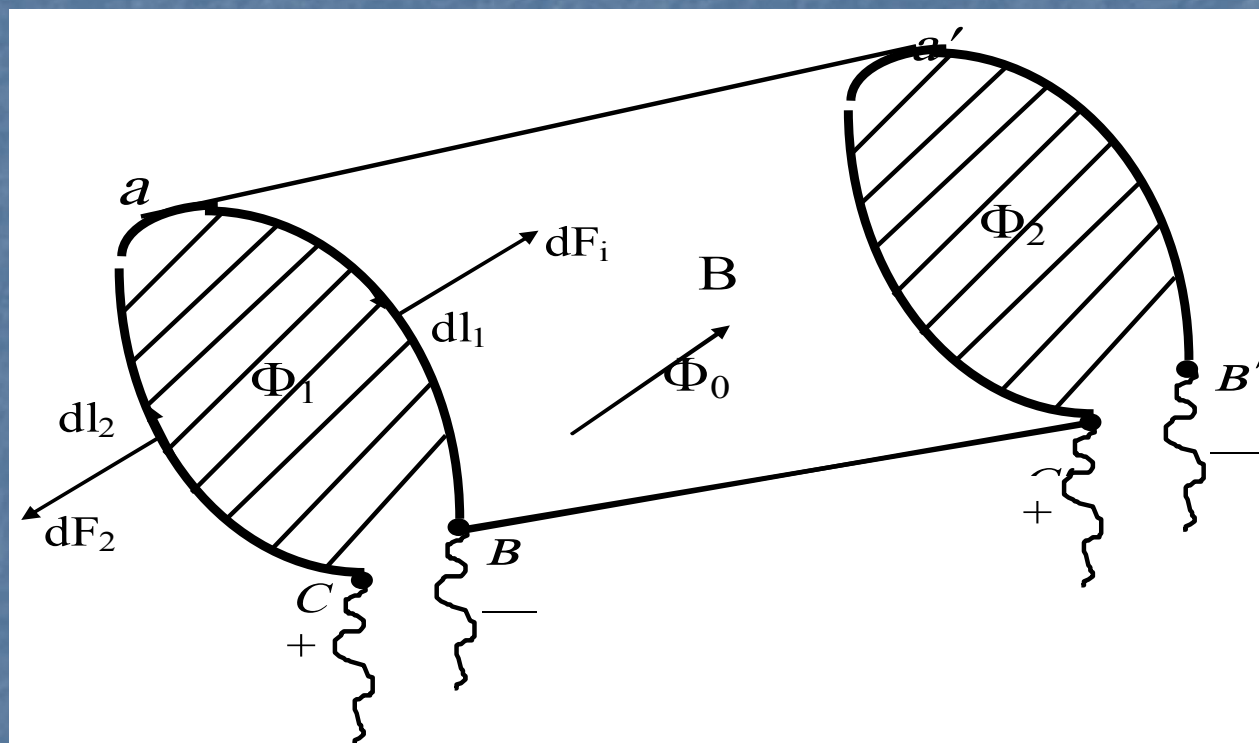
Tokli o'tkazgichga  $G' = IVl$  kuch ta'sir etadi va ramkaning siljuvchi qismini  $dx$  masofaga ko'chiradi. Magnit maydonning bajargan ishi

$$dA = F \cdot dx = IBldx = IBdS = IdF \quad (20.21)$$

*Demak, bajarilgan ish tok kuchining ramka siljuvchi qismidan o'tayotgan magnit oqimi o'zgarishi ko'paytmasiga teng ekan.*

*Olingan natijani berk konturni magnit maydonda ko'chirishda bajarilgan ishni xisoblashga tadbiq etish mumkin.*

20.10 - rasmda tasvirlangan tokli berk kontur ( $abca$ ) magnit induktsiya chiziqlariga tik holda magnit maydonida ko'chayotgan bo'lsin.



20.10 - rasm

Konturni xayolan  $ab$  va  $sa$  o'tkazgichlarga ajrataylik. Tokli berk konturni ko'chirishda bajarilgan ish ( $dA$ ) konturning tarkibiy qismlari –  $ab$  va  $sa$  tokli o'tkazgichlarni ko'chirishda bajarilgan  $dA_1$  va  $dA_2$  larning yig'indisidan iborat bo'ladi.

$$dA = dA_1 + dA_2 \quad (20.22)$$

Konturning  $ab$  qismidagi tok elementlariga ta'sir etuvchi kuchlar (Rasm 20.10 da  $dl_1$  tok elementiga magnit maydon tomonidan ta'sir etuvchi  $dF_1$  kuchga qarang) va av ni ko'chirilish yo'nalishlari orasidagi burchak o'tkir bo'lganligi uchun  $dA$ , ish musbat, uning qiymati (20.22) ga asosan, konturdan o'tayotgan tok kuchi bilan ko'chirilish jarayonda av o'tkazgich kesib o'tadigan magnit oqim (bu oqim  $aba'b'$  yuz orqali o'tuvchi oqim  $df_0$  va  $a'b's'a'$  yuz orqali o'tuvchi  $df_2$  magnit oqimlarining yig'indisidir) ko'paytmasiga teng.

$$dA_1 = I(df_0 + df_2) \quad (20.23)$$

Konturning sa qismidagi tok elementlariga ta'sir etuvchi kuchlar (20.8-rasmdagi dga magnit maydon tomonidan ta'sir etuvchi  $dF_2$  kuchga qarang) va sa ning ko'chirilish yo'nalishlari orasidagi burchak o'tmas bo'lganligi uchun  $dA_2$  ish manfiy, uning qiymati esa  $I$  tok bilan ko'chirilish davomida sa o'tkazgich kesib o'tadigan magnit oqim (bu oqim abca yuz orqali o'tuvchi  $df_1$  va aa'c'b yuz orqali o'tuvchi  $df_0$  magnit oqimlarining yig'indisidir) ko'paytmasiga teng:

$$dA_2 = -I(df_0 + df_1) \quad (20.24)$$

(2.23) va (20.24) tengliklar asosida (10.11) tenglikni quyidagicha yoza olamiz:

$$dA = I(df_2 - df_1) \quad (20.25)$$

*Demak, magnit maydonda tokli berk konturni ko'chirishda bajarilgan ish shu konturdan o'tayotgan tok kuchi  $I$  bilan kontur yuzi orqali o'tuvchi magnit oqimi o'zgarishlarining  $(df_2 - df_1)$  ko'paytmasiga teng.*