

11-ma'ruza mashg'uloti
Mavzu: Dielektrik va o'tkazgichlar.
Reja:

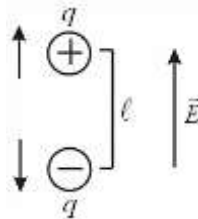
1. Dielektriklarning qutblanishi
2. Qutblanish vektori
3. Elektr sig'imi
4. Sharchaning elektr sig'imi
5. Kondensatorlar va ularning sig'imi
6. Har xil geometrik shaklli kondensatorlar elektr sig'imi
7. Elektrostatik maydon energiyasi

1. Dielektriklarning qutblanishi

Dielektriklar atom va molekulalardan tashkil topgan. Atom esa, musbat zaryadli yadro va manfiy zaryadli elektronlardan iboratdir. Atomning musbat zaryadi yadroga to'plangan bo'lib, manfiy ishorali elektronlar esa, yadro atrofida harakatda bo'ladi.

Ko'p hollarda manfiy zaryadlarning markazi musbat zaryadli yadro markazi bilan ustma-ust tushadi.

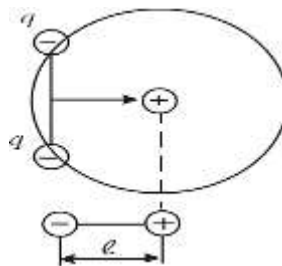
Birinchi turdagi dielektriklar (N_2 , H_2 , O_2 , CO_2 vab.) molekulalaridagi elektronlar yadro atrofida simmetrik joylashib tashqi elektrostatik maydon bo'lmaganda, musbat va manfiy zaryadlarning og'irlik markazlari ustma-ust tushgan bo'ladi. Bunday dielektriklar molekulalari *qutbsiz molekulalar* deyiladi.



1- rasm. Tashqi elektrostatik maydon ta'sirida qutbsiz molekulaning dipol momentiga ega bo'lishi

Tashqi elektrostatik maydon $\vec{E}$ ta'sirida qutbsiz molekula zaryadlari siljiy boshlaydi. Musbat zaryadlar maydon yo'nalishda, manfiy zaryadlar maydonga teskari yo'nalishda siljiydi (1 - rasm). Shunday qilib, molekula $\vec{P} = q\vec{\ell}$ dipol momentiga ega bo'ladi.

Ikkinchi turdagi dielektriklar (H_2O , NH_3 , SO_2 , CO , ...) molekulalaridagi elektronlar yadro atrofida nosimmetrik joylashgan bo'ladi va tashqi elektrostatik maydon bo'lmaganda ham musbat va manfiy zaryadlarning og'irlik markazlari ustma-ust tushmaydi. Bunday dielektrik molekulalari tashqi maydonsiz ham dipol momentiga ega bo'lib, ular *qutbli imolekulalar* deb ataladi (2 - rasm).



2 - rasm. Qutbli molekula dipoli

Tashqi elektrostatik maydon bo'lmaganda molekulalarning tartibsiz harakati tufayli dielektrik bo'yicha molekulalarning umumiy dipol momentlari nolga teng bo'ladi. Agar bunday dielektrik tashqi elektrostatik maydonga qo'yilsa, maydon kuchlari dipollarni maydon yo'nalishiga qarab burishga harakat qiladi va noldan farqli umumiy dipol momenti paydo bo'ladi.

Shundayqilib, tashqi elektrostatik maydon ta'sirida ikkala turdagi dielektrikda ham noldan farqli dipol momentlari hosil bo'ladi. Bu hodisa *dielektriklarning qutblanishi* deb ataladi.

Demak, *qutblanish* deb, tashqi elektrostatik maydon ta'sirida dipollarning maydon kuch chiziqlari tomon yo'nalishini o'zgartirish jarayoniga aytiladi.

Quyidagi qutblanish turlari mavjuddir:

- 1) elektronli qutblanish;
- 2) orientatsiyaviy yoki dipolli qutblanish.

Elektronli qutblanish deb, qutbsiz molekulalardan tashkil topgan dielektrik, tashqi elektrostatik maydonga kiritilganda, atomlar elektron qobiqlarining deformatsiyasi hisobiga induktsiyaviy dipolmomentlari hosil bo'lishiga aytiladi.

Orientatsiyaviy yoki dipolli qutblanish deb, qutbli molekulalardan tashkil topgandi elektrik tashqi elektrostatik maydonga kiritilganda, tartibsiz yo'nalgan molekulalar dipolmomentlarining maydon yo'nalishiga qarab burilishiga aytiladi. Ammo, molekulalar issiqlik harakati natijasida faqat ayrim molekulalarning dipol momentlari maydon yo'nalishi bo'yicha joylashadi va u maydon kuchlanganligiga bog'liq bo'ladi.

2. Qutblanish vektori

Dielektrikning qutblanganlik darajasini xarakterlash uchun, qutblanish vektori deb ataluvchi fizik kattalik tushunchasi kiritiladi.

Qutblanish vektori ($\vec{P}_\ell$) deb, dielektrikning bir birlik hajmidagi barcha dipollar elektrmomentlarining vektor yig'indisiga miqdor jihatdan teng bo'lgan fizik kattalikka aytiladi, ya'ni ΔV elementar hajmdagi n ta dipolning elektr momentlari yig'indisini ΔV hajmga bo'lgan nisbatiga teng

$$\vec{P}_\ell = \frac{1}{\Delta V} \sum_{i=1}^n \vec{P}_{\ell i}, \quad (2.1)$$

bunda $\vec{P}_{\ell i}$ – qutblangan i – molekulaning elektrmomenti.

Agar qutbsiz molekulali izotrop dielektriklar bir jinsli elektrostatik maydonga kiritilsa, dipolning elektr momenti $\vec{P}_{\ell i}$ barcha molekulalar uchun bir xil bo'ladi:

$$\vec{P}_\ell = \frac{1}{\Delta V} \sum_{i=1}^n \vec{P}_{\ell i} = \frac{n\vec{P}_{\ell i}}{\Delta V} = n_0 \vec{P}_{\ell i}, \quad (2.2)$$

Bu yerda n_0 – dielektrikning birlik hajmidagi molekulalar soni – konsentratsiyasidir.

Demak, qutbsiz molekulada induktsiyalangan dipolning elektrmomenti quyidagicha ifodalanadi:

$$\vec{P}_\ell = n_0 \cdot \epsilon_0 \alpha \cdot \vec{E}, \quad (2.3)$$

Agar $n_0 \cdot \alpha = \chi_\ell$ deb belgilasak, α – atomning qutblanuvchanligi, χ_ℓ - dielektrikning dielektrik qabul qiluvchanligini bildiradi. $\chi_\ell = 4\pi n_0^3 \cdot n_0$, (2.4)

Dielektrik qabul qiluvchanlik deb, bir birlik hajmdagi dielektrik molekulalarining qutblanuvchanligiga miqdor jihatdan teng bo'lgan fizik kattalikka aytiladi.

3. Elektr sig'imi

Yakkalangan o'tkazgich zaryadlansa, o'tkazgich sirti shakliga qarab, har xil sirt zaryadi zichligi σ bilan taqsimlanadi. Shuning uchun ham o'tkazgich har bir nuqtasidagi sirt zaryadining zichligi o'tkazgichdagi umumiy zaryad q ga proporsionaldir, ya'ni:

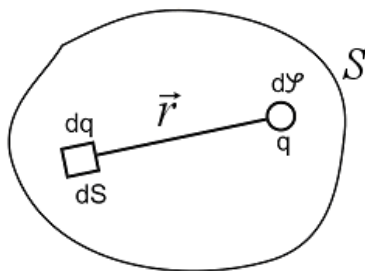
$$\sigma = kq \quad (3.1)$$

bu yerda k – o'tkazgich sirtidagi tekshirilayotgan nuqtaning funktsiyasi bo'lib, o'tkazgich sirtining shakli va o'lchamiga bog'liq.

Kondensator ikkita teng va qarama-qarshi zaryalarga ega bo'lgan o'tkazgichdan iborat. Kondensatordagi o'tkazgichlar shaklidan qat'iy nazar platalar deb ataladi.

Sig'im birligi kulon taqsimvoltga ya'ni 1 farad gateng.

Zaryadlangan o'tkazgich ekvipotentsial sirtining φ - potentsialini aniqlash uchun uning butun S sirti bo'ylab zaryadini aniqlaymiz (3 - rasm).



3-rasm. dq - zaryadning r masofadagi potentsiali

Bu sirtni, $dq = \sigma dS$ zaryadga ega bo'lgan dS – elementar yuzachalarga ajratib, dq – ni nuqtaviy zaryad deb hisoblaymiz.

Nuqtaviy dq zaryadning $\vec{r}$ masofadagi maydon potentsiali quyidagiga teng bo'ladi:

$$d\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{dq}{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\sigma dS}{r}, \quad (3.2)$$

yoki

$$d\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{k \cdot q \cdot dS}{r}, \quad (3.3)$$

Bu ifoda butun sirt bo'yicha integrallansa, zaryadlangan o'tkazgich sirtining potentsiali ifodasiga ega bo'lamiz:

$$\varphi = \oint_S \frac{kq dS}{4\pi\epsilon_0 r} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \oint_S \frac{k dS}{r}, \quad (3.4)$$

O'tkazgichning potentsiali q zaryadga proporsional bo'ladi. Shu zaryadning potentsialga nisbati o'zgarmas kattalikdir, u o'tkazgichning zaryad to'plash xususiyatini belgilaydi va *o'tkazgichning elektr sig'imi* deb ataladi.

$$C = \frac{q}{\varphi} = \frac{4\pi\epsilon_0}{\oint_S \frac{k dS}{r}}, \quad (3.5)$$

Shunday qilib, yakkaqatlam o'tkazgichning *elektr sig'imi* deb, uning potentsialini bir birlikka o'zgartirish uchun zarur bo'lgan zaryadga miqdor jihatidan teng fizik kattalikka aytiladi.

4.Sharchaning elektr sig'imi

R radiusli yakkaqatlam shar q – zaryadga ega bo'lsa (4 - rasm), uning sirtidagi potentsiali quyidagiga teng bo'ladi:

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R},$$

bu yerda

$$C = \frac{q}{\varphi} = \frac{q 4\pi\epsilon_0 R}{q} = 4\pi\epsilon_0 R, \quad (4.1)$$

Shunday qilib, sharning C – elektr sig'imi sharning radiusiga va muhitning dielektrik singdiruvchanligi ϵ ga proporsionaldir. (4.1) – ifodadan muhitning dielektrik singdiruvchanligini aniqlaymiz.

$$\epsilon = \frac{C}{4\pi R}, \quad (3.7)$$



4- rasm. R radiusli yakkalangan shar

Elektr sig'imi XB tizimida Farada bilan o'lchanadi va bu birlik juda katta o'lchov birligi hisoblanadi. $S = 1 F$ deb hisoblasak, $\varepsilon = 1$ bo'lganda

$$R_{1F} = \frac{C}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon} = \frac{F}{4\pi \cdot 1} \left(\frac{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9}{1} \cdot \frac{m}{F} \right)$$

bu yerda vakuumning dielektrik singdiruvchanlik ifodasidan foydalansak:

$$\varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9} \frac{F}{m} = 0,885 \cdot 10^{-11} F/m$$

$$R_{1F} = 9 \cdot 10^9 m = 9 \cdot 10^6 km$$

ga teng bo'ladi. Bu Oy bilan Yer orasidagi masofaga nisbatan 23 marta kattadir.

Farada katta o'lchov birligi bo'lganligi uchun quyidagi kichik birliklar ishlatiladi:

$$1 \text{ mikrofarada } (\mu F) = 10^{-6} F$$

$$1 \text{ nanofarada } (nF) = 10^{-9} F$$

$$1 \text{ pikofarada } (pF) = 10^{-12} F$$

5. Kondensatorlar va ularning sig'imi

Elektr sig'imining ifodasi quyidagidan iborat bo'lgani uchun

$$C = \frac{q}{\varphi}, \quad (5.1)$$

sig'im asosan, o'tkazgichning shakli va o'lchamlariga hamda muhitning dielektrik singdiruvchanligiga proporsionaldir.

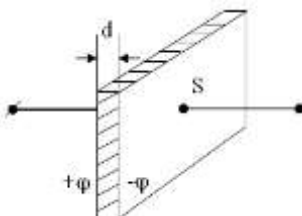
Amalda, nisbatan kichik o'lchamlariga qaramay, yetarlicha zaryadlarni o'zida yig'a oladigan qurilmalar *kondensatorlar* deb ataladi.

Kondensator ikkita parallel o'tkazgich qatlamidan iborat bo'lib, ularda qarama-qarshi ishorali zaryadlar to'planadi. Qoplamalar orasida dielektrik modda bo'ladi.

6. Har xil geometrik shaklli kondensatorlar elektr sig'imi

Kondensator qoplamalari ikkita yassi plastinkadan, ikkita koaksial tsilindrdan yoki ikkita kontsentrik sferadan iborat bo'lishi mumkin va ular shakliga binoan *yassi*, *silindrik* yoki *sferik kondensatorlar* deb ataladi.

Odatda kondensatordagi elektr maydoni kuch chiziqlari bir qoplamada boshlanib, ikkinchisida tugaydi.



5 - rasm. Yassi kondensator

Kondensator sig'imi qoplamalardagi zaryad miqdoriga to'g'ri proporsional va qoplamalar orasidagi potentsiallar farqiga teskari proporsionaldir.

$$C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2}, \quad (6.1)$$

5-rasmda yassi kondensator tasvirlangan. S – yuzali ikkita yassi metall plastinkalar orasidagi masofani d ga teng deb hisoblaymiz, qoplamalarda esa $-q$ va $+q$ sirt zaryadlari induktsiyalangan bo‘ladi.

Qoplamalar orasida ε dielektrik singdiruvchanlikka ega bo‘lgan modda bo‘lsa, potentsiallar farqi quyidagiga teng bo‘ladi:

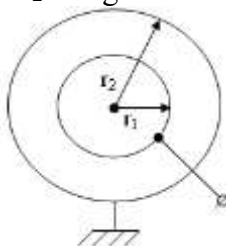
$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{\sigma d}{\pi \varepsilon_0 \varepsilon}, \quad (6.2)$$

bu yerda $q = \sigma \cdot S$, σ - sirt zaryadi zichligi, S – qoplamalar yuzasi. Natijada, yassi kondensator sig‘imi quyidagiga teng bo‘ladi.

$$C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 q}{\sigma d} = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 \sigma \cdot S}{\sigma d} = \varepsilon_0 \varepsilon \frac{S}{d}, \quad (6.3)$$

Sferik kondensator

Qoplamalarining radiuslari r_1 va r_2 bo‘lgan sferik kondensator 6 - rasmda tasvirlangan.



6-rasm. Sferik kondensator

Kondensator qoplamalarida q zaryad induktsiyalangan bo‘lganda, ular orasidagi potentsiallar farqi quyidagicha ifodalanadi :

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{q}{4\pi \varepsilon_0 \varepsilon} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right), \quad (6.4)$$

bu yerda r_1 va r_2 ichki va tashqi sferik qoplamalar radiuslaridir. Shuning uchun sig‘im quyidagicha ifodalanadi:

$$C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2} = 4\pi \varepsilon_0 \varepsilon \left(\frac{r_1 \cdot r_2}{r_2 - r_1} \right), \quad (6.5)$$

Agarda r_2 tashqi radius va r_1 ichki radiusdan juda katta bo‘lsa, (6.5) – ifoda soddalashadi:

$$C = 4\pi \varepsilon_0 \varepsilon r_1, \quad (6.6)$$

Bu natija tashqi qoplama sferik bo‘lmaganda ham o‘rinli bo‘lgani uchun, (6.6) – ifodani *yakkalangan shar sig‘imi* deb hisoblaymiz.

Agarda $r_1 - r_2 = d$ – qoplamalar orasidagi masofa qoplamalarning o‘rtacha radiusidan juda kichik bo‘lsa, sferik kondensatorning sig‘imi quyidagicha ifodalanadi:

$$C = 4\pi \varepsilon_0 \varepsilon \cdot \frac{r_1 \cdot r_2}{r_2 - r_1} \approx 4\pi \varepsilon_0 \varepsilon \frac{r^2}{d} = \varepsilon_0 \varepsilon \frac{S}{d}$$

bu yerda $S=4\pi r^2$ – qoplamalar sirtlarining yuzasidir.

Silindrik kondensator

Bu holda kondensatorni radiuslari r_1 (ichki) va r_2 (tashqi) ikkita koaksial tsilindr ko‘rinishdagi qoplamalardan iborat bo‘ladi, deb hisoblaymiz. Tsilindrlarning uzunligi ular orasidagi masofadan juda katta deb hisoblanadi. Qoplamalar orasidagi potentsiallar farqi quyidagidan iborat bo‘ladi:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{q}{2\pi \varepsilon_0 \varepsilon \ell} \ln \frac{r_2}{r_1},$$

bu yerda q - tsilindr uzunligidagi zaryad, $\frac{q}{\ell}$ - birlik uzunlikdagi zaryad va ℓ - silindr uzunligidir.

Birlik uzunlikka to'g'ri keluvchi tsilindrik kondensator sig'imi quyidagiga tengdir:

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon\ell}{\ln \frac{r_2}{r_1}}, \quad (6.7)$$

Boshqa tarafdin, (6.7) – ifoda metall sim izolyator qatlami bilan o'ralgan kabel sig'imini eslatadi.

Qoplamalar orasidagi masofa d , tsilindrlar radiuslariga nisbatan juda kichik bo'lsa, bu holda tsilindrik kondensator sig'imi quyidagidan iborat bo'ladi:

$$C = \epsilon\epsilon_0 \frac{S}{d}$$

7. Elektrostatik maydon energiyasi

Elektrostatik maydon – potentsial maydondir, shuning uchun unga kiritilgan zaryadlar potentsial energiyaga ega bo'ladi.

q_1 va q_2 nuqtaviy zaryadlarning potentsial energiyalarini baholaymiz. Har bir zaryad, boshqa zaryad maydonida potentsial energiyaga ega bo'ladi:

$$W_1 = q_1 \cdot \varphi_{12}, \quad W_2 = q_2 \cdot \varphi_{21}, \quad (7.1)$$

φ_{12} - q_2 – zaryadning q_1 zaryad turgan joyda hosil qilgan potentsialidir,

φ_{21} - q_1 – zaryadning q_2 zaryad turgan joyda hosil qilgan potentsialidir.

$$\varphi_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \frac{q_2}{r}, \quad \varphi_{21} = \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0\epsilon r} \quad (7.2)$$

shuning uchun

$$W_1 = W_2 = W \quad (7.3)$$

$$W = q_1 \cdot \varphi_{12} = q_2 \cdot \varphi_{21} = \frac{q_1 \cdot \varphi_{12} + q_2 \cdot \varphi_{21}}{2} \quad (7.4)$$

O'tkazgich q - zaryadga, S – sig'imga va φ - potentsialga ega bo'lsin. O'tkazgich zaryadini dq ga oshiramiz. Uning uchun cheksizlikdan, (ya'ni $\varphi = 0$ bo'lgan joydan) dq zaryadni o'tkazgichga ko'chiramiz. Bu holda bajarilgan ish

$$dA = \varphi \cdot dq = \varphi \cdot C \cdot d\varphi \quad (7.5)$$

ga teng bo'ladi, chunki

$$q = C\varphi, \quad dq = C \cdot d\varphi \quad (7.6)$$

Bajarilgan to'la ish

$$A = \int_0^\varphi C \cdot \varphi d\varphi = C \int_0^\varphi \varphi d\varphi = C \frac{\varphi^2}{2}, \quad (7.7)$$

$$W = A = \frac{C \cdot \varphi^2}{2} = \frac{q \cdot \varphi}{2} = \frac{q^2}{2C}, \quad (7.8)$$

Zaryadlangan kondensator energiyasi quyidagiga teng bo'ladi:

$$W = \frac{C(\varphi_1 - \varphi_2)^2}{2} = \frac{C(\Delta\varphi)^2}{2} = \frac{q \cdot \Delta\varphi}{2} \quad (7.9)$$

TEST SAVOLLAR

1. Qanday dielektriklar qutblangan deyiladi?

- A) Tashqi elektr maydon bo'lmaganda dielektrikdagi molekulalarda musbat va manfiy zaryadlarning «og'irlik markazlari» mos tushadi va molekulalar dipol momentlari teng.
- B) Tashqi elektr maydon bo'lmaganda dielektrikdagi molekulalarda musbat va manfiy zaryadlarning «og'irlik markazlari» mos tushmaydi va dipol momentlari noldan farqli.
- C) Ularning kristall panjarasi qarama-qarshi zaryadlangan ionlardan tashkil topgan.
- D) Tashqi elektr maydon bo'lmaganda ham, musbat va manfiy zaryadlarning «og'irlik markazlari» mos tushmaydi.

2. Qutblanish vektori nimani anglatadi?

- A) Dielektrik molekulalarining dipol momenti.
- B) Dielektrik ichidagi elektr maydon kuchlanganligi va elektr maydon ko'chish vektori orasidagi bog'lanish.
- C) Dielektrikning birlik hajmdagi dipol momenti.
- D) Dielektrikning qutblanish darajasi.

3. Dielektrik muhit uchun elektr ko'chish vektori formulasi

A) $\vec{P} = \chi \varepsilon_0 \vec{E}$

B) $\vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E} + \vec{P}$

C) $P = e \varepsilon_0 r$

D) $P = \frac{\sum P_i}{V}$

4. Qutblanmagan molekulalar uchun qutblanishning qaysi turi xarakterli:

- A) Elektron yoki deformatsiyali qutblanish
- B) Orientasion yoki dipolli qutblanish
- C) Ionli qutblanish
- D) Hammasi

5. Qutblangan molekulalar uchun qutblanishning qaysi turi xarakterli.

- A) Elektron yoki deformatsiyali qutblanish
- B) Orientasion yoki dipolli qutblanish
- C) Ionli qutblanish
- D) Hammasi

6. Nisbiy dielektrik singdiruvchanlik ε va dielektrik qabul qiluvchanlik χ orasidagi bog'lanishni ko'rsating.

A) $\varepsilon = 1 + 4\pi\chi$

B) $\varepsilon = 1 + \chi$

C) $\varepsilon = 1 + \varepsilon_0\chi$

D) $\chi = 1 + \varepsilon$

7. 2 sm li metalli sferik qobiqda 1 μC li zaryad joylashgan. Sfera markazida maydon kuchlanganligi qanday?

A) 0 N/C

B) 6 N/C

C) 4 N/C

D) 2 N/C

8. Elektrostatik maydon potentsiali nima?

- A) Maydonning o'rganilayotgan nuqtasiga joylashtirilgan nuqtaviy birlik musbat sinov zaryadi potensial energiyasining, shu zaryadga nisbatiga teng bo'lgan kattalik.
- B) Maydonning energetik xarakteristikasi.

- C) 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.
D) Birlik, musbat sinov zaryadiga ta'sir etuvchi kuch.

9. $\vec{E}$ vektor va φ potensial orasidagi bog'lanish formulasini aniqlang.

A) $\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{E}{d}$

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

C) $\varphi = -\frac{\Delta E}{d}$

D) $\vec{E} = -grad\varphi$

10. 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) Potensiallari teng nuqtalarning geometrik o'rni bo'lgan egri chiziqlar;
D) Egri chiziqqa o'tkazilgan urinmalar elektr maydon kuchlanganligi vektoriga mos tushadi;

11. Elektr maydonning bir jinslilik shartini ko'rsating.

- A) Kuch chiziqlari yopiq;
B) Kuchlanganlik barcha nuqtalarda kattalik bo'yicha bir xil;
C) Kuchlanganlik barcha nuqtalarda yo'nalish bo'yicha bir xil;
D) Kuchlanganlik barcha nuqtalarda kattalik va yo'nalish bo'yicha bir xil;

12. Ekvipotensial sirt deb qanday sirtga aytiladi?

- A) Musbat zaryaddan boshlanib manfiy zaryadda tugaydigan egri chiziqli sirt
B) Bir xil potensialli nuqtalarning geometrik o'rni bo'lgan egri chiziqli sirt;
C) Har bir nuqtasidan o'tkazilgan urinma elektr maydon kuchlanganligi vektoriga mos keluvchi egri chiziqli sirt;
D) Kuchlanganliklari teng nuqtalarning geometrik o'rni bo'lgan sirt;

13. Dielektrikda **XBT** tizimida nuqtaviy zaryadlarining potensial energiyasi:

A) $W = \frac{qq'}{\epsilon\epsilon_0 r}$

B) $W = \frac{qq'}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2}$

C) $W = \frac{qq'}{4\pi\epsilon_0\epsilon r}$

D) $W = \frac{qq'}{4\pi\epsilon_0 r}$

14. Yassi kondensator sig'imi formulasini aniqlang.

A) $C = 4\pi\epsilon_0\epsilon r$

B) $C = \frac{\epsilon_0\epsilon S}{d}$

C) $C = 4\pi\epsilon_0\epsilon \frac{r_1 r_2}{r_1 - r_2}$

D) $C = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon l}{\ln \frac{r_2}{r_1}}$

15. Silindrlı kondensator sig'imi formulasini aniqlang.

A) $C = 4\pi\epsilon_0\epsilon r$

$$\text{B)} \quad C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d}$$

$$\text{C)} \quad C = 4\pi\varepsilon_0\varepsilon \frac{r_1 r_2}{r_1 - r_2}$$

$$\text{D)} \quad C = \frac{2\pi\varepsilon_0\varepsilon l}{\ln \frac{r_2}{r_1}}$$

16. Sferik kondensator sig'imi formulasini aniqlang.

$$\text{A)} \quad C = 4\pi\varepsilon_0 \varepsilon r$$

$$\text{B)} \quad C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d}$$

$$\text{C)} \quad C = 4\pi\varepsilon_0\varepsilon \frac{r_1 r_2}{r_1 - r_2}$$

$$\text{D)} \quad C = \frac{2\pi\varepsilon_0\varepsilon l}{\ln \frac{r_2}{r_1}}$$

17. Shar sig'imi formulasini aniqlang.

$$\text{A)} \quad C = 4\pi\varepsilon_0 \varepsilon r$$

$$\text{B)} \quad C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d}$$

$$\text{C)} \quad C = 4\pi\varepsilon_0\varepsilon \frac{r_1 r_2}{r_1 - r_2}$$

$$\text{D)} \quad C = \frac{2\pi\varepsilon_0\varepsilon l}{\ln \frac{r_2}{r_1}}$$

18. Yakkalangan o'tkazgichning elektr sig'imi bu:

- A. O'tkazgich zaryadining uning potensialiga nisbati bilan o'lchanadigan fizik kattalik .
- B. O'tkazgich potensialining uning zaryadiiga nisbati bilan o'lchanadigan fizik kattalik.
- C. O'tkazgich zaryadining uning potensialiga ko'paytmasiga teng bo'lgan fizik kattalik .
- D. Potensillar farqining o'tkazgich zaryadiga nisbatiga teng bo'lgan kattalik.

19. O'tkazgichning elektr sig'imi nimaga bog'liq?

- A. O'tkazgich materiali va uning agregat holatiga.
- B. O'tkazgichning chiziqli o'lchami va geometrik shakliga.
- C. O'tkazgich materialining solishtirma elektr qarshiligiga.
- D. O'tkazgichning temperaturasi.

20. Yakkalangan o'tkazgich elektr sig'imi formulasini ko'rsating.

$$\text{A)} \quad C = \frac{E}{q}$$

$$\text{B)} \quad C = \frac{\varphi}{q}$$

$$\text{C)} \quad C = q\varphi$$

$$D) C = \frac{q}{\phi}$$

21. O'tkazgichning elektr sig'imi, unga boshqa o'tkazgichni yaqinlashtirsa qanday o'zgaradi?
- O'zgarmaydi
 - Ortadi
 - Kamayadi
 - Faqat yaqinlashtirish vaqtida ortadi, keyin esa avvalgi holatiga qaytadi.
22. Yuzasini **2 marta**, ular orasidagi masofani esa **6 marta** kamaytirilsa, yassi kondensatorning elektr sig'imi qanday o'zgaradi?
- 3 martakamayadi
 - 3 marta ortadi
 - 12 marta kamayadi
 - 12 marta ortadi
23. Quyidagi keltirilgan formulalardan qaysilari zaryadlangan kondensator energiyasini ifodalaydi?
- $W = \frac{CU^2}{2}$
 - $W = \frac{qU^2}{2}$
 - $W = \frac{\epsilon\epsilon_0 E^2}{2}$
 - $W = \frac{q^2}{2C}$
24. Quyidagi keltirilgan formulalardan qaysi biri elektr maydon energiyasining hajmiy zichligini ifodalaydi?
- $w = \frac{CU^2}{2}$
 - $w = \frac{qU^2}{2}$
 - $w = \frac{\epsilon\epsilon_0 E^2}{2}$
 - $w = \frac{q^2}{2C}$
25. Elektr sig'imi **2 marta** kamaytirilsa, tok manbaiga ulangan kondensator energiyasi qanday o'zgaradi?
- 2 marta kamayadi
 - 4 marta kamayadi
 - 2 marta ortadi
 - 4 marta ortadi
26. **2 μF** sig'imli kondensator **100V** li tok manbaiga ulanganda qanday zaryad oladi?
- $2 \cdot 10^{-4} C$
 - $0,5 \cdot 10^8 C$
 - 200 C
 - 50 C
27. O'zgaruvchan sig'imli kondensator zaryadlandi. Kondensator sig'imini **2 marta** orttirib, uni tok manбайдan uzilganda, zaryadi qanday o'zgaradi?
- 2 marta ortadi
 - 4 marta ortadi
 - 2 marta kamayadi
 - O'zgarmaydi
28. Yassi kondensator plastinkalari yuzasi **2 marta** kamaytirildi. Kondensator sig'imi qanday o'zgargan?
- 2 marta kamaygan
 - O'zgarmagan
 - 2 marta ortgan
 - 4 marta kamaygan
 - 4 marta ortgan
29. Yassi kondensator plastinkalari orasidagi masofa **2 marta** orttirildi. Kondensator sig'imi qanday o'zgargan?

- A. 2 marta kamaygan
- B. O'zgarmagan
- C. 2 marta ortgan
- D. 4 marta kamaygan
- E. 4 marta ortgan

30. Havoli kondensator sig'imi $10\mu F$. Agar plastinkalar orasi dielektrik singdiruvchanligi $\epsilon = 2$ bo'lgan dielektrik bilan to'ldirilsa, bu kondensatorning sig'imi qanday bo'ladi?

- A) $5\mu F$
- B) $10\mu F$
- C) $20\mu F$
- D) $100\mu F$

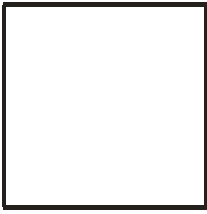
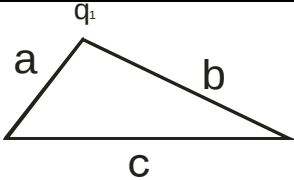
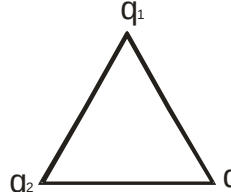
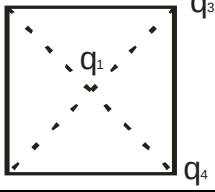
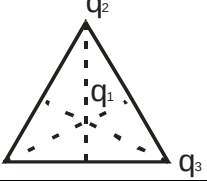
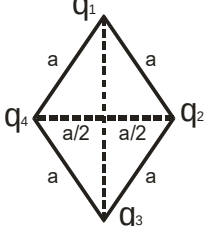
31. Sig'imi $1\mu F$ bo'lgan kondensatorni $100 V$ kuchlanishgacha zaryadlaganda, u qanday zaryad yig'adi?

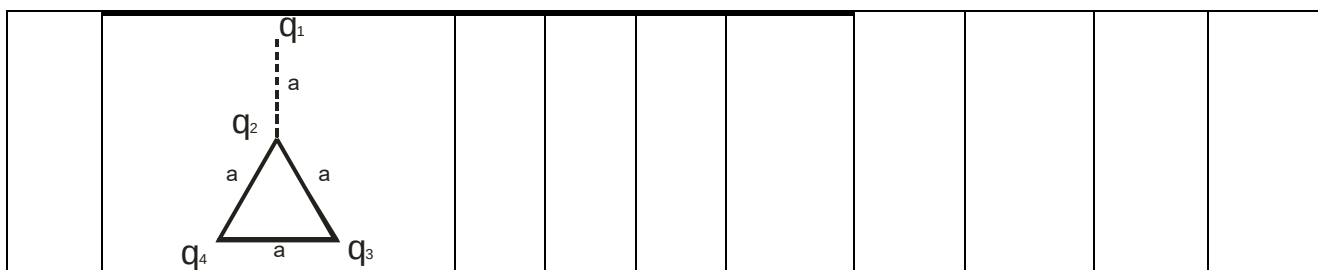
- A) $1000 C$
- B) $10^{-4} C$
- C) $10^{-4} C$
- D) $10 C$

5-AMALIY MASHG'ULOT.

Vakumda elektrostatik maydoni. Maydon kuchlanganligi. Elektr maydoni potentsiali. Elektr maydonida dielektriklarning xususiyatlari. Elektr maydonida o'tkazgichlar. Elektr sig'imi. Kondensatorlar.

1- masala. Boshqa zaryadlar hosil qilgan maydon q_1 zaryadga qanday kuch bilan ta'sir qilayotgan initing. Jadvaldan topshiriq raqami bo'yicha noma'lum kattaliklarni toping.

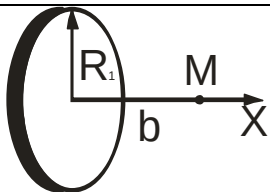
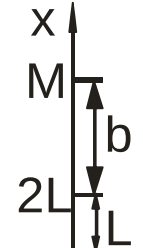
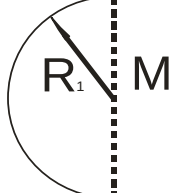
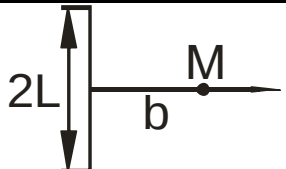
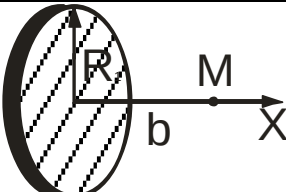
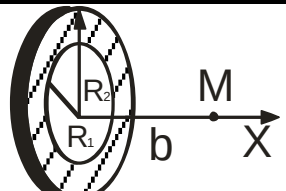
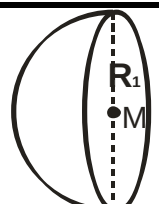
№	Zaryadlar sitemasi	a, sm	b, sm	c, sm	$q_1, 10^{-9} \text{Kl}$	$q_2, 10^{-8} \text{Kl}$	$q_3, 10^{-8} \text{Kl}$	$q_4, 10^{-8} \text{Kl}$	$q_5, 10^{-8} \text{Kl}$
1		1			+10	+1	+1	+1	
2		1				-1	+1	-1	
3		1				-1	-1	+1	
4						-1	+1	+1	
5					+1	+1	+2		
6						+6	-4		
7		3	4	5		-3	-2		
8						-1	+6		
9					+1	-2	-2		
10						-2	+2		
11		2	3			+1	+1		
12						+1	-1		
13					+1	+2	-5	-1	-2
14						-1	-1	+1	+1
15		10				+1	-1	+2	-3
16						-2	+3	-2	+4
17					+1	-1	+1	-1	
18						+1	+3	+1	
19		4				+2	+2	-1	
20						-2	-2	-1	
21					+0,1	-1	+1	-1	
22						-1	-3	+1	
23		2				+1	+1	+1	
24						+1	+2	-1	
25					+0,1	+1	-1	-1	
26						+1	+4	-4	
27		3				+1	+1	+1	
28						-1	-5	+5	



2 - masala. Ikkita musbat nuqtaviy q_1 va q_2 zaryadlar bir biridan l masofada joylashtirilgan. Ikkita zaryadni tutashtiruvchi to'g'ri chiziqliqda birinchi zaryaddan x masofada muvozanatda turadigan qilib q_3 zaryad kiritilgan. Jadvaldan topshiriq raqami bo'yicha noma'lum kattaliklarni toping. q_3 zaryad muvozanatda qolishi uchun uning ishorasi qanday o'bo'lishi kerak?

Topshiriqraqami	q_1 , Kl	q_2 , Kl	l , m	x , m
1	?	$4 \cdot 10^{-9}$	0.6	0.2
2	$4.5 \cdot 10^{-9}$	?	0.5	0.3
3	q_1	$4 q_1$	?	0.2
4	$0.25 q_2$	q_2	1.0	?
5	?	$8 \cdot 10^{-9}$	1.2	0.4
6	$9 \cdot 10^{-8}$	?	1.2	0.4
7	q_1	$2 q_1$	?	0.5
8	$0.4 q_2$	q_2	2.0	?
9	?	$6 \cdot 10^{-9}$	0.3	0.2
10	$1.2 \cdot 10^{-10}$	?	0.9	0.4
11	$0.5 q_2$	q_2	?	0.3
12	q_1	$2 q_1$	1.0	?
13	?	$7 \cdot 10^{-9}$	0.5	0.2
14	$1.6 \cdot 10^{-9}$	?	0.8	0.4
15	q_1	$8 q_1$	?	0.1
16	$0.25 q_2$	q_2	2.0	?
17	?	$1.2 \cdot 10^{-10}$	0.8	0.4
18	$8 \cdot 10^{-9}$	?	0.7	0.2
19	$0.2 q_2$	q_2	?	0.1
20	q_1	$4 q_1$	1.0	?
21	?	$9 \cdot 10^{-8}$	0.4	0.1
22	$3.6 \cdot 10^{-9}$	?	1.0	0.6
23	$0.4 q_2$	q_2	?	0.2
24	q_1	$6 q_1$	0.1	?
25	?	$1.6 \cdot 10^{-10}$	0.7	0.3
26	$6 \cdot 10^{-9}$	?	0.8	0.2
27	q_1	$4 q_1$	?	0.4
28	$0.2 q_2$	q_2	2.0	?

.3 - masala. Q musbat zaryad elektrostatik maydon hosil qiladi. Bu zaryad radiusi R_1 (R_1 yupqa xalqa uchun kichik radius, R_2 katta radius) va uzunligi $2L$ bo'lgan jismda teng taqsimlangan. Jism markazidan o'tuvchi o'qdan b masofada yotgan M nuqtadagi maydon kuchlanganligini toping. Jadvaldan topshiriq raqami bo'yicha noma'lum kattaliklarni toping.

№	Maydonnuqtasidagikuchlanganliklarnianiqlash	q , Kl	R_1 , m	R_2 , m	L , m	B
1		10^{-9}	0,1			0,05
2						0,10
3						0,15
4						0,20
5		$5 \cdot 10^{-10}$			0,1	0,15
6						0,20
7						0,25
8						0,30
9		10^{-10}	0,05			0
10			0,10			
11			0,15			
12			0,20			
13		$5 \cdot 10^{-10}$			0,1	0,05
14						0,10
15						0,15
16						0,20
17		10^{-9}	0,1			0,05
18						0,10
19						0,15
20						0,20
21		$3 \cdot 10^{-10}$	0,05	0,1		0,05
22						0,10
23						0,15
24						0,20
25		10^{-9}				0
26			0,05			
27			0,10			
28			0,15			

4masala. Zaryadlangan zarracha e tezlik bilan harakatlanmoqda. U berilgan element atomi yadrosiga qanday eng kichik masofagacha yaqinlashishi mumkin? Atom zaryadi Ze ga teng, bu erda Z – atomning elementlar davriy sistemasidagi tartib raqami, e – elektronning zaryadi.

Topshiriqraqami	Zarracha	Element	v , m/s
1	Proton	H	$2 \cdot 10^5$
2		Al	$3 \cdot 10^5$
3		Cu	10^6

4		He	$2 \cdot 10^6$
5	a-zarracha	Al	$5 \cdot 10^5$
6		Cu	10^6
7		He	10^5
8		Zn	$5 \cdot 10^5$
9	Proton	B	$5 \cdot 10^4$
10		Ne	$1.5 \cdot 10^4$
11		Li	$1.2 \cdot 10^4$
12		C	$3 \cdot 10^5$
13	Proton	Be	$2 \cdot 10^5$
14		Ar	$3 \cdot 10^5$
15		Na	10^6
16		Cl	$2 \cdot 10^6$
17	a-zarracha	H	$5 \cdot 10^5$
18		N	10^6
19		C	10^5
20		Si	$5 \cdot 10^5$
21	a-zarracha	Fe	$5 \cdot 10^4$
22		Ca	$1.5 \cdot 10^4$
23		Hg	$1.2 \cdot 10^4$
24		Na	$3 \cdot 10^5$
25	Proton	N	$5 \cdot 10^5$
26		Ag	10^6
27		O	10^5
28		Ca	$5 \cdot 10^5$

Nazorat uchun savollar:

1. Elektr maydoniga kiritilgan dielektrikning holati. Qutblangan va qutblanmagan dielektriklar.
2. Qutblanish vektori kattaligi bog'langan zaryadlarning sirt zichligi va tashqi elektr maydon kuchlanganligi bilan qanday bog'langan?
3. Elektr siljish vektorini ta'riflang. Siljish vektorini elektr maydon kuchlanganligi bilan qanday bog'langanligini tushuntiring. Bog'langan va erkin zaryadlarining sirt zichliklari qanday bog'langan .
4. Elektr maydoniga kiritilgan o'tkazgichni holati (o'tkazgichda bo'ladigan o'zgarishlar). Zaryadlangan o'tkazgich ichidagi elektr maydonning kuchlanganligi qanday bo'ladi?
5. Qanday sharoitda o'tkazgichlarda zaryadlar muvozanatda bo'ladi. Zaryadlangan o'tkazgichda zaryadlar qanday taqsimlanadi . Metallarda potentsiallar taqsimoti qanday bo'ladi?
6. O'tkazgichning elektr sig'imini tushuntiring. U nimaga bog'liq? Yakkalangan sharni elektr sig'imi qanday aniqlanadi ? Turli geometrik shakldagi kondensatorlar. Kondensatorlar tizimi , ularni ketme-ket va parallel ulash .
7. Zaryadlar tizimining energiyasi qanday aniqlanadi? Zaryadlangan o'tkazgichning energiyasi, kondensatorning energiyasi.

8. Nima uchun zaryadlangan o'tkazgichni energiyasini uning elektr maydoni energiyasiga teng deb qaraladi? Qanday qilib kondensator energiyasini elektr maydonini xarakterlovchi kattaliklar bilan ifodalash mumkin?

8-MUSTAQIL BAJARISH UCHUN TOPSHIRIQLAR

1. Oraliq masofasi $d=5 \cdot 10^{-3}$ m bo'lgan yassi kondensator plastinkalari orasiga $\varphi=90$ V potensial qo'yilgan. Plastinkalardagi zaryad mirdori $Q=10^{-7}$ Kl. Plastinkalar yuzasi S aniqlansin.
2. Yassi kondensator $U=1000$ V potenciallar ayirmasigacha zaryadlangan. Uning plastinkalari orasidagi o'zaro ta'sir kuchi $F=0.04$ N ga teng, oraliq masofa esa $d=0.1$ sm. Kondensator plastinkalari yuzasi S topilsin.
3. Yassi kondensator plastinkalaridagi bir tekis taqsimlangan zaryadning sirt zichligi $\sigma=0.2$ mkKl/m². Plastinkalar orasidagi masofa $d_1=1$ mm. Agar oraliq masofani $d_2=3$ mm gacha oshirsak, plastinkalar orasidagi potenciallar ayirmasi qanchaga o'zgaradi?
4. Slyudali kondensator plastinkalarining yuzasi $S=6 \cdot 10^{-4}$ m². Ular orasidagi masofa $d=2.2$ mm. Plastinkalar $P=0.4$ mN kuch bilan o'zaro tortishadi. Plastinkalar orasidagi potenciallar ayirmasi va kondensatorning elektr sig'imi topilsin. Slyudaning dielektrik singdiruvchanligi $\epsilon=6$.
5. Yassi kondensator, radiuslari $R=20$ sm li, doira shaklidagi plastinkalardan yasalgan. Plastinkalar orasidagi masofa $d=5$ mm. Kondensator $U=3000$ V kuchlanishli manbaga ulangan. Agar plastinkalar orasida: 1) havo bo'lsa; 2) shisha bo'lsa, kondensatoridagi zaryad Q va elektr maydon kuchlanganligi topilsin.
6. Shisha uchun yassi kondensatorning sig'imi C , potenciallar ayirmasi U , plastinkalar orasidagi masofa d bo'lsa, plastinkalar o'zaro qanday kuch bilan tortiladi?
7. Radiusi $R_1=3$ sm va zaryadi $Q=10^{-9}$ Kl bo'lgan sharni, ikkinchi $R_2=4$ sm radiusli shar ichiga konsentrik joylashtirib qo'yilsa, ichki sharni potentsiali qanchaga teng bo'ladi? Ikkinchi shar yerga ulangan.
8. Yog' ichiga tushirilgan sharning sig'imi, radiuslari $R_1=10$ sm va $R_2=10.5$ sm li va orasiga yog' to'ldirilgan sferik kondensatorning sig'imiga teng bo'lishi uchun, sharni radiusi qanday bo'lishi kerak? Yog' uchun $\epsilon=2.5$.
9. Ikki konsentrik metall sfera radiuslari $R_1=6$ sm, $R_2=10$ sm, zaryadlari esa $Q_1=10^{-9}$ Kl va $Q_2=2 \cdot 10^{-9}$ Kl. Sferalar markazidan $r_1=5$ sm, $r_2=8$ sm va $r_3=15$ sm masofada yotgan nuqtalardagi maydon kuchlanganligi va potenciallari topilsin.
10. Radiuslari $R_1=2$ sm va $R_2=6$ sm bo'lgan metall sharlar o'tkazgich bilan bir-biriga ulangan. Ularga $Q=1$ nKl zaryad berilgan. Sharlardagi zaryadning sirt zichliklari σ_1 , σ_2 topilsin.
11. Radiusi $R_1=6$ sm bo'lgan shar $\varphi_1=600$ V potentsialgacha va radiusi $R_2=4$ sm li shar $\varphi_2=500$ V potentsialgacha zaryadlangan. Sharlar sim orqali ulansa, ularning potentsiali φ qanday bo'ladi?
12. Yassi kondensatorning qoplamalari orasiga shisha plastinka ($\epsilon=7$) kiritib qo'yilgan va $U_1=100$ V potenciallar farqigacha zaryadlangan. Kondensator qoplamalari orasidan shisha plastinka chiqarib olinsa, plastinkalardagi potenciallar ayirmasi U_2 qanday bo'ladi?
13. Plastinkalari orasida havo bo'lgan birinchi kondensatorni $U_1=600$ V potenciallar farqigacha zaryadlab, manbadan uzilgan. Keyin bu kondensatorga ikkinchi xuddi shunday, lekin oralig'i farfor bilan to'ldirilgan, lekin zaryadlanmagan kondensator parallel ulangach, potenciallar ayirmasi $U_2=100$ V gacha kamaygan. Farforni dielektrik singdiruvchanligi ϵ aniqlansin.
14. Sig'imi $C_1=0.2$ mkF bo'lgan kondensator $U_1=320$ V kuchlanishgacha zaryadlangan. Unga $U_2=450$ V kuchlanishgacha zaryadlangan ikkinchi kondensator parallel ulangach, ikkinchi kondensatorning kuchlanishi $U'_2=400$ V bo'ldi. Ikkinchi kondensatorning sig'imi C_2 aniqlansin.
15. Uchta bir xil kattalikdagi simob tomchilari $\varphi_1=20$ V potentsialgacha zaryadlangandan keyin, ularni qo'shib bitta tomchi hosil qilingach, uning potentsiali φ_2 qanday bo'ladi?
16. Ikki shar, birini diametri $d_1=10$ sm va zaryadi $q_1=6 \cdot 10^{-10}$ Kl. Ikkinchisini diametri $d_2=30$ sm va zaryadi $q_2=-2 \cdot 10^{-9}$ Kl. Ular ingichka uzun sim bilan bir-biriga ulangan. Simdan qanday Q zaryad oqib o'tadi?
17. Radiusi $R_1=20$ sm bo'lgan shar $\varphi_1=100$ V potentsialgacha zaryadlanib, ikkinchi zaryadsiz shar bilan ulanganda, potensial $\varphi_2=300$ V gacha tushgan. Ikkinchi sharning radiusi topilsin.

18. Yassi kondensator plastinkalaridagi zaryadning sirt zichligi $\sigma=3 \cdot 10^{-7}$ Kl/m² ga teng, sig'imi $C=10$ pF . Plastinkalar yuzasi $S=100$ sm² . Elektron plastinkalar orasidagi masofani otganda erishgan tezligi 9 topilsin.
19. Plastinkalarining yuzasi $S=150$ sm² va ular oralig'i $d=5$ mm ga teng bo'lgan yassi kondensator elektr yurituvchi kuchi $\epsilon=9.42$ V ga teng bo'lgan akkumulyatorga ulanib, kerosinga tushirilsa ($\epsilon=2$), simdan qancha Q o'tadi ?
20. Yassi kondensatorni kuchlanishi $U=200$ V bo'lgan manba orqali zaryadlab, keyin manbadan uzib qo'yilgan. Plastinkalar oralig'i $d_1=0.2$ mm dan $d_2=0.7$ mm gacha kengaytirilsa va slyuda bilan to'ldirilsa, ular orasidagi kuchlanish qanday bo'ladi?
21. Sig'implari $C_1=1$ mkF va $C_2=2$ mkF bo'lgan kondensatorlar mos ravishda $U_1=20$ V va $U_2=50$ V potentsiallar ayirmasigacha zaryadlangan, so'ngra ular bir jinsli uchlari bilan bir-biriga ulangan. Umumiy potentsiallar ayirmasi qanday bo'ladi ?
22. Sig'imi $C_1=4$ mkF bo'lgan kondensatorni $U_1=10$ V gacha, sig'imi $C_2=6$ mkF bo'lgan kondensatorni esa $U_2=20$ V gacha zaryadlab, ular parallel ulansa, birinchi kondensator plastinkalaridagi zaryad qanday bo'lib qoladi (kondensator qarama-qarshi ishorali zaryadga ega bo'lgan plastinka uchlari bilan ulangan)?
23. Radiusi R_1 metall sharchaga Q_1 zaryad berilib, uni ingichka uzun sim orqali radiusi R_2 bo'lgan zaryadlanmagan sharga ulangandan keyin har bir shardagi zaryad va potentsial topilsin. Simdagi zaryad hisobga olinmasin.
24. Radiuslari $R_1=4$ sm va $R_2=10$ sm bo'lgan metall sharlarga $Q_1=+0.6 \cdot 10^{-7}$ Kl va $Q_2=-3 \cdot 10^{-8}$ Kl zaryad berilgan. Agar sharlarni uzun sim bilan ulansa zaryadlar taqsimoti qanday bo'ladi? Simni zaryadi hisobga olinmasin.
25. Kondensatorni potentsiallar ayirmasi $U_1=20$ V gacha zaryadlab, uni sig'imi $C_2=33$ mkF bo'lgan va $U_2=4$ V potentsiallar ayirmasigacha zaryadlangan ikkinchi xuddi shunday kondensatorga ulanganda, kondensatorlardagi potentsiallar ayirmasi $U=2$ V gacha tushib qolgan. Birinchi kondensator sig'imi C_1 aniqlansin. Kondensatorlar turli ishorali zaryadlarga ega bo'lgan plastinkalar orqali ulangan.
26. Sig'imi $C_1=1$ mkF bo'lgan kondensator $U_1=1000$ V ga teng potentsiallar ayirmasigacha zaryadlangan. Ikkinchi $C_2=2$ mkF sig'imga ega bo'lgan kondensator potentsiallar ayirmasi U_2 gacha zaryadlangan. Kondensatorlarni turli ishorali plastinkalar uchlari bilan bir-biriga ulanganda umumiy kuchlanish $U=200$ V bo'lgan bo'lsa, U_2 kuchlanish qanday bo'ladi?
27. Radiusi $R_1=10$ sm bo'lgan shar $\phi_1=20$ V potentsialgacha, radiusi $R_2=5$ sm ga teng shar esa $\phi_2=10$ V potentsialgacha zaryadlanib, ular o'zaro ulansa, sharlardagi zaryadlarning sirt zichligi qanday bo'ladi?
28. Radiuslari $R_1=1$ sm , $R_2=2$ sm , $R_3=3$ sm bo'lgan uchta zaryadlangan sharlar o'zaro ulansa, umumiy zaryad Q sharlarda qanday taqsimlanadi?
29. Radiuslari bir-biridan 5 marta farq qiladigan ikkita shar bir xil ishorali zaryadlar bilan teng miqdorda zaryadlangan. Agar ularni sim bilan bir-biriga ulasak, ular orasidagi o'zaro ta'sir kuchi necha marta o'zgaradi?
30. Zaryadlangan yassi kondensator qoplamalari orasiga dielektrik singdiruvchanligi ϵ bo'lgan dielektrik kiritilgan. Dielektrik plastinkalar oralig'ini zich egallab, ular yuzasini yarmisigacha egallaganda, plastinkalar orasidagi kuchlanish U necha marta o'zgaradi ?
31. Yassi kondensator plastinkalarini yuzasi $S=25 \cdot 25$ sm² , oraliq masofasi $d_1=0.5$ mm . Kondensator $U_1=10$ V gacha zaryadlanib, manbadan ajratilgan. Agar plastinkalar oralig'ini $d_2=5$ mm o'zgartirilsa, hosil bo'lgan potentsiallar ayirmasi U_2 ni aniqlang.
32. Radiusi $R_1=6$ sm li shar $\phi_1=300$ V potentsialgacha zaryadlanib, u $\phi_2=500$ V gacha zaryadlangan ikkinchi shar bilan o'tkazgich yordamida ulangandan keyin umumiy kuchlanish $\phi=380$ V gacha tushgan. Ikkinchi sharning radiusi R_2 aniqlansin. O'tkazgich sig'imi hisobga olinmaydi.

33. Zaryadlangan yassi kondensator plastinkalari orasidagi masofa $d=1$ mm. Oraliq masofani $d_2=3$ mm gacha o'zgartirilsa, plastinkalar orasidagi potentsiallar ayirmasi $\Delta U=22.6$ V ga o'zgargan. Kondensator plastinkalaridagi zaryadning sirt zichligi σ topilsin.
34. Koaksial kabel markazidagi o'tkazgichning radiusi $r_1=1.5$ sm, uning tashqi qobig'ining radiusi $r_2=3.5$ sm. Markaziy o'tkazgich bilan tashqi qobig' orasiga $U=2300$ V kuchlanish berilgan. Kabel o'qidan $X=2$ sm masofada joylashgan nuqtadagi elektr maydon kuchlanganligi aniqlansin.
35. Silindrik kondensatorning radiuslari $R_1=1.5$ sm va $R_2=3.5$ sm. Silindrlar orasiga $U=2300$ V kuchlanish qo'yilgan. Shunday maydonda silindrlar o'qidan $l_1=2.5$ sm masofadan $l_2=2$ sm masofagacha ko'chgan elektron qanday $\mathcal{J}$ tezlik oladi?
36. Radiuslari $R_1=10$ sm va $R_2=10.5$ sm ga teng bo'lgan konsentrik sferalardan tashkil topgan sferik kondensatorning qoplamalari orasi yog' bilan to'ldirilgan. Sferik kondensatorning C sig'imiga teng sig'imga ega bo'lishi uchun, yog'ga tushirilgan sharning radiusi qanday bo'lishi kerak?
37. Sferik kondensatorni ichki sferasining radiusi $R_1=1$ sm, tashqi sferaning radiusi $R_2=4$ sm. Ular orasiga $U=3000$ V potentsiallar ayirmasi qo'yilgan. Sferalarning markazidan $X=5$ sm masofadagi nuqtada elektr maydon kuchlanganligi aniqlansin.
38. Ikkita o'tkazgichga bir xil miqdorda zaryad berilgan bo'lib, ular $\varphi_1=40$ V va $\varphi_2=60$ V potentsialga ega. Agar ular ingichka sim bilan bir-biriga ulansa, umumiy potentsial φ qanday bo'ladi?
39. Plastinkalari orasiga slyuda $\epsilon=7$ joylashtirilgan yassi kondensator akkumulyator cim bilan ulangan, kondensatordagi zaryad $Q_0=14$ mKl ga teng. Plastinkalar orasidan slyuda chiqarilsa qancha zaryad ΔQ simdan o'tadi?
40. Sig'implari $C_1=2$ mKf va $C_2=3$ mKf bo'lgan kondensatorlar o'zaro ketme-ket ulanib, keyin EYuK $\epsilon=30$ V ga teng bo'lgan tok manbaiga ulangan. Kondensatorlardagi zaryad Q va ulardagi potentsiallar ayirmasi U aniqlansin.
41. EYuK $\epsilon=300$ V li elektr manbaiga $C_1=2$ pF, $C_2=3$ pF sig'imga ega va o'zaro parallel ulangan ikkita yassi kondensator ulansa, kondensatorlardagi zaryad Q va kuchlanish U aniqlansin.
42. EYuK $\epsilon=100$ V li elektr manbaiga $C_1=0.1$ mKf, $C_2=0.6$ mKf, $C_3=0.15$ mKf sig'imli uchta kondensator ketma-ket uchta ulangan. Kondensatorlarning har biridagi zaryad miqdori va plastinkalar orasidagi kuchlanishlar aniqlansin.
43. Har birining yuzasi $S=100$ sm² ga teng bo'lgan yassi kondensator qoplamalari orasiga $U=280$ V potentsiallar ayirmasi qo'yilgan. Kondensator elektr maydoni kuchlanganligi $E=560$ V/sm. Kondensator maydoning energiyasi topilsin.
44. 101. Manbadan uzilgan zaryadlangan yassi kondensator qoplamalari oralig'i ikki marta kamaytirilganda, uning maydon energiyasi necha marta o'zgaradi?
45. 102. Izolyator vazifasini bajaruvchi parafin shimdirilgan qog'oz ($\epsilon=2$) qoplamalari oralig'i $d=2$ mm bo'lgan yassi kondensator qoplamalari orasiga kiritilgan. Qoplamalarga $U=200$ V kuchlanish qo'yilgan maydon energiyasining zichligi w topilsin?
46. 103. Oltita bir hil sig'imli va o'zaro parallel ulangan kondensatorlardan tuzilgan batareya $U=400$ V gacha zaryadlangan. Batareya zaryadlanganda $W=0.24$ J issiqlik ajralib chiqadi. Bitta kondensatorning sig'imi topilsin.
47. 104. Ikkita metall plastinka parallel holda bir-biridan $d=0.6$ sm masofada joylashtirilgan. Ular orasidagi maydon kuchlanganligi $E=700$ V/sm. Plastinkalardagi zaryad miqdori $Q=0.8$ mKl. Bunday kondensatorda to'plangan energiya miqdori aniqlansin?
48. 105. Zaryadlangan kondensator huddi shunday zaryadlanmagan kondensatorga ulansa, maydon energiyasi necha marta o'zgaradi?

49. 106. Sig'imi $C=100 \text{ nF}$ bo'lgan kondensator $U_1=200 \text{ V}$ kuchlanishgacha zaryadlanib, manbadan uzilgan, qoplamalar orasiga dielektrik kiritilsa, kuchlanish $U_2=100 \text{ V}$ gacha tushgan. Dielektrikni dielektrik singdiruvchanligi ϵ topilsin ?
50. 107. Qoplamalarining yuzasi $S=200 \text{ sm}^2$, oralig'i $d=0.5 \text{ sm}$ bo'lgan yassi kondensator ichiga parafin ($\epsilon=2$) kiritilgan va $U=200 \text{ V}$ gacha zaryadlangan. Manbadan uzilmagan holda qoplamalari orasidagi dielektrik chiqarib olinsa, kondensator energiyasi necha marta o'zgaradi?
51. 108. Radiuslari R_1 va R_2 bo'lgan sharlar bir-biridan ancha uzoqda joylashtirilgan. Ular ϕ_1 va ϕ_2 potentsiallargacha zaryadlangach, bir-biriga ingichka sim bilan ulansa, sharlar tizimini energiyasi qancha o'zgaradi?
52. 109. Qoplamalari orasiga slyuda ($\epsilon=6$) kiritilgan yassi kondensatorning sig'imi $C=2 \text{ mkF}$. Kondensator potentsiallar ayirmasi $U=600 \text{ V}$ gacha zaryadlangach, manbadan uzilgan. Kondensator qoplamalari orasidagi slyudani chiqarib olish uchun qanday ish bajarish kerak ?
53. 110. Yassi kondensator qoplamalari orasidagi masofa $d=1 \text{ sm}$. Har bir qoplamaning yuzasi $S=100 \text{ sm}^2$, dielektr havo. Kondensatorni $U=800 \text{ V}$ gacha zaryadlab manbadan uzilgan. Zaryadlangan kondensator qoplamalarining oralig'ini $d=3 \text{ sm}$ gacha kengaytirish uchun qanday ish bajarish kerak?
54. 111. Radiusi $R_1=3 \text{ sm}$ bo'lgan shar $\phi_1=3 \text{ kV}$ gacha zaryadlangan, radiusi $R_2=4 \text{ sm}$ li sharga esa $Q_2=0.2 \text{ nKl}$ zaryad berilgan. Sharlar o'zaro sim bilan ulanib razryadlansa, qancha energiya chiqadi?
55. 112. Yassi kondensator qoplamalari orasi oralig'i dielektrik bilan to'ldirilib, ularga potentsiallar ayirmasi berilganda kondensator energiyasi $W=20 \text{ mkJ}$ ga teng bo'lgan. Kondensatorni manbadan uzilgach, dielektrikni qoplamalar orasidan chiqarib olish uchun elektr maydon kuchiga qarshi bajarilgan ish $A=70 \text{ mkJ}$ teng. Dielektrikning dielektrik singdiruvchanligi ϵ topilsin .
56. 113. Qoplamalari orasidagi masofa $d_1=1 \text{ sm}$ bo'lgan yassi havo kondensatorini $U=700 \text{ V}$ potentsialgacha zaryadlab, va manbadan uzmay turib, qoplamalari oralig'ini $d_2=2 \text{ sm}$ gacha kengaytirilganda qanday ish bajarilgan? Qoplamalarning yuzasi $S=100 \text{ sm}^2$.
57. 114. Yassi kondensator qoplamalari orasi farfor ($\epsilon=5$) bilan to'ldirilgan. Farforni hajmi $V=100 \text{ sm}^3$. Yassi kondensator qoplamalaridagi zaryadning sirt zichligi $\sigma=8.85 \text{ nKl /m}^2$. Kondensator qoplamalari orasidan farforni chiqarib olish uchun qanday ish bajarish kerak ?
58. 115. Radiusi $R_1=2 \text{ sm}$ bo'lgan sharni zaryadlab, uni ikkinchi zaryadsiz radiusi $R_2=3 \text{ sm}$ li sharga tegizib so'ngra ajratilganga, ikkinchi sharga $W=0.4 \text{ J}$ energiya o'tgan. Sharlar ulangunga qadar, birinchi sharni zaryadi aniqlansin?
59. 116. Sig'imi $C_1=0.7 \text{ nF}$ bo'lgan kondensatorni potentsiallar ayirmasi $U_1=1.5 \text{ kV}$ bo'lgunga qadar zaryadlab, manbadan uzilgach, sig'imi $C_2=0.45 \text{ nF}$ ga teng zaryadsiz ikkinchi kondensatorga parallel ulangan. Kondensatorlarni ulash paytida chaqnash tufayli qancha energiya W yo'qotiladi?
60. 117. Sig'imi $C=1 \text{ nF}$ ga teng bo'lgan yassi kondensatorni $U=300 \text{ V}$ potentsiallar ayirmasigacha zaryadlangach, manbadan uzilgan, qoplamalar orasidagi masofa 5 marta oshirilsa, oraliq masofani kengaytirishda bajarilgan ish A topilsin ?