

1. Mavzu nomi

Kirish. Elektr va magnetizm kursi vazifasi va manbalari. Elektr zaryadlarining o'zaro ta'siri qonuni. Kulon qonuni. Zaryadlarning chiziqli, sirti va hajmiy zichliklari.

2. Mavzuning tavsifi

Ushbu mavzu "Elektr va magnetizm" kursining boshlang'ich nazariy mavzularidan biri bo'lib, unda elektr va magnit hodisalarni o'rganishning maqsadi, vazifalari hamda ularning fizik asoslari yoritiladi. Mavzu doirasida elektr zaryadi tushunchasi, zaryadlarning asosiy xossalari, elektr zaryadlarining o'zaro ta'siri, Kulon qonuni va uning fizik mazmuni o'rganiladi. Shuningdek, elektr zaryadlarining fazoda turlicha taqsimlanishini ifodalovchi chiziqli, sirti va hajmiy zaryad zichliklari haqidagi tushunchalar shakllantiriladi. Mazkur mavzu elektrostatik maydon, elektr maydon kuchlanganligi, potensial, Gauss teoremasi kabi keyingi mavzularni o'zlashtirish uchun nazariy asos vazifasini bajaradi.

3. Mavzuning maqsadi

Talabalarda elektr va magnetizm kursining predmeti, vazifalari va fizik hodisalarni o'rganishdagi ahamiyati haqida ilmiy tasavvur hosil qilish, elektr zaryadlarining xossalari va o'zaro ta'sir qonuniyatlarini tushuntirish, Kulon qonunining fizik mohiyatini anglash hamda undan masalalar yechishda foydalanish ko'nikmalarini shakllantirishdan iborat. Shuningdek, zaryadlarning chiziqli, sirti va hajmiy taqsimlanishini tavsiflovchi fizik kattaliklarni farqlash, ularning matematik ifodalarini tushunish va fizik jarayonlarni tahlil qilishda qo'llash kompetentligini rivojlantirish ko'zda tutiladi.

4. Mavzuning mazmuni

Elektr zaryadi tushunchasi

Elektr zaryadi — zarrachalarning elektromagnit o'zaro ta'sirda ishtirok etish qobiliyatini tavsiflovchi fizik kattalikdir. Zaryad SI birliklar tizimida kulon (Kl, C) larda o'lchanadi.

Elektr zaryadining asosiy xossalari:

- Zaryad ikki xil ishorali bo'ladi: musbat (+) va manfiy (-);
- Diskretlik (kvantlanganlik) — har qanday zaryad elementar zaryad $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Kl ning butun soniga karrali: $q = n \cdot e$;
- Additivlik — tizim zaryadi uning barcha zarrachalari zaryadlari yig'indisiga teng;
- Invariantlik — zaryad miqdori sanoq sistemasini tanlashga (zarraning tezligiga) bog'liq emas;
- Saqlanish qonuni — yopiq (izolyatsiyalangan) tizimda umumiy zaryad o'zgarmas qoladi: $\Sigma q = \text{const}$.

Zaryadlarning o'zaro ta'siri qonuni. Kulon qonuni

1785-yilda fransuz fizigi Sharl Kulon burama tarozi yordamida o'tkazgan tajribalari asosida nuqtaviy elektr zaryadlarining o'zaro ta'sir kuchini aniqlovchi qonunni ta'riflagan.

Kulon qonuni: vakuumdagi ikkita nuqtaviy zaryadning o'zaro ta'sir kuchi ularning zaryadlari ko'paytmasiga to'g'ri, ular orasidagi masofaning kvadratiga teskari proporsional bo'lib, zaryadlarni tutashtiruvchi to'g'ri chiziq bo'ylab yo'nalgan bo'ladi. **1-ilova**

$$F = k \cdot |q_1 \cdot q_2| / r^2$$

bu yerda F — o'zaro ta'sir kuchi (N), q_1 va q_2 — zaryadlar (Kl), r — zaryadlar orasidagi masofa (m), k — proporsionallik koeffitsiyenti.

SI tizimida:

$$k = 1 / (4\pi\epsilon_0) \approx 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{Kl}^2$$

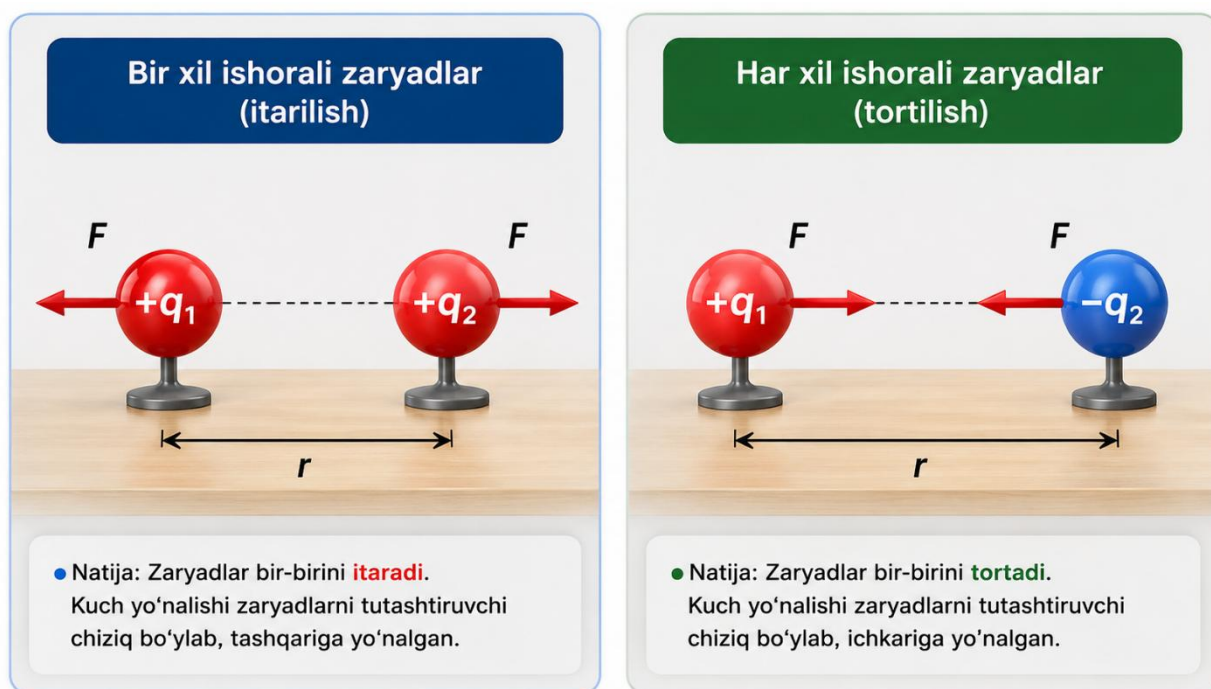
bu yerda $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$ — elektr doimiysi (vakuumning dielektrik singdiruvchanligi). Muhitda (dielektrik singdiruvchanligi ϵ bo'lgan) qonun quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$F = |q_1 \cdot q_2| / (4\pi\epsilon_0 \epsilon \cdot r^2)$$

Kuchning vektor shakli (ikkinchi zaryadga birinchisi tomonidan ta'sir etuvchi kuch):

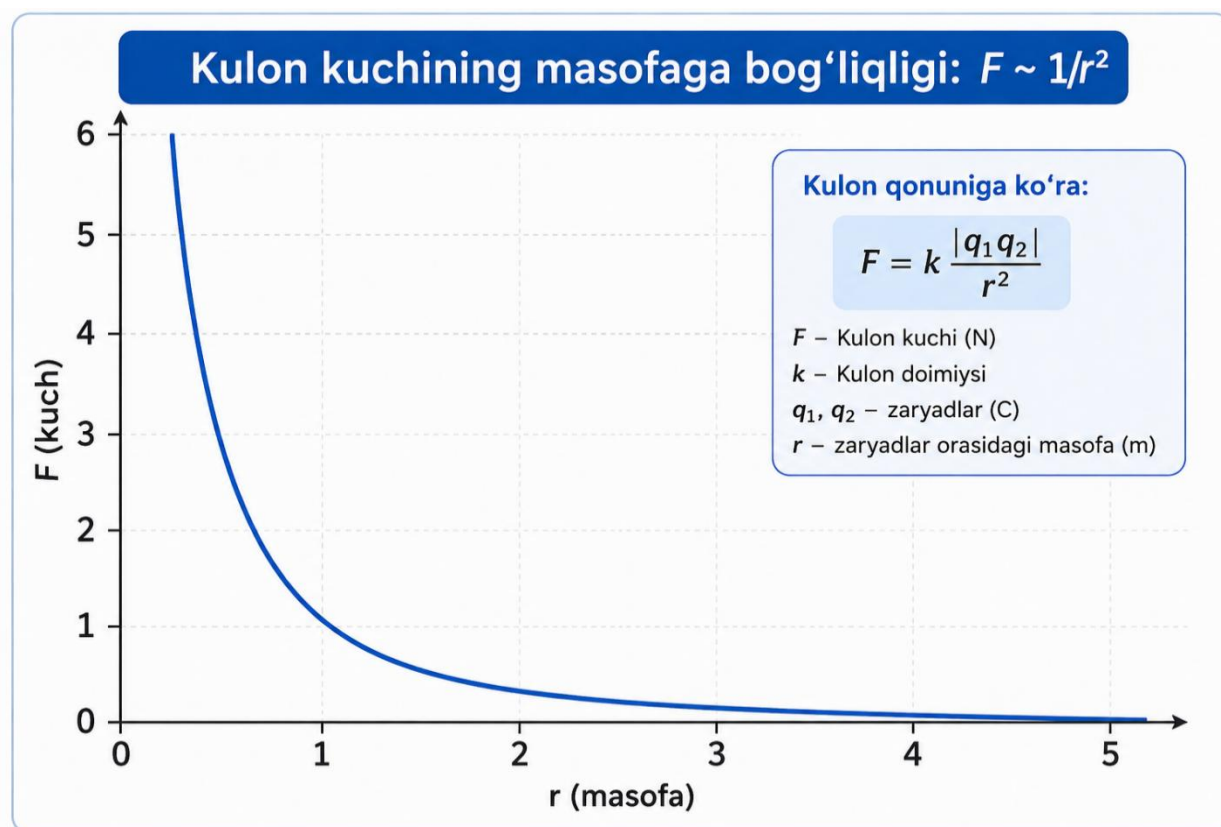
$$\vec{F}_{12} = k \cdot (q_1 \cdot q_2) / r^2 \cdot \vec{r}_{12} / r$$

Bu yerda $\vec{r}_{12}$ — birinchi zaryaddan ikkinchisiga tomon yo'nalgan radius-vektor. Agar $q_1 \cdot q_2 > 0$ (bir xil ishorali zaryadlar) bo'lsa, kuch itaruvchi; agar $q_1 \cdot q_2 < 0$ bo'lsa — tortuvchi bo'ladi (1-rasm).



1-rasm. Bir xil va har xil ishorali zaryadlarning o'zaro ta'siri

Kulon kuchi masofa ortishi bilan tez (kvadratik qonun bo'yicha) kamayadi — masofa 2 marta ortsa, kuch 4 marta kamayadi (2-rasm).



2-rasm. Kulon kuchining zaryadlar orasidagi masofaga bog'liqligi ($F \sim 1/r^2$)

Kulon qonuni qo'llaniladigan shartlar:

- zaryadlar nuqtaviy (o'lchamlari ular orasidagi masofadan ancha kichik) bo'lishi kerak;
- zaryadlar nisbatan tinch holatda (yoki tezligi yorug'lik tezligidan ancha kichik) bo'lishi kerak;
- qonun bo'sh fazo (vakuum) yoki bir jinsli izotrop muhit uchun o'z shaklida to'g'ri bo'ladi.

Amalda ko'pgina zaryadlangan jismlar nuqtaviy bo'lmaydi — ular chiziqli, sirt yoki hajm bo'ylab taqsimlangan bo'ladi. Bunday holda jismni juda kichik dq zaryadli elementlarga bo'lib, har biriga Kulon qonunini qo'llab, so'ngra natijalarni yig'indilash (integrallash) kerak bo'ladi. Shu sababli zaryadning fazoda qanday taqsimlanganini tavsiflovchi zichlik tushunchalari kiritiladi.

Zaryadlarning chiziqli, sirtiy va hajmiy zichliklari

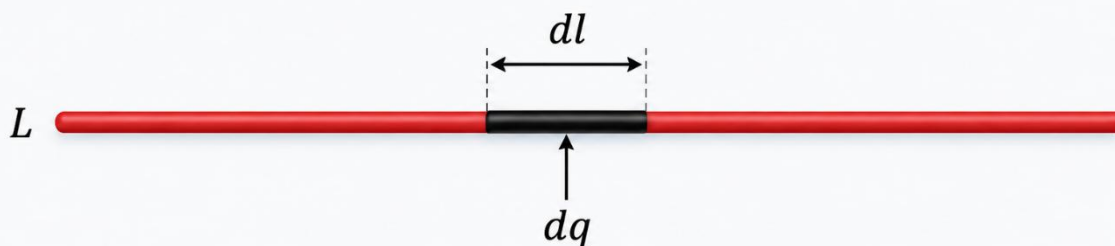
Real jismlarda zaryad uzluksiz taqsimlangan deb qaraladi (zaryadning diskretligi e'tiborga olinmaydi, chunki elementar zaryad juda kichik). Taqsimlanish geometriyasiga qarab uchta zichlik turi kiritiladi.

Chiziqli zaryad zichligi (τ)

Agar zaryad ingichka sim yoki chiziqli bo'ylab taqsimlangan bo'lsa, uning chiziqli birligiga to'g'ri keladigan miqdori chiziqli zichlik deb ataladi **2-ilova**:

$$\tau = dq / dl \quad [Kl/m]$$

Chiziqli zichlik: $\tau = \frac{dq}{dl}$ (Kl/m)



Bu yerda dq — chiziqlarning kichik dl uzunlikdagi elementidagi zaryad miqdori,
 τ — chiziqli (uzunlik bo'yicha) zaryad zichligi.

3-rasm. Chiziqli zaryad zichligi tushunchasi (zaryadlangan ip/sim)

Butun chiziq bo'ylab to'liq zaryad quyidagicha topiladi:

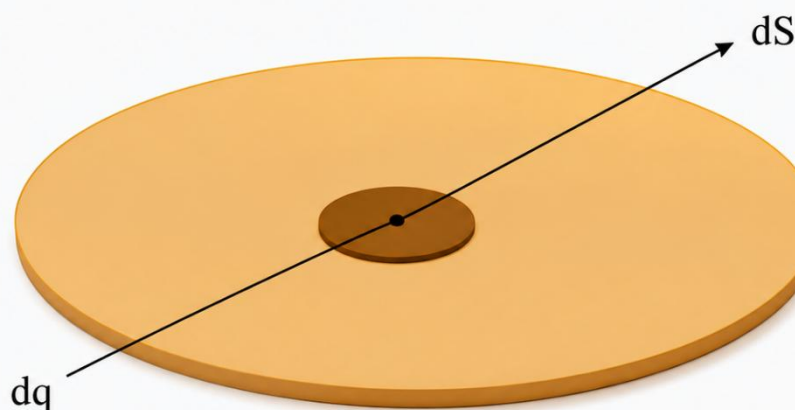
$$q = \int \tau \cdot dl \quad (L \text{ bo'yicha})$$

Siriy zaryad zichligi (σ)

Agar zaryad yupqa sirt (plastinka, sfera, silindr yuzasi) bo'ylab taqsimlangan bo'lsa, yuza birligiga to'g'ri keladigan zaryad miqdori siriy zichlik deyiladi **3-ilova**:

$$\sigma = dq / dS \quad [Kl/m^2]$$

Siriy zichlik: $\sigma = \frac{dq}{dS}$ (Klm^{-2})



- Bu yerda dq — sirtdagi kichik dS yuza elementiga to'g'ri keluvchi zaryad miqdori.
- σ — siriy (yuzaviy) zaryad zichligi.

4-rasm. Sirti yaryad zichligi tushunchasi (zaryadlangan sirt)

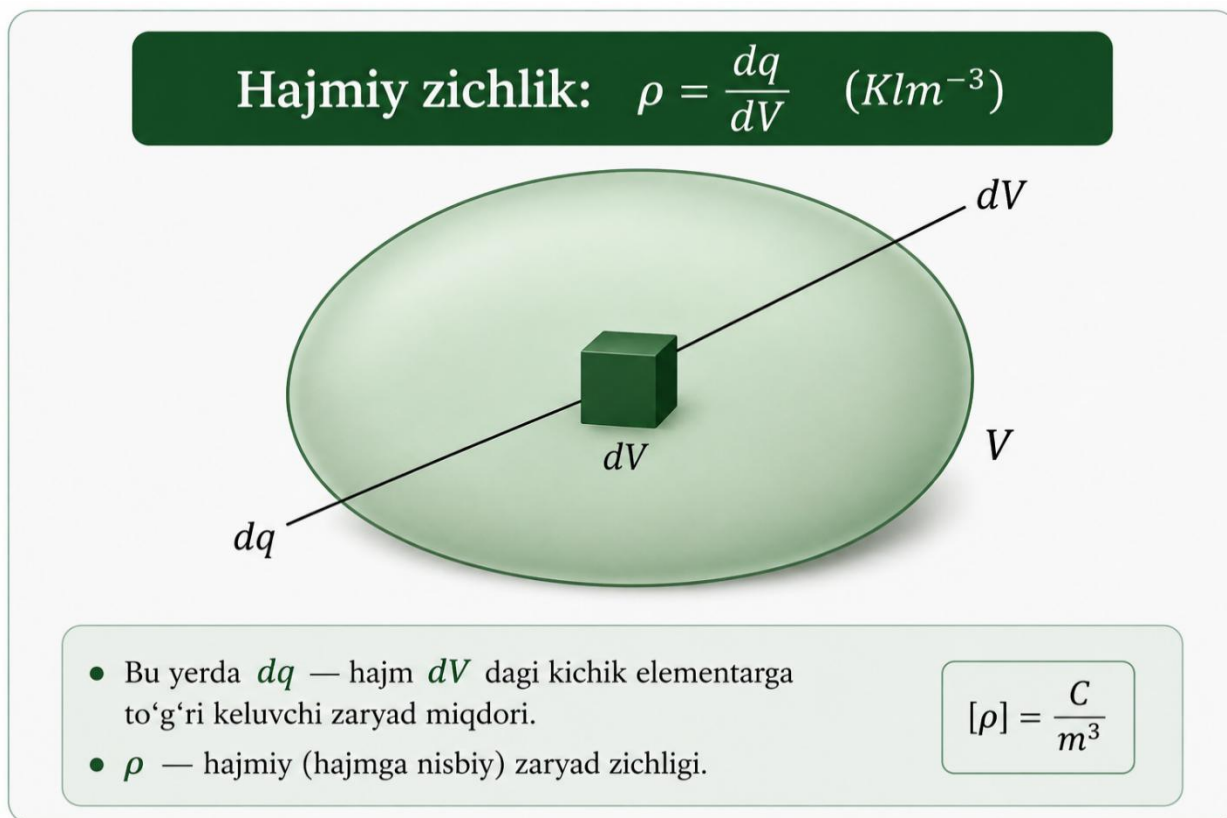
To'liq zaryad sirt bo'yicha integrallash orqali topiladi:

$$q = \iint \sigma \cdot dS \quad (S \text{ bo'yicha})$$

Hajmiy zaryad zichligi (ρ)

Agar zaryad jismning butun hajmi bo'yicha taqsimlangan bo'lsa, hajm birligiga to'g'ri keladigan zaryad miqdori hajmiy zichlik deb ataladi **4-ilova**:

$$\rho = dq / dV \quad [Kl/m^3]$$



5-rasm. Hajmiy zaryad zichligi tushunchasi (zaryadlangan jism hajmi)

To'liq zaryad hajm bo'yicha integrallash orqali topiladi:

$$q = \iiint \rho \cdot dV \quad (V \text{ bo'yicha})$$

Eslatma: agar zichlik (τ , σ yoki ρ) jismning barcha nuqtalarida bir xil bo'lsa, taqsimlanish bir jinsli deyiladi va integral o'rniga oddiy ko'paytma qo'llash mumkin: $q = \tau \cdot L$, $q = \sigma \cdot S$, $q = \rho \cdot V$. Agar taqsimlanish notekis bo'lsa, zichlik koordinataning funksiyasi $\tau(l)$, $\sigma(x,y)$, $\rho(x,y,z)$ sifatida beriladi va integral shu funksiya bilan hisoblanadi.

Mustahkamlash uchun savollar

1. «Elektr va magnetizm» kursining vazifalari nimalardan iborat?
2. Elektr zaryadining qanday asosiy xossalarini bilasiz?
3. Kulon qonunini ta'riflang va formulasini yozing.
4. Kulon qonuni qanday shartlarda bajariladi?

5. Elektr doimiysi (ϵ_0) nimani bildiradi va u qanday birlikda o'lchanadi?
6. Chiziqli, sirtiy va hajmiy zaryad zichliklari qanday aniqlanadi? Ularning o'lchov birliklarini ayting.
7. Bir jinsli taqsimlangan zaryad uchun to'liq zaryadni qanday topish mumkin?

5. Asosiy tushunchalar va lug'at

Tushuncha	Belgilanishi	Qisqacha ta'rifi
Elektr va magnetizm	—	Elektr zaryadlari, elektr va magnit maydonlar hamda ularning o'zaro bog'lanishini o'rganuvchi fizika bo'limi.
Elektr zaryadi	q	Jismlarning elektromagnit o'zaro ta'sirda qatnashishini tavsiflovchi fizik kattalik.
Musbat zaryad	+q	Shartli ravishda musbat ishora bilan belgilanadigan elektr zaryadi.
Manfiy zaryad	-q	Shartli ravishda manfiy ishora bilan belgilanadigan elektr zaryadi.
Elementar zaryad	e	Elektr zaryadining elementar miqdori; proton zaryadi +e, elektron zaryadi -e.
Nuqtaviy zaryad	q	O'lchamlari qaralayotgan masofaga nisbatan juda kichik deb hisoblanadigan zaryadlangan jism modeli.
Elektrostatik o'zaro ta'sir	—	Tinch holatdagi elektr zaryadlari orasidagi o'zaro ta'sir.
Kulon kuchi	F	Ikki nuqtaviy elektr zaryadi orasida yuzaga keladigan elektrostatik kuch.
Kulon qonuni	—	Nuqtaviy zaryadlarning o'zaro ta'sir kuchi, zaryadlar miqdori va ular orasidagi masofa o'rtasidagi bog'lanishni ifodalovchi qonun.
Kulon doimiysi	k	Kulon qonunidagi proporsionallik koeffitsiyenti.
Chiziqliy zaryad zichligi	λ	Birlik uzunlikka to'g'ri keluvchi elektr zaryadi miqdori, SI birligi — C/m.
Sirtiy zaryad zichligi	σ	Birlik yuzaga to'g'ri keluvchi elektr zaryadi miqdori, SI birligi — C/m ² .
Hajmiy zaryad zichligi	ρ	Birlik hajmga to'g'ri keluvchi elektr zaryadi miqdori, SI birligi — C/m ³ .
Elektrostatika	—	Tinch holatdagi elektr zaryadlari va ular hosil qiladigan elektr maydonlarni o'rganuvchi bo'lim.
Zaryadning saqlanish qonuni	—	Izolyatsiyalangan sistemadagi elektr zaryadlarining algebraik yig'indisi o'zgarmasligini ifodalovchi qonun.