

9-ma'ruza mashg'uloti

Mavzu: Elektrostatika asoslari.

Reja:

- 1.Elektr o'zaro ta'sir.Elektr zaryadi va uning diskretligi.
- 2.Kulon qonuni.
- 3.Elektr maydoni. Maydon kuchlanganligi. Superpozitsiya prinsipi.
4. Elektr induksiya vektori kuch chiziqlari va oqimi
- 5.Ostrogradskiy – Gauss teoremasi

1.Elektr o'zaro ta'sir. Elektr zaryadi va uning diskretligi

Tajribalar ko'rsatishicha, zaryadlangan va magnitlangan jismlar, shuningdek elektr toki oqayotgan jismlar orasida *elektromagnit kuchlar* deb ataluvchi o'zaro ta'sir kuchlari mavjuddir.

Jismlar orasidagi bu o'zaro ta'sir *elektromagnit maydon* deb ataluvchi o'ziga xos vositachi materiya orqali uzatiladi.

Elektromagnit maydon nazariyasining asoschisi Faradey bir jismning boshqasiga ta'siri ularni bir-biriga tekkazish orqali yoki elektromagnit maydon deb ataluvchi, oraliq muhit orqali uzatilishi mumkin, deb hisobladi.

Maksvell esa, Faradeyning asosiy g'oyalarini matematik shaklda ifodalab, elektromagnit to'lqinlar mavjudligini ko'rsatib berdi va ularning tarqalish tezligi yorug'likning vakuumdagi tezligiga mos ekanligini isbotladi.

Atom – molekulyar nazariyaga asosan, o'zaro ta'sir kuchlari jismni tashkil etuvchi zaryadli zarrachalar orasidagi elektr o'zaro ta'sir natijasidir. Bundan, elektromagnit maydon haqiqatan ham mavjudligi va umateriyaning bir ko'rinishi ekanligi kelib chiqadi.

Elektromagnit maydonenergiya, impuls va boshqa fizikaviy xususiyatlarga egadir.

Zaryadlangan A jism atrofidagi fazoda elektrmaydon hosil bo'ladi. Bu maydon unga kiritilgan boshqa biror bir zaryadlangan V jismga ko'rsatayotgan ta'siri orqali namoyon bo'ladi. Lekin, shuni ta'kidlash lozimki, A jismning zaryadlari hosil qilgan maydon boshqa zaryadlangan jism joylashtirilmaganda ham fazoning har bir nuqtasida mavjuddir. Elektromagnit maydon mavjud bo'lgan fazo-efir yoki *vakuum* deb ataladi.

Elektron nazariyaning asosiy g'oyasini zamonaviy fizika tilida quyidagicha ifodalash mumkin: har qanday modda musbat zaryadli atom yadrosidan va manfiy zaryadli elektronlardan tashkil topgan.Elektr zaryadi ayrim elementar zarrachalarning muhim xususiyati hisoblanib, bu zarrachalarning zaryadi e – elementar zaryadga teng.

Harqanday q zaryad bir qancha elementar zaryadlardan tashkil topganligi tufayli, u doimo e – ga karrali bo'ladi.

$$q = \pm Ne, \quad (1.1)$$

Elektr zaryadlari paydo bo'lishi va yo'qolishi mumkin, ammo bu holda albatta har xil ishorali ikkita zaryad bo'lishi shart.

Shunday qilib, elektrdan ajratilgan tizimlarda zaryadlar yig'indisi o'zgarmas bo'ladi va bu *zaryadlarning saqlanish qonuni* deb ataladi.

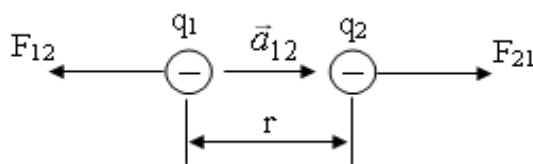
$$q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n = \sum_{i=1}^n q_i \quad (1.2)$$

2.Kulon qonuni

Nuqtaviy zaryad deb, shunday zaryadlangan jismga aytiladiki, uning o'lchamlari boshqa zaryadlangan jismlargacha bo'lgan masofaga nisbatan sezilarli darajada kichik bo'lishi kerak.

Kulon bu rama tarozi orqali nuqtaviy zaryadlar orasidagi o'zaro ta'sir kuchini, ularning zaryadlari miqdori va oralaridagi masofaga bog'liqligini o'rgandi va quyidagi xulosagakeldi: ikkita qo'zg'almas nuqtaviy zaryadlar orasidagi o'zaro ta'sir kuchi zaryadlarning har birining

miqdorlari ko'paytmasiga to'g'ri proporsional va ular orasidagi masofaning kvadratiga teskariproportsionaldir.



1 - rasm. Qo'zg'almas nuqtaviy zaryadga ta'sir etuvchi kuch

Kuchning yo'nalishi zaryadlarni tutashtiruvchi to'g'ri chiziqli bo'ylab yo'nalgandir

$$\vec{F}_{12} = -k \frac{q_1 q_2}{r^2} \vec{a}_{12}, \quad (2.1)$$

Bu yerda k – proporsionallik koeffitsienti, q_1 va q_2 ta'sir qiluvchi zaryadlar miqdori, r – zaryadlar orasidagi masofa, $\vec{a}_{12}$ – q_1 zaryaddan q_2 zaryadga yo'nalgan birlik vektor $\vec{F}_{12}$ – q_1 zaryadga ta'sir etuvchi kuchdir.

$\vec{a}_{12}$ – birlik vektor bilan o'zaro ta'sir kuchning yo'nalishini belgilasak, $\vec{F}_{21}$ – kuch $\vec{F}_{12}$ kuchdan yo'nalishi va ishorasi bilan farq qiladi:

$$\vec{F}_{21} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \vec{a}_{12}, \quad (2.2)$$

$\vec{F}_{12}$ va $\vec{F}_{21}$ – kuchlarning moduli bir-biriga tengdir:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}, \quad (2.3)$$

Ikkita zaryadlar orasidagi o'zaro ta'sir kuchi, ular yaqiniga boshqa zaryadlar yaqinlashtirilsa, o'zgarmaydi.

Agar q_a – zaryad atrofida $q_1, q_2, \dots, q_n$ zaryadlar to'plami bo'lsa, natijaviy kuch quyidagiga teng bo'ladi:

$$\vec{F} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_{a_i} \quad (2.4)$$

Kulon qonunida – proporsionallik koeffitsientining son qiymatini xohlagancha tanlab, unga istalgan birlikni berish mumkin, ammo amalda eng qulay bo'lgan birliklar tizimi ishlatiladi.

Elektrostatikada qulay birliklardan biri absolyut yoki Gauss birliklar tizimidir. Bu SGS birliklar tizimi bilan elektr birliklari majmuasidir – ya'ni SGSE zaryadlar birliklar tizimidir. Ba'zi paytlarda, SGSE ni – absolyut elektrostatik birliklar tizimi deb ataladi.

Gauss birliklar tizimida k – proporsionallik koeffitsienti 1 ga teng hisoblanadi va zaryad birligi quyidagiga teng bo'ladi:

$$[q] = [F^{1/2} L] = M^{1/2} L^{3/2} T^{-1} \quad (2.5)$$

SGSE – zaryad birligi qilib, shunday nuqtaviy zaryad olinadiki, bu zaryadga vakuumda 1 sm masofada shunday nuqtaviy zaryad 1 dina kuch bilan ta'sir qiladi.

Zaryadning amaliy birligi qilib 1 Kulon (K) olinadi. $1K = 2,998 \cdot 10^9$ SGSE zaryad birligi (z.b.)

XBTizimida 1 Kulon zaryad birligi 1 sek vaqt ichida 1 Amper tok o'tishi uchun zarur bo'lgan zaryad miqdoriga tengdir: $Q = I \cdot t = 1 \text{ Amper} \cdot 1 \text{ sek} = 1K$

Bu holda $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ ga tengdir.

Zaryadlar ta'sir etuvchi muhit vacuum bo'lsa, u muhit ϵ_0 – dielektrik singdiruvchanlikka ega bo'ladi, u holda, Kulon qonuni quyidagicha yoziladi:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (2.6)$$

Agar $q_1, q_2 = 1 K = 3 \cdot 10^9$ SGSE z.b. bo'lsa

$$F = \frac{3 \cdot 10^9 \cdot 3 \cdot 10^9}{(10^2 \text{ sm})^2} = 9 \cdot 10^{14} \frac{\text{g} \cdot \text{sm}}{\text{s}^2} (\text{dina}) = 9 \cdot 10^9 \text{ N}$$

Ga teng bo'ladi. Boshqa tarafdin

$$F = \frac{1K \cdot 1K}{4\pi\epsilon_0 \cdot 1 \cdot m^2} = 9 \cdot 10^9 \text{ N}$$

Bundan,

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9} \left(\frac{F}{m} \right) = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{F}{m} \left(\frac{K^2}{N \cdot m^2} \right)$$

3. Elektr maydoni. Maydon kuchlanganligi. Superpozitsiya prinsipi.

Qo'zg'almas zaryadlar orasidagi o'zaro ta'sir elektrmaydoni orqali sodir bo'ladi. Nima uchun qo'zg'almas zaryadlarning o'zaro ta'siri deyishimizga katta sabab bor.

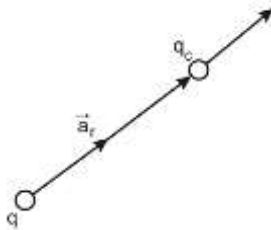
Efirda elektromagnit maydon borligiga oldinroq e'tibor bergan edik. Magnit maydoni asosan harakatdagi zaryadlarga ta'sir etadi. Aksincha, harakatdagi zaryad magnit maydonini hosil qiladi. Shu sababli, zaryadlarning elektrmaydonini o'rganishda doimo qo'zg'almas zaryadlarni tanlab olamiz. Bu bilan elektromagnitmaydonini xuddi ikkiga ajratib, faqat elektrmaydonidagi hodisalarni o'rganamiz, deb tasavvur etamiz.

Har qanday zaryad o'zi egallagan fazoda elektr maydoni hosil qilishi bilan, fazoga o'zgartirish kiritadi. Hosil bo'lgan elektr maydoni, shu maydonning istalgan nuqtasiga kiritilgan zaryadga, ma'lum bir kuch bilan ta'sir qiladi. Bu maydon birligini bilish uchun shu fazoga – maydonga sinovchi zaryadni kiritamiz.

Agar q – zaryad maydoniga q_c sinovchi zaryad kiritsak va uni qo'zg'almas deb hisoblasak, q_c – zaryadga quyidagi kuch ta'sir etadi (2 - rasm):

$$\vec{F} = \left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \vec{a}_r \right) \cdot q_c \quad (3.1)$$

$\vec{a}_r$ – birlik vektor. Demak, bu kuch q_c – sinovchi va elektrmaydonini hosil qiluvchi q – zaryadlar miqdoriga bog'liqdir.



2-rasm. Elektr maydoniga kiritilgan sinovchi zaryadga ta'sir etuvchi kuch

Agar q zaryad maydoni atrofida q_c^1, q_c^2 har xil sinovchi zaryadlar kiritsak, ta'sir etuvchi kuchlar F^1, F^2 bo'ladi va F^i/q_c^i nisbat doimo o'zgarmas $\left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \vec{a}_r \right)$ qiy-

matga teng bo'ladi, ya'ni q zaryadning hosil qilgan maydonining xususiyatini belgilaydi. Bu nisbat hosil bo'lgan *elektr maydonining kuchlanganligi* deb ataladi:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_c}, \quad (3.2)$$

Bu maydon kuchlanganligi asosan, $\vec{F}$ - kuch va sinovchi zaryad turgan masofa bilan belgilanadi:

$$\vec{E} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \cdot \vec{a}_r \quad (3.4)$$

XB – tizimida 1 Kl zaryadga 1 m masofada 1 N kuch ta'sir etishini bildiradi va V/m bilan o'lchanadi.

$$E = \frac{1}{4\pi[1/4\pi \cdot 9 \cdot 10^9]} = 9 \cdot 10^9 \frac{V}{m}$$

Agar $\vec{F} = q\vec{E}$ bo'lsa, musbat zaryadga ta'sir etuvchi kuch yo'nalishi $\vec{E}$ vektor bilan mos tushadi, manfiy zaryadga ta'sir etuvchi kuch esa, $\vec{E}$ maydon yo'nalishiga teskari bo'ladi.

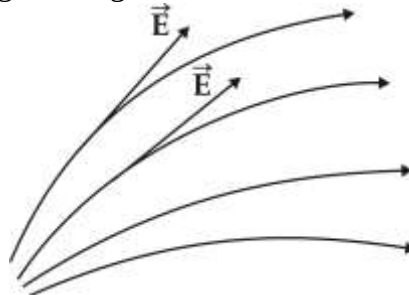
Agar qaralayotgan nuqta, sirt yoki hajmda N ta zaryadlar to'plami bo'lsa, ular hosil qilgan maydon kuchlanganligi alohida zaryadlar elektrmaydon kuchlanganligining vektor yig'indisiga teng bo'ladi:

$$\vec{E} = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i, \quad (3.5)$$

Ana shu ifoda elektr maydonlarining *super pozitsiyaprintsipi* yoki qo'shilish printsipi deb ataladi.

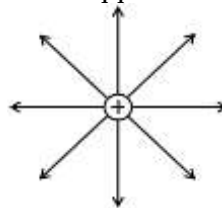
Zaryadning fazodagi elektr maydonini ko'rinishini tasvirlash uchun elektrmaydon kuchlanganligi chiziqlaridan foydalanamiz(3-rasm).

Agar elektr maydon kuch chiziqlari egri chiziqdan iborat bo'lsa, kuchlanganlik chiziqlari har bir nuqtaga o'tkazilgan urinmadan iborat bo'ladi. Chiziqlar zichligi elektr maydon kuchlanganligining shu nuqtadagi kattaligini bildiradi.



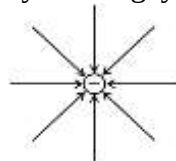
3-rasm. Elektr maydon kuchlanganligi chiziqlari

Nuqtaviy zaryad maydon kuchlanganligi chiziqlari radial chiziqlardan iboratdir. Musbat zaryad uchun kuch chiziqlari yo'nalishi zaryaddan chiqqan bo'ladi (4- rasm).



4-rasm. Musbat nuqtaviy zaryad elektr maydon kuch chiziqlari

Manfiy zaryad uchun esa, kuch chiziqlari yo'nalishi zaryadga yo'nalgan bo'ladi (5 - rasm). Kuch chiziqlari bir zaryaddan chiqib ikkinchi zaryadda tugaydi.



5-rasm. Manfiy nuqtaviy zaryad elektrmaydon kuch chiziqlari

4. Elektr induksiya vektori kuch chiziqlari va oqimi

Elektr maydon kuchlanganligi va kuch chiziqlari to'g'risida so'z yuritgan edik: musbat nuqtaviy zaryadning kuch chiziqlari zaryad markazidan tashqariga yo'nalgan radial chiziqlardan

iborat edi; manfiy nuqtaviy zaryad kuch chiziqlari markazga yo'nalgan radial chiziqlardan iboratdir. Ammo, bu kuch chiziqlari qaergacha davom etadi?

Vakuumda kuch chiziqlari uzluksizdir. Dielektrlarda bo'linish chegarasigacha davom etadi, ya'ni cheklangan bo'ladi.

Shunday qilib, bir jinsli bo'lgan dielektrlarda kuch chiziqlarining uzluksizlik sharti bajarilmaydi. Shuning uchun ham, ixtiyoriy ko'rinishdagi dielektrlar ichidagi maydonni tavsiflash uchun uning bo'linish chegarasidan uzluksiz o'tadigan yangi $\vec{D}$ vektor kattalik kiritiladi.

Bu vektor kattalik *elektr induksiya vektori* deb ataladi.

Elektr induksiya vektori chiziqlari ixtiyoriy muhitda uzluksiz bo'lishi uchun, $\vec{E}$ kuchlanganlik vektori bilan quyidagi munosabatda bog'langan bo'lishi shart.

$$\vec{D} = \varepsilon \varepsilon_0 \vec{E} \quad , \quad (4.1)$$

ya'ni

$$\vec{D} = \frac{\varepsilon \varepsilon_0}{4\pi \varepsilon_0} \frac{q}{r^3} \vec{r} = \frac{1}{4\pi} \frac{q}{r^3} \vec{r} \quad ,$$

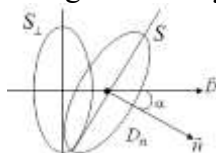
bu yerda $\varepsilon \varepsilon_0$ – vakuum bilan dielektrikning elektr singdiruvchanliklaridan qutilganimiz uchun,

elektr induksiya vektori $\vec{D}$ ning uzluksizligi ta'minlanadi. Shu sababli, elektr kuch chiziqlari bir muhitdan ikkinchi muhitga o'tishda uzluksizligi ta'minlanganligi uchun (13) - ifodani ko'pinchalik *elektr ko'chishi* deb ataladi. Skalyar ko'rinishda

$$D = \frac{1}{4\pi} \frac{q}{r^2} \quad , \quad (4.2)$$

ga ega bo'lamiz. Shunday qilib, ixtiyoriy muhitda nuqtaviy zaryad hosil qilgan maydonning biror nuqtasidagi induksiya shu zaryadga to'g'ri proporsional, masofa kvadratiga teskari proporsionaldir.

Elektr induksiya vektori $\vec{D}$ miqdor jihatdan bir birlik yuzadan tik ravishda o'tayotgan induksiya chiziqlarini, ya'ni uning sirt zichligini ifodalaydi (6 - rasm).



6 - rasm. Elektr induksiya vektori

Bir jinsli elektr maydonidagi ixtiyoriy S yuza orqali tik ravishda o'tayotgan induksiya chiziqlari *induksiya oqimlari* deb ataladi.

$$N = D_n S = D S_{\perp} = D S \cos \alpha \quad , \quad (6.1)$$

Agar elektr maydoni bir jinsli bo'lmasa

$$\vec{D} \neq \text{const}$$

u holda, dS elementar yuza sohasidagi maydonni bir jinsli deb hisoblash mumkin. U vaqtda (6.1) ifoda quyidagi differentsial ko'rinishga ega bo'ladi:

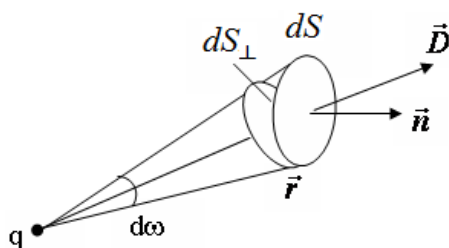
$$dN = D_n dS = D dS \cdot \cos \alpha \quad , \quad (6.2)$$

Ixtiyoriy S sirtidan o'tuvchi elektr induksiya oqimi N cheksiz ko'p shunday elementar elektr induksiya oqimlari dN ning yig'indisi bilan ifodalanadi:

$$N = \int_S D_n dS = \int_S D dS_{\perp} \quad (6.3)$$

5. Ostrogradskiy – Gauss teoremasi

Faraz qilaylik, q zaryad ixtiyoriy yopiq S sirt ichida joylashgan bo'lsin (7 - rasm).



7 - rasm. Ėpiq sirtning fazoviy burchagiga to'g'ri keluvchi elektr induksiya vektori
Elektr induksiya vektorining ifodasiga ko'ra:

$$\vec{D} = \frac{1}{4\pi} \frac{q}{r^3} \vec{r} \quad (5.1)$$

bu yerda $\vec{D}$ – vektor zaryad joylashgan nuqtadan chiqqan bo'lib, $\vec{r}$ – radius - vektor bo'ylab yo'naladi. Shuning uchun $\vec{n}$ normal bilan $\vec{D}$ vektor orasidagi fazoviy burchak dS va $dS_{\perp}$ sirlari orasidagi burchakka tengdir. U vaqtda elementar dS sirtidan chiqayotgan elektr induksiya oqimi quyidagiga teng bo'ladi:

$$dN = \frac{1}{4\pi} \frac{q}{r^2} \cdot dS_{\perp}, \quad (5.2)$$

bu yerda $\frac{dS_{\perp}}{r^2} = d\omega$ – elementar fazoviy burchakka teng bo'lgani uchun

$$dN = \frac{1}{4\pi} q \cdot d\omega, \quad (5.3)$$

ega bo'lamiz.

Agar butun shar sirti bo'yicha integrallasak

$$N = \oint_S \frac{q}{4\pi} d\omega = \frac{q}{4\pi} \times 4\pi = q, \quad (5.4)$$

Ostrogradskiy – Gauss teoremasining matematik ifodasiga ega bo'lamiz. Ėpiq sirtidan chiqayotgan elektr induksiya oqimi shu sirt ichidagi zaryad miqdoriga teng.

TEST SAVOLLARI

1. Quyiga keltirilgan ta'riflardan zaryadning **XBT (SI)** tizimidagi birligini tanlang.
A) 1 kulon – bu tok kuchi 1 A bo'lganda otkazgichning ko'ndalang kesimidan 1 min da oqib o'tadigan zaryad
B) 1 kulon – bu tok kuchi 1 A bo'lganda otkazgichning ko'ndalang kesimidan 1 s da oqib o'tadigan zaryad
C) 1 kulon – bu tok kuchi 1 A bo'lganda otkazgichning ko'ndalang kesimi birlik yuzasidan 1 s da oqib o'tadigan zaryad
D) 1 kulon – bu shunday zaryadki, u vakuumda joylashtirilgan, unga teng bo'lgan zaryadga 1 m masofada 1 N kuch bilan ta'sir etadi.
2. Vakuumda elektrostatik maydon qanday hosil qilinadi:
A) Qo'zg'almas elektr zaryadlari bilan
B) Magnitlangan jismlar bilan.
C) Harakatdagi elektr zaryadlari bilan
D) Elektr toki bilan
E) O'zgaruvchan magnit maydonlari bilan
3. Elektrostatik maydon quyidagi keltirilgan xususiyatlarning qaysi biriga ega?
A) Moddiy jismga kuch ta'siri o'tkazadi.
B) Zaryadlangan zarrachalar yoki jismga kuch ta'siri o'tkazadi.
C) Tokli o'tkazgichga kuch ta'siri o'tkazadi.
D) Energiyaga ega.
E) Vaqt bo'yicha o'zgaruvchi magnit maydoniga asoslangan.
4. Quyidagi keltirilgan ta'riflardan qaysi biri elektr zaryadining saqlanish qonunini ifodalaydi?
A) Har qanday jismning zaryadi elementar zaryadga butun karrali hisoblanadi: $q = \pm Ne$.
B) Istalgan yopiq tizimda zaryadlangan jismlar elektr zaryadlarining algebraik yig'indisi o'zgarmaydi $q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n = const$
C) Elektr zaryadlari paydo ham bo'lmaydi, yo'qolmaydi ham.
D) Elektr yopiq tizimda musbat zaryadlar soni manfiy zaryadlar soniga teng.
5. Dielektrik muhitda joylashgan nuqtaviy zaryadlar uchun Kulon qonuni ifodasini aniqlang.
A) $F = k \frac{q_1 q_2}{\epsilon r^2}$ B) $\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \iint_{q_1 q_2} \frac{dq_1 dq_2}{r^3} \vec{r}$
C) $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ D) $F = k \frac{q_1 q_2}{\epsilon r}$
6. Vakuum (bo'shliq)da joylashgan nuqtaviy zaryadlar uchun Kulon qonuni ifodasini aniqlang:
A) $F = k \frac{q_1 q_2}{\epsilon r^2}$ B) $\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \iint_{q_1 q_2} \frac{dq_1 dq_2}{r^3} \vec{r}$
C) $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ D) $F = k \frac{q_1 q_2}{\epsilon r}$
7. Makroskopik zaryadlangan jismlar uchun Kulon qonuni ifodasini aniqlang
A) $F = k \frac{q_1 q_2}{\epsilon r^2}$ B) $\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \iint_{q_1 q_2} \frac{dq_1 dq_2}{r^3} \vec{r}$
C) $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ D) $F = k \frac{q_1 q_2}{\epsilon r}$
8. Zaryadlangan o'tkazgichning ortiqcha statik elektr miqdori qayerda joylashgan?
A) Faqat o'tkazgich ichida .
B) Faqat o'tkazgich sirtida.

C) O'tkazgich sirtida va ichida.

D) Butun hajm bo'yicha.

9. q va $-2q$ elektr zaryadlarini tashuvchi ikkita bir xil o'tkazgich bir-biriga tekkizildi. Tekkizilgandan keyin har qaysi o'tkazgichning zaryadi qanday bo'ladi?

A) $-q$

B) q

C) $-q/2$

D) $q/2$

10. Nuqtaviy zaryadlar orasidagi ta'sir kuchini **2 marta** kamaytirish uchun, ular orasidagi masofani qanchaga o'zgartirish kerak?

A) $\sqrt{2}$ marta oshirish

B) $\sqrt{2}$ marta kamaytirish

C) 4 marta oshirish

D) $\sqrt{3}$ marta oshirish

11. Ikkita nuqtaviy zaryadlarni nisbiy dielektrik singdiruvchanligi ϵ bo'lgan muhitdan vakuumga (bo'shliqqa) ko'chirilganda, ularning ta'sir kuchi qanday o'zgaradi.

(zaryadlar orasidagi masofa $r = \text{const}$)

A) ϵ marta ortadi

B) ϵ marta kamayadi

C) $\epsilon_0\epsilon$ marta kamayadi

D) $\epsilon_0\epsilon$ marta ortadi

12. Elektr zaryadi $q_1 = 2 \text{ nC}$ bo'lgan suv tomchisi, $q_2 = -4 \text{ nC}$ zaryadli boshqa suv tomchisi bilan birlashtirilgan. Hosil bo'lgan tomchining zaryadi qanday bo'ladi?

A) 2 nC

B) -2 nC

C) -3 nC

D) 3 nC

13. Ikkita nuqtaviy zaryadlar orasidagi masofani **2 marta** kamaytirsak, ularning o'zaro ta'sir kuchi qanday o'zgaradi?

A. 2 marta kamayadi

B. 4 marta kamayadi

C. 2 marta ortadi

D. 4 marta ortadi

14. Elektrostatik maydon kuchlanganligining fizik ma'nosini aniqlang?

A) Maydonning kuch xarakteristikasi

B) Maydon tomonidan, maydonning shu nuqtasida joylashgan birlik musbat zaryadga ta'sir etuvchi kuchga miqdoran teng bo'lgan, va kuch ta'siri tomon yo'nalgan kattalik.

C) Maydonning ixtiyoriy nuqtasiga joylashtirilgan nuqtaviy birlik musbat sinov zaryadi potentsiali energiyasining, shu zaryadga nisbatiga teng bo'lgan kattalik

D) Maydonning energetik xarakteristikasi

15. Kuchlanganligi $2 \cdot 10^2 \text{ N/C}$ bo'lgan elektr maydoniga 10^{-7} C zaryad kiritildi. Zaryadga qanday kuch ta'sir etadi?

A) $2 \cdot 10^{-5} \text{ N}$

B) $2 \cdot 10^{-5} \text{ C}$

C) $0,5 \cdot 10^{-5} \text{ N}$

D) $0,5 \cdot 10$

16. Elektrostatik maydon kuchlanganligini aniqlash formulasini ko'rsating?

A) $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$

B) $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \frac{\vec{r}}{r}$

C) $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots + \vec{E}_n$

D) $E = (\varphi_1 - \varphi_2) \cdot q$

17. Nuqtaviy zaryadning elektrostatik maydon kuchlanganligi formulasini aniqlang:

$$\begin{array}{ll} \text{A)} E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0\varepsilon} & \text{B)} E = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon r^2} \\ \text{C)} E = \frac{\tau}{2\pi\varepsilon_0\varepsilon a} & \text{D)} E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0\varepsilon} \end{array}$$

18. Elektronning xarakteristikasini to'g'ri ko'rsating:

$$\begin{array}{lll} \text{A)} \begin{array}{l} e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ K}\mathcal{L} \\ m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ K}\mathcal{Z} \end{array} & \text{B)} \begin{array}{l} e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ K}\mathcal{L} \\ m = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ K}\mathcal{Z} \end{array} & \text{C)} \begin{array}{l} e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ K}\mathcal{L} \\ m = 1,67 \cdot 10^{-31} \text{ K}\mathcal{Z} \end{array} \\ \text{D)} \begin{array}{l} e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ K}\mathcal{L} \\ m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ K}\mathcal{Z} \end{array} & & \end{array}$$

19. Elektrostatik maydonning kuch chiziqlari deb nimaga aytiladi?

- A) Kuchlanganliklari teng nuqtalarning geometrik o'rni bo'lgan egri chiziqlar;
- B) Har bir nuqtasidan o'tkazilgan urinma zaryadning, shu nuqtasidagi tezlik vektorining yo'nalishiga mos keluvchi egri chiziqlar;
- C) Potensial teng nuqtalarning geometrik o'rni bo'lgan egri chiziqlar;
- D) Egri chiziqqa o'tkazilgan urinmalar elektr maydon kuchlanganligi vektoriga mos tushadi;

20. Elektrostatik maydon kuchlanganligining fizik ma'nosini aniglang?

- A) Maydonning kuch xarakteristikasi
- B) Maydon tomonidan, maydonning shu nuqtasida joylashgan birlik musbat zaryadga ta'sir etuvchi kuchga miqdoran teng bo'lgan, va kuch ta'siri tomon yo'nalgan kattalik.
- C) Maydonning ixtiyoriy nuqtasiga joylashtirilgan nuqtaviy birlik musbat sinov zaryadi potentsiali energiyasining, shu zaryadga nisbatiga teng bo'lgan kattalik
- D) Maydonning energetik xarakteristikasi

21. Kuchlanganligi $2 \cdot 10^2 \text{ N/C}$ bo'lgan elektr maydoniga 10^{-7} C zaryad kiritildi. Zaryadga qanday kuch ta'sir etadi?

$$\text{A)} 2 \cdot 10^{-5} \text{ N} \quad \text{B)} 2 \cdot 10^{-5} \text{ C} \quad \text{C)} 0,5 \cdot 10^{-5} \text{ N} \quad \text{D)} 0,5 \cdot 10$$

22. Elektrostatik maydon kuchlanganligini aniqlash formulasini ko'rsating?

$$\begin{array}{lll} \text{A)} \vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} & \text{B)} \vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q}{r^2} \frac{\vec{r}}{r} & \text{C)} \vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots + \vec{E}_n \end{array}$$

$$\text{D)} E = (\varphi_1 - \varphi_2) \cdot q$$

6 – Laboratoriya ishi

Nuqtaviy zaryadlarning elektr maydoni.

Ma’ruzalar matni va o‘quv qo‘llanmasi bilan tanishing (Savelyev, t.2 §5-10).

Ishning maqsadi

- Nuqtaviy manbalarning elektr maydonini modellashirish bilan tanishish.
- Nuqtaviy zaryad va elektr dipoli(ED)ning elektr maydonlari qonuniyatlarining tajribada tasdiqlanishi.
- Elektr doimiysining qiymatini tajribada aniqlash.

Qisqacha nazariya

Qo‘zg‘almas zaryadlarning elektr maydoni elektrostatik maydon deyiladi. U vaqt o‘tishi bilan o‘zgarmaydi. Elektrostatik maydon faqat elektr zaryadlari tomonidan hosil qilinadi. U zaryadlar atrofini o‘rab turuvchi fazoda hosil bo‘ladi va ular bilan chambarchas bog‘langan. "Zaryad" deb zaryadlangan zarrachaga, "nuqtaviy zaryad" deb esa elektr zaryadiga ega bo‘lgan moddiy nuqtaga aytiladi.

Elektr zaryadining asosiy xossalari:

1. Eng asosiy xususiyati – 2 turda, ya’ni, "musbat" va "manfiy" turlarda mavjud bo‘lishidir. Bir xil ishorali zaryadlar itarishadi, har xil ishorali zaryadlar tortishadi.
2. Zaryad diskret bo‘lib, har bir jismning zaryadi miqdor jihatdan elektron zaryadiga ($e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ K}\pi$) karralidir.
3. Zaryad invariantdir, ya’ni uning qiymati ixtiyoriy inersial sanoq tizimida bir xil.
4. Zaryad additivdir, ya’ni, jismlar tizimining zaryadi alohida olingan jismlar zaryadlarning yig‘indisiga teng.
5. Zaryad saqlanadi – izolatsiyalangan (yopiq) jismlar tizimining to‘la elektr zaryadi bu tizimda sodir bo‘ladigan jarayonlarda o‘zgarmaydi.

Nuqtaviy zaryadlar Kulon qonuni bo‘yicha o‘zaro ta’sirlashadi

$$\vec{F} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r^3} \cdot \vec{r}$$

bu yerda $\vec{r}$ – birlik radius vektor bo‘lib, zaryadlarni tutashtiruvchi to‘g‘ri chiziq bo‘ylab yo‘nalgan.

Elektr maydon kuchlanganligi nuqtaviy zaryadga maydon tomonidan ta’sir etuvchi kuchning shu zaryad miqdoriga nisbatiga teng.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

Nuqtaviy zaryadning maydon kuchlanganligi:

$$\vec{E} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r^2} \vec{r}$$

EM grafik ko‘rinishda kuchlanganlik chiziqlari yoki kuch chiziqlari orqali ta’svirlanadi. Kuch chiziqlari deb, shunday chiziqlarga aytiladiki, ularning har bir nuqtasiga o‘tkazilgan urinma vektorning yo‘nalishi bilan mos tushadi.

EM uchun superpozitsiya prinsipi bajariladi: bir necha manba hosil qilgan EM kuchlanganligi, har bir manba hosil qilgan maydon kuchlanganligi vektorlarining geometrik yig‘indisiga teng.

$$\vec{E} = \sum_i \vec{E}_i$$

EM kuchlanganlik vektori oqimi deb, EM kuchlanganligi bilan sirt elementining skalyar ko'paytmasidan biror S sirt bo'ylab olingan integralga aytiladi:

$$\Phi_E = \int_S \vec{E} d\vec{S}$$

bunda $d\vec{S}$ vektor sirtga tushirilgan normal bo'ylab yo'nalgan.

EM uchun Ostrogradskiy - Gauss teoremasi:

Yopiq S sirt orqali kuchlanganlik vektori oqimi, shu sirt ichidagi zaryad yig'indisiga proporsionaldir

$$\Phi_E = \oint_S \vec{E} d\vec{S} = \frac{1}{\epsilon_0} \sum_i q_i$$

Berilgan nuqtada EM potentsiali deb, birlik musbat zaryadni berilgan nuqtadan cheksizlikka ko'chirishda bajarilgan ishga miqdor jihatdan teng bo'lgan skalyar kattalikka aytiladi:

$$\varphi = \frac{A_{1\infty}}{q} \quad \text{yoki} \quad \varphi(r) = \int_{r_1}^{\infty} \vec{E} d\vec{r}$$

Kuchlanganlik va potentsial o'rtasidagi bog'lanish:

$$\vec{E} = -\text{grad}\varphi$$

bu yerda gradiyent operatori

$$\text{grad} = \left\{ \frac{\partial}{\partial x}; \frac{\partial}{\partial y}; \frac{\partial}{\partial z} \right\} = \vec{\nabla}$$

Dipol turli ishorali, modul jihatdan teng 2 ta zaryaddan iborat bo'lgan, bir – biridan masofada joylashgan va o'zaro bog'langan tizimdir ($\vec{l}$ - dipol yelkasi bo'lib, manfiy zaryaddan musbat zaryad tomon yo'nalgan).

Dipol momenti quyidagicha aniqlanadi:

$$\vec{p} = q\vec{l}$$

$\vec{p}$ vektor manfiy zaryaddan musbat zaryad tomon yo'nalgan.

Dipolning EM kuchlanganligi maydonlar superpozitsiya prinsipini qo'llash orqali topiladi:

1. Umumiy holda,

$$E = \frac{p}{4\pi\epsilon_0 r^3} \sqrt{1 + 3\cos^2 \alpha},$$

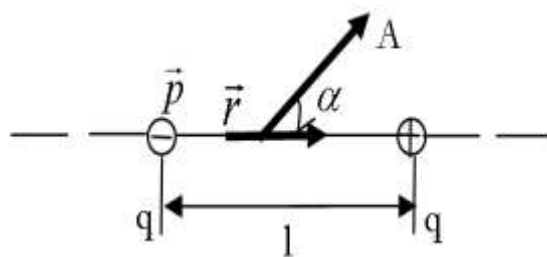
bunda r –dipol markazidan maydon kuchlanganligi aniqlanayotgan nuqtaga o'tkazilgan radius vektor qiymati, α - r va dipol yelkasi orasidagi burchak.

2. Xususiy hollarda:

a)dipol o'qida yotgan nuqtada ($\alpha = 0$)
$$E = \frac{p}{2\pi\epsilon_0 r^3}$$

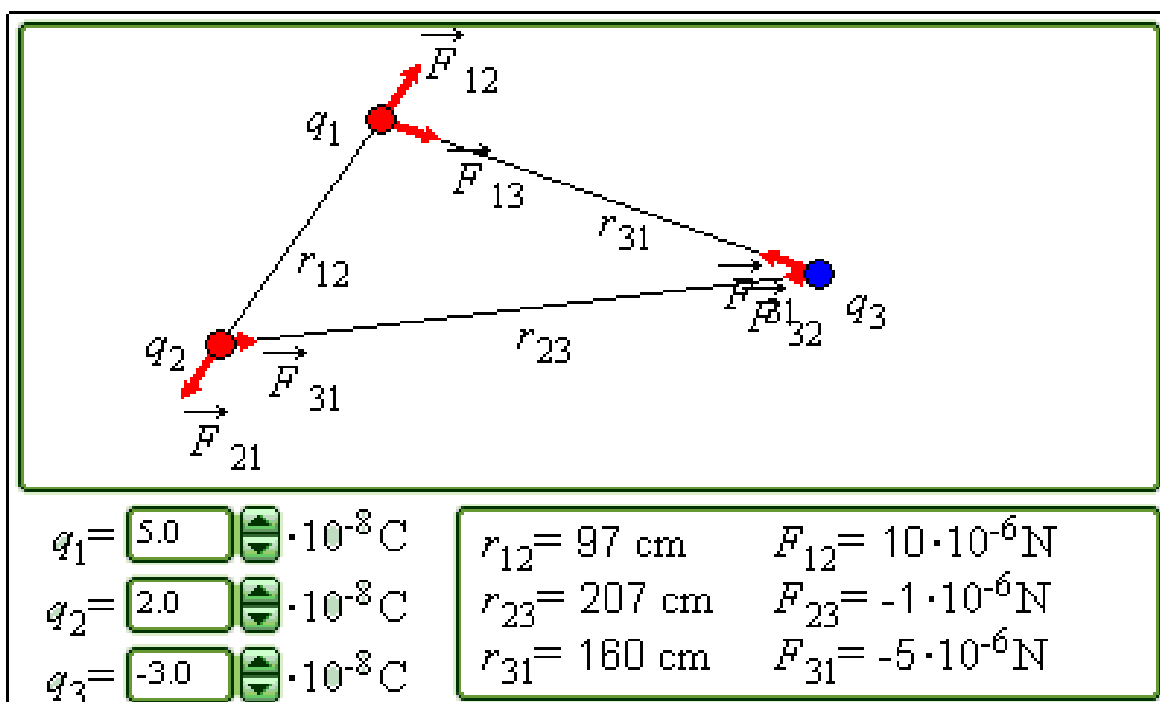
b)dipol yelkasining o'rtasiga tushirilgan perpendikular yotgan nuqtada ($\alpha = \frac{\pi}{2}$)

$$E = \frac{p}{4\pi\epsilon_0 r^3}$$



O'lchash usuli va tartibi

Ushbu laboratoriya ishida elektr maydonlarining superpozitsiya prinsipini tasvirlab beruvchi kompyuter modelidan foydalaniladi. 3 ta nuqtaviy zaryaddan iborat tizimda har ikki zaryad uchinchisi borligidan qat'iy nazar o'zaro Kulon qonuniga asosan ta'sirlashadi. Uchta zaryadning qiymati, ishorasi va orasidagi masofasini o'zgartirish mumkin. Zaryadlarni ko'chirish kursorni tanlangan zaryad ustiga qo'yib, sichqonchani chap tugmasini bosish orqali amalga oshiriladi. Displayda o'zaro ta'sir kuchining qiymati ko'rinadi. Ta'sir kuchining musbat qiymatiga zaryadlangan zarralarning itarilishi, manfiy qiymatiga esa tortishish mos keladi.



Rasmni diqqat bilan qarab chiqing va keraklisini daftaringizga chizib oling.

1 – jadval. O'lchash natijalari (9ta ustun)

(cm) =	20	30	...	100
$1/r^2, \text{ m}^{-2}$				
$E_1, \text{ B/M}$				
$E_2, \text{ B/M}$				
$E_3, \text{ B/M}$				
$E_4, \text{ B/M}$				

2 – jadval. q_1 zaryadning qiymatlari (10^{-8} Kl) (ko‘chirib olmang)

Brigadalar				
1 va 5	4	6	8	10
2 va 6	4	5	9	10
3 va 7	-4	-5	-7	-9
4 va 8	-4	-6	-8	-10

Namunadan foydalanib 1- jadvalni tayyorlang.
Xuddi 1–jadvalga o‘xshash 3 va 4 –jadvallarni ham tayyorlang, faqat ularda 2–qator boshqacha bo‘lib, uning mazmunikeying bo‘limda beriladi.

O‘lchashlarni bajarish uchun o‘qituvchidan ruxsat oling.

O‘lchashlar

1 – tajriba. Nuqtaviy zaryad maydonini tekshirish

"Sichqoncha" bilan q_1 zaryadni ushlab harakatlantiring va uni tajriba maydonining chap chegarasi yaqiniga joylashtiring.

Birinchi zaryadning qiymatini o‘zgartiruvchi surilmani "sichqoncha" yordamida harakatlantirib, Sizning brigadangiz uchun 2–jadvalda ko‘rsatilgan zaryad qiymatini o‘rnating.

q_3 zaryadni birinchi zaryad tagiga joylashtiring va unga 0 qiymat bering. q_2 zaryadning qiymatini 10^{-8} Kl ga teng qilib o‘rnating.

"Sichqoncha"ning chap tugmasini bosib, q_2 zaryadni o‘ng tomon siljiting va birinchi zaryadgacha bo‘lgan r_{12} masofani 1-jadvalda berilgan qiymatda qo‘ying. $E_1 = \frac{F_{12}}{q_2}$ ning

berilgan nuqtalarda o‘lchangan qiymatlarini 1 – jadvalning tegishli qatoriga kiriting.

Tajribani q_1 zaryadning 2 – jadvalda ko‘rsatilgan boshqa uchta qiymati uchun takrorlang va E_2 , E_3 , E_4 larning qiymatini 1 – jadvalga yozing.

2 – tajriba. Dipol maydonini tekshirish.

"Sichqoncha" bilan dipolning ikkinchi zaryadi (q_3) qiymatini o‘zgartiruvchi surilmani harakatlantiring va 2 –jadvalda brigadangiz uchun ko‘rsatilgan zaryad miqdorini ishorasini o‘zgartirgan holda qo‘ying.

q_3 zaryadni shunday siljitingki, dipolning elektr momenti vertikal bo‘lsin, dipol yelkasi ($L = r_{13}$) esa 10 sm ga teng bo‘lsin.

"Sichqoncha"ning chap tugmasini bosib turgan holda ikkinchi zaryadni dipol o‘qi bo‘ylab siljiting.

Dipol o'qidan 1-jadvalda ko'rsatilgan (r) masofada $E_1 = \frac{F_{12}}{q_2}$, $L = r_{12}$ ning qiymatlarini

o'lchang va 3 – jadvalga kiriting (3-jadval 1-jadvalga o'xshash bo'ladi, faqat 2-qatorda ($1/r^3$, $\mathcal{M}^{-3}$) yoziladi).

Tajribani q_1 (va q_3) zaryadning 2-jadvalda ko'rsatilgan boshqa uchta qiymati uchun takrorlang va E_2 , E_3 , E_4 larning qiymatini 3 – jadvalga yozing.

Natijalar ustida ishlash va hisobot tayyorlash

1 va 3-jadvallarning ikkinchi qatoridagi qiymatlarni hisoblang va yozing.

Alohida bir varaqqa nuqtaviy zaryad EM kuchlanganligi (YE) bilan masofa kvadratining teskari qiymati ($1/r^2$) bog'liqlanishi grafigini chizing.

Ikkinchi varaqqa dipol o'qidagi EM kuchlanganligi (YE) bilan masofa kubining teskari qiymati ($1/r^3$) bog'liqlanishi grafigini chizing.

Har bir grafikdagi qiyalik burchagi tangensi bo'yicha elektr doimiysini

$$\varepsilon_0 = \frac{q_1}{4\pi} \frac{\Delta\left(\frac{1}{r^2}\right)}{\Delta(E)}$$

formula bo'yicha birinchi chizmadan,

$$\varepsilon_0 = \frac{p}{4\pi} \frac{\Delta\left(\frac{1}{r^3}\right)}{\Delta(E)}$$

formula bo'yicha ikkinchi chizmadan (r ning katta qiymatlari uchun) aniqlang

Elektr doimiysining o'rtacha qiymatini hisoblang.

Javoblarni yozing. Javoblar va grafiklarni tahlil qiling.

Nazorat uchun savol va topshiriqlar

1. Elektr maydoni (EM) deb nimaga aytiladi?
2. EM manbalarini ayting.
3. Zaryadning asosiy xossalari ayting va tushuntiring.
4. Zaryadlar o'rtasida qanday kuch ta'sir etadi?
5. EM kuchlanganlik chiziqlariga ta'rif bering. Ular nima uchun chiziladi?
6. Kulon qonunini yozing.
7. Nuqtaviy zaryad uchun maydon kuchlanganligi formulasini yozing.
8. EM uchun superpozitsiya prinsipini ta'riflang.
9. EM oqimi ta'rifini ayting.
10. EM uchun Gauss teoremasini ta'riflang va yozing.
11. Elektr dipoli deb nimaga aytiladi?
12. Dipol (elektr) momenti formulasini yozing va izohlang.
13. Dipol o'qidagi EM kuchlanganlik formulasini yozing va ta'riflang.
14. Tokli o'ramning magnit momenti deganda nimani tushunasiz?
15. Dipol markazi orqali o'tuvchi maydon chiziqlari qanday shaklga ega?
16. EM potentsiali nima va undan nima uchun foydalaniladi?
17. Gradiyent nima?

7-MUSTAQIL BAJARISH UCHUN TOPSHORIQLAR

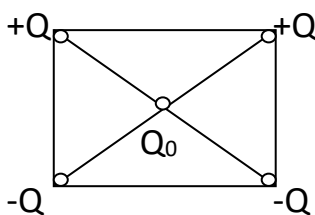
1. Elektron R radiusli orbita bo'ylab yadro atrofida aylanmoqda. Yadro zaryadi Z_e . Elektronning tezligi va aylanish davri topilsin.
2. Vakuumda bir-biridan $r=1\text{ sm}$ masofada joylashgan va $q_1 = q_2 = 1\text{ Kl}$ bo'lgan nuqtaviy zaryadlarning o'zarj ta'sir kuchi aniqlansin.
3. Massalari $m_1 = m_2 = 1\text{ g}$ bo'lgan sharlarning o'zaro bir-birini itarish kuchi bilan gravitatsion tortishuv kuchi bir-biriga teng bo'lishi uchun sharlarga qanday zaryad berish kerak?
4. Ikkita bir xil kattalikdagi suv tomchilarining har biriga bittadan ortiqcha elektron joylashgan. Elektrostatik itarish kuchi gravitatsion kuchga teng bo'lishi uchun tomchilarning radiusi r qancha bo'lishi kerak?
5. Qo'zg'almay turgan natriy Na yadrosi α -zarracha bilan bombardimon qilishda o'zaro itarish kuchi $F=140\text{ N}$ ga teng bo'lsa, α -zarrachasi natriy yadrosiga qanday r masofagacha yaqinlashishi mumkin?
6. Radiusi $R=2\text{ sm}$, zaryadining sirt zichligi $\sigma = 2 \cdot 10^{-9}\text{ kl/sm}^2$ bo'lgan zaryadlangan sharni uning sirtidan $r=2\text{ sm}$ masofada joylashtirilgan nuqtaviy zaryad ($Q = 6.7 \cdot 10^{-9}\text{ kl}$) ga ta'sir etuvchi kuch topilsin.
7. O'zaro tortishuv kuchi ta'sirida manfiy zaryadlangan kichik sharcha nuqtaviy musbat zaryad $Q = 1.1 \cdot 10^{-9}\text{ Kl}$ atrofida tekis aylanmoqda. Manfiy zaryadlangan sharchaning aylanish radiusi $r=1.5\text{ sm}$, aylanish tezligi $\mathcal{G} = 20\text{ sm/s}$. Sharcha zaryadini uning massasiga nisbati aniqlansin.
8. Agar vodorod atomining diametri $D=2 \cdot 10^{-8}\text{ sm}$ deb olinsa, uning elektronini yadro qanday kuch bilan tortadi?
9. Ikkita protonni elektrostatik itarish kuchini gravitatsion tortishish kuchiga nisbati topilsin. Shunday hisoblarni ikkita elektron uchun ham bajaring.
10. Metall sharga $Q=3.3 \cdot 10^{-9}\text{ Kl}$ zaryad berilgan. Shunchalik zaryadga ega bo'lishi uchun shardan qancha elektron olish kerak?
11. Bir elektron $r=1\text{ sm}$ masofada turgan ikkinchi elektronga bera oladigan tezlanish a hisoblansin.
12. Vakuumda bir-biridan $r=6\text{ sm}$ masofada va o'zaro $F=0.1\text{ N}$ kuch bilan ta'sir etayotgan nuqtaviy zaryadlarning zaryad miqdori topilsin.
13. Ikkita zaryad havoda $r=5\text{ sm}$ masofada $D=120\text{ mkN}$ kuch bilan o'zaro ta'sir ko'rsatadi. Agar ularni suyuqlik ichida $r_1=10\text{ sm}$ ga joylashtirilsa, ta'sir kuchi $F=15\text{ mkN}$ bo'ladi. Suyuqli dielektrik singdruvchangligi topilsin.
14. Dielektrik singdruvchangligi $\varepsilon=3$ ga teng bo'lgan yog' ichida joylashtirilgan zaryadlar orasidagi masofa r topilsin, agarda vakuumda $r_1=30\text{ sm}$ masofada joylashtirilgan zaryadlar orasidagi ta'sir kuchi yog' ichidagi bilan teng bo'lsa.
15. Elektrondan tashkil topgan va umumiy massasi $m=1\text{ g}$ ga teng bo'lgan ikkita zaryad $r=10^{-11}\text{ m}$ masofada joylashgan. Ular orasidagi o'zaro ta'sir kuchi aniqlansin.
16. Ikkita nuqtaviy Q_1 va Q_2 zaryadlar r masofada joylashtirilgan. Agar ular orasidagi masofa $\Delta r=50\text{ sm}$ ga kamaytirilsa, ularning o'zaro ta'sir kuchi 2 marta ortadi. r masofani aniqlansin.
17. Metall sharchaga $N=5 \cdot 10^5$ ta ortiqcha elektron berilgan. Bu sharchadan $r=1\text{ m}$ masofada joylashtirilgan boshqa sharchada $Q=13.2 \cdot 10^{-14}\text{ Kl}$ zaryad bo'lsa, ularning o'zaro ta'sir kuchi qanday? Agar sharchalarni bir-biriga tekkizilsa, birinchi sharchada nechta ortiqcha elektron qoladi?
18. Vakuumda bir-biridan $r=30\text{ sm}$ masofada joylashtirilgan zaryadlarni biri ikkinchisidan 3 marta ortiq bo'lib, o'zaro 30 N kuch bilan ta'sir etadi. Zaryadlar miqdori topilsin.

19. Ikkita nuqtaviy zaryadlarni zaryad miqdori 4 martaga va oraliq masofasi 2 martaga kamaytirilsa, ular orasidagi o'zaro ta'sir kuchi qanchaga o'zgaradi? Zaryadlardan birining miqdori 4 marta ortirilsa-chi?

20. Zaryadlardan biri 4 marta ortsa, zaryadlarni o'zaro ta'sir kuchi o'zgarmas qolishi uchun ular orasidagi masofani necha marta oshirish kerak?

21. Ikkita manfiy $Q_1 = -1.8 \cdot 10^{-7}$ Kl va $Q_2 = -0.72 \cdot 10^{-6}$ Kl zaryadlarning orasidagi masofa $r = 3$ sm. Ulardan ma'lum uzoqlikda Q_3 zaryad joylashtirilsa, zaryadlar muvozanatlashadi. Uchinchi zaryad va uning joylashga masofasi aniqlansin.

22. Kvadratning uchlariga 4 ta $Q = 10^{-8}$ Kl zaryad joylashtirilgan. Zaryadlar tizimi muvozanatda saqlanishi uchun kvadratning markaziga qanday nuqtaviy zaryad joylashtirish kerak?



23. Tomonlari $d = 10$ sm bo'lgan absolyut qiymatlari bir xil bo'lgan joylashtirilgan bo'lib, ularning manfiy, lekin bir jinsli zaryadlar

kvadratning uchlariga 4 ta $Q = 4 \cdot 10^{-8}$ Kl zaryad ikkitasi musbat, ikkitasi esa yonma-yon joylashgan.

Kvadratning markazida joylashgan nuqtaviy $Q_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ Kl musbat zaryadga ta'sir etuvchi kuch topilsin.

24. 4 ta bir xil qiymatli $Q = 4$ nKl zaryad, tomonlari $d = 10$ sm bo'lgan kvadratning uchlariga joylashtirilgan. Shu zaryadlarning biriga qolgan 3 ta zaryadlarni ta'sir etuvchi kuchi topilsin.

25. Massalari $m_1 = m_2 = m_3 = 5$ g bo'lgan shar bitta ilgakka uzunliklari $l = 1$ m bo'lgan iplar bilan osilgan. Hamma sharga bir xil miqdorda Q zaryad berilgan, iplar orasidagi burchaklar $\alpha = 40^\circ$ bo'ldi. Sharlarga berilgan zaryad miqdori Q topilsin.

26. Kvadrat markazida $Q = 250$ nKl zaryad joylashtirilgan. Kvadratning uchlariga qo'yilgan qanday bir xil zaryadlar tizimi muvozanatda bo'la oladi?

27. Ikkita zaryadlangan bir xil kattalikdagi metall sharlar bir-biridan $r = 60$ sm masofada turibdi. Ular orasidagi itarishish kuchi $F = 70$ mKl. Sharlarni bir biriga tegizib, qaytadan o'z o'rniga qo'yilganda ular orasidagi itarishish kuchi $F = 160$ mKl ga yetgan. Sharlarning diametri D ular orasidagi masofa r dan juda kichik deb hisoblanib, sharlarni to'qnashgunga qadar bo'lgan zaryadi q_1 va q_2 lar topilsin.

28. Massalari $m_1 = m_2 = 0.1$ g bo'lgan ikkita shar uzunligi $l = 0.2$ m iplar bilan bitta nuqtaga osilgan. Sharlardan birini chetga tortib, unga zaryad berildi. Sharlar to'qnashgandan so'ng ular bir-biridan qochib, iplar orasida $\alpha = 60^\circ$ burchak hosil bo'lgan. Sharga berilgan Q zaryad topilsin.

29. Massasi 4 g va zaryadi $Q_1 = 278$ nKl bo'lgan shar havoda ipak ipga osilgan. Agar Q_1 ga teskari ishorali Q_2 zaryadini yaqinlashtirsak, ip vertikal holatdan $\alpha = 45^\circ$ burchakka og'adi va Q_1, Q_2 lar orasidagi masofa $R = 6$ sm ga teng bo'ladi. Q_2 -zaryadi topilsin.

30. Ikkita bir xil shar bir xil uzunlikdagi iplarga osilgan. Ularga zaryad berilsa iplar orasidagi burchak $\alpha_1 = 90^\circ$ bo'lgan. Lekin biroz vaqtdan so'ng iplar orasidagi burchak $\alpha_2 = 60^\circ$ ga teng bolib qolgan. Sharlarga berilgan boshlang'ich zaryad miqdorini qanday qismi sharda qolgan?

31. Berilgan zaryadlar $q_1 = q$ va $q_2 = -2q$ bir-biridan l masofada joylashgan. l masofani teng o'rtasida $q_3 = 3q$ zaryad joylashtirilgan. Agar $q = 2 \cdot 10^{-8}$ Kl, $l = 20$ sm bo'lsa, q_1 va q_2 zaryadlarning q_3 zaryadga teng ta'sir etuvchi kuchi aniqlansin.

32. Ikkita bir xil uzunlikdagi iplarga osilgan va zaryadlari teng sharchalar zichligi $\rho = 800$ kg/m³ bo'lgan suyuq dielektrikka tushirilgan. Sharchalar osilgan iplarning bir-biridan og'ish

burchaklari havoda va suyuqlikda teng bo'lishi uchun sharchalarning zichliklari qanday bo'lishi kerak? Muhitning dielektrik singdiruvchanligi $\varepsilon = 2.2$.

33. Radiuslari $r_1 = r_2$ va massalari $m_1 = m_2$ bo'lgan sharchalar shunday osib qo'yilganki, ularning sirtlari bir-biriga tegib turibdi. Iplarning taranglik kuchlarini 0.098 N ga teng qilish uchun sharlarga qanday zaryad berish kerak? Ip osilgan nuqtadan sharchaning markazigacha bo'lgan masofa $l = 10$ sm, sharcha massasi $m = 5 \cdot 10^{-3}$ kg.

34. O'tkazgichdan yasalgan ikkita sharchalarning zaryadlari $Q_1 = 2 \cdot 10^{-9}$ va $Q_2 = -10^{-9}$ Kl. Ular tortishish tufayli bir-birlari bilan to'qnashib, yana bir-biridan $r = 4$ sm masofaga uzoqlashgan. Sharchalarda qolgan zaryad miqdori va ular orasidagi o'zaro ta'sir kuchi aniqlansin.

35. Massalari va o'lchamlari bir xil bo'lgan ikkita shar shunday osilganki, ularning sirtlari tegib turibdi. Ularga $Q = 5 \cdot 10^{-8}$ Kl zaryad berilgandan so'ng, ular bir-biridan qochib, iplar orasidagi burchak $2\alpha = 60^\circ$ ga teng bo'ldi. Iplar osilgan nuqtadan sharlarning markazigacha bo'lgan masofa $l = 20$ sm bo'lsa, sharlarning massalari topilsin. Sharlarning diametri ($D \ll l$) iplarning uzunligiga nisbatan juda kichik.

36. Ikkita musbat zaryad q va $4q$ bir-biridan $r = 60$ sm masofada joylashgan. Ular orasidagi to'g'ri chiziqning qaysi nuqtasiga ishorasi va miqdori qanday bo'lgan uchinchi zaryad joylashtirilganda zaryadlar orasidsagi muvozanat saqlanadi.

37. Zaryadlari $Q_1 = 1$ mKl va $Q_2 = 2$ mKl bo'lgan zaryadlar orasidagi masofa $r = 10$ sm. Birinchi zaryaddan $r_1 = 6$ sm, ikkinchi zaryaddan $r_2 = 8$ sm masofada joylashtirilgan $Q_3 = 0.1$ mKl zaryadga Q_1 va Q_2 lar qanday kuch bilan ta'sir etadilar?

38. Zaryadlari $Q_1 = Q_2$ bo'lgan sharlar uzunligi $l = 10$ sm iplar bilan bir nuqtada osilganda, iplar bir-biridan α burchakka og'gan. Sharlar zichligi $\rho = 800$ kg/m³ bo'lgan suyuqlikka tushirilganda α burchak o'zgarmagan. Sharlar yasalgan moddaning zichligi $\rho = 1600$ kg/m³. suyuqlikning dielektrik singdiruvchanligi ε topilsin.

39. Zaryadlari $Q_1 = Q_2 = Q_3 = 2$ nKl ga teng nuqtaviy zaryadlar tomonlari $a = 10$ sm bo'lgan teng tomonli uchburchakning uchlariga joylashtirilgan. Shu zaryadlardan biriga qolgan ikkita zaryadlar ta'sir etuvchi kuchining kattaligi va yo'nalishi topilsin.

40. Teng tomonli uchburchakning uchlariga uchta nuqtaviy zaryadlar $Q_1 = Q_2 = Q_3 = 1$ nKl joylashtirilgan. Zaryadlar tizimini muvozanatda saqlash uchun uchburchakning markaziga qanday Q_4 zaryad joylashtirish kerak?

41. Ingichka ipak ip $T = 9.8 \cdot 10^{-3}$ N taranglik kuchiga chidaydi. Unga osilgan massasi $m = 0.6$ g sharcha $Q_1 = 1$ nKl zaryadga ega. Uning tagidan osilish chizig'i yo'nalishi bo'yicha zaryad miqdori $Q_2 = -1.3$ nKl bo'lgan sharchani birinchi sharchaga qanday r masofaga yaqinlashtirsak ip uziladi?

42. Miqdorlari teng $Q_1 = Q_2 = Q_3 = 7$ nKl zaryadlar teng tomonli uchburchakning uchlariga joylashtirilgan. Har bir zaryadga ta'sir etuvchi kuch $F = 0.01$ N bo'lsa uchburchakning tomonlari a aniqlansin.

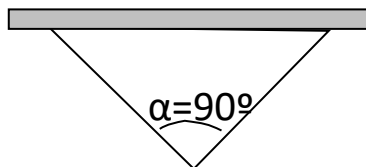
43. Absolyut qiymati $Q = 7$ nKl nuqtaviy zaryad tomonlari $a = 20$ sm bo'lgan kvadratni uchlariga joylashtirilgan. Ulardan ikkitasi musbat, ikkitasi manfiy ishorali. Kvadratning markaziga joylashtirilgan $Q = 7$ nKl zaryadga ta'sir etuvchi kuch topilsin.

44. Ikkita kichik sharchalar musbat zaryadlangan. Zaryadlarning umumiy miqdori $Q = 5 \cdot 10^{-5}$ Kl. Ular orasidagi masofa $r = 2$ m bo'lganda ularning o'zaro ta'sir kuchi $F = 1$ N ga teng bo'lsa, zaryadlar sharchalarda qanday taqsimlanadi?

45. Massasi $m = 9.8$ g bo'lgan sharchaga $Q = 1$ mKl zaryad berildi. Shu sharchaning tagiga xuddi shunday massa va zaryadga ega bo'lgan ikkinchi sharcha yaqinlashtirilganda, ipga ta'sir etuvchi taranglik kuchi T to'rt marta kamaygan. Sharchalar bir-biriga qanchalik r masofaga yaqinlashtirilgan?

46. Massasi m va zaryadi Q bo'lgan sharcha uzunligi l ipga osilgan. U xuddi shunday boshqa qo'zg'almas sharcha atrofida aylanma harakat qilsa, aylanayotgan sharchaning ipi vertikal dan α -burchakka og'gan. Sharchaning burchakli tezligi va ipning taranglik kuchi topilsin.

47. Massasi $m=150$ mg bo'lgan sharcha dielektrikdan yasalgan ipga osilgan va $Q=-10^{-2}$ Kl zaryadga ega. Uning tagidan $r=32$ sm masofaga yaqinlashtirilgan sharchani zaryad miqdori va ishorasi qanday bo'lganda, ipning taranglik kuchi ikki marta ortadi.



48. Massasi $m=588$ mg iplarga osilgan (1-rasm), qilayotgan burchak vertikal yo'nalish

1 -rasm

bo'lgan zaryadlangan sharcha ipak iplar sharcha osilgan nuqtada hosil $\alpha = 90^0$ ga teng. Shu sharchadan bo'yicha pastdan $r=4.2$ sm masofagacha

massasi va zaryadi birinchi sharchanikidek bo'lgan ikkinchi sharchani yaqinlashtirsak iplarning taranglik kuchlari ikki marta ortgan, sharchalarning o'zaro ta'sir Kulon kuchini, zaryad miqdorini va ipning taranglik kuchini toping.

49. Ipga osilgan va $Q_1=7$ nKl zaryadga ega bo'lgan sharcha tagiga hajmi $V=9$ mm³, zichligi $\rho=7.8 \cdot 10^3$ kg/m³ va zaryadi $Q_2=-2.1$ nKl ga teng bo'lgan po'lat zarrachani qanchalik masofada joylashtirsak, ular orasida muvozanat saqlanadi?

50. $r=2.4$ sm masofada joylashgan va zaryadlari $Q_1=25$ nKl va $Q_2=-25$ nKl bo'lgan zaryadlar ularning har biridan $r=15$ sm masofada joylashgan $Q_3=2$ nKl zaryadga qanday kuch bilan ta'sir etadilar?

51. Cheksiz yupqa devorli silindrda zaryad sirt zichligi $\sigma=10^{-4}$ Kl/m² bilan tekis taqsimlangan, silindrni diametri $d=10$ sm. Silindr sirtidan 5 sm masofada joylashgan nuqtada elektr maydon kuchlanganligi E aniqlansin.

52. Sirt zichligi $\sigma=10^{-6}$ Kl/m² zaryad bilan tekis zaryadlangan va radiusi $R=1$ sm bo'lgan sferadan $r=9$ sm masofada joylashgan nuqtada maydon kuchlanganligi E va potentsiali φ topilsin.

53. Zaryadlangan juda uzun sim o'zidan $r=5$ sm masofada yaratgan maydon kuchlanganligi $E=1.2$ V/sm ga teng. Simning chiziqli zaryad zichligi τ topilsin.

54. Ikkita cheksiz o'lchamga ega bo'lgan va zaryadlarning sirt zichligi $\sigma=2$ mkKl/m² bo'lgan plastinkalarning bir-birini yuza birligiga to'g'ri keladigan itarish kuchi topilsin.

55. Bir xil ishorali zaryad bilan zaryadlangan va bir-biriga perpendikulyar ravishda joylashgan chegaralanmagan tekisliklarni elektr maydoni kuchlanganligi qanday bo'ladi? Tekisliklar zaryadining sirt zichligi $-\sigma$ va -2σ .

56. Zaryadlarning chiziqli zichliklari $\tau_1=0.1$ mkKl/m va $\tau_2=0.2$ mkKl/m ga teng bo'lib, o'zaro har bir metr ga mos kelgan $F=3.6$ mN kuch bilan ta'sirlashib turgan cheksiz uzun iplarning oraliq masofasi r qanchaga teng?

57. Har biri yuza birligiga mos keluvchi $F=2$ mN kuch bilan o'zaro ta'sirlashib turgan va tekis zaryadlangan cheksiz katta, o'zaro parallel tekisliklarning zaryadlarini sirt zichligi topilsin.

58. Tekis zaryadlangan cheksiz katta tekislik zaryadining sirt zichligi $\sigma=9$ mkKl/m² tekislik tepasida zaryadi $Q=3.68 \cdot 10^{-7}$ Kl ga teng bo'lgan alyumin sharcha joylashgan. Sharcha tekislikka tushib ketmasligi uchun uning radiusi r qanday bo'lishi kerak? Alyuminning zichligi $\tau=2.7 \cdot 10^3$ kg/m³.

59. Zaryadning sirt zichligi $\sigma=4$ mkKl/m² bo'lgan tekislikka parallel ravishda, zaryadning chiziqli $\tau=100$ nKl/m bo'lgan cheksiz uzun ip joylashgan. Tekislik tomonidan ipning uzunlik birligiga ta'sir etuvchi kuch topilsin.

60. Zaryadlari $|Q|=90$ nKl va oraliq'i (yelkasi) $l=1$ sm bo'lgan dipol kerosin ichida joylashgan. Dipol o'qining o'rtasida elektr maydon kuchlanganligi topilsin.