

Қарағанды техникалық университеті

*Дәріс барлық мамандыққа
арналған*

Дәріс тақырыбы: ЭЛЕКТРСТАТИКА



Физика кафедрасының аға оқытушысы,
физика магистрі: Копбалина Қ.Б.

Дәріс жоспары

- Заряд. Электр зарядының сақталу заңы
- Кулон заңы. Электр өрісінің кернеулігі. Кернеу
- Екі нүтелік зарядтың әсерлесуінің потенциалдық энергиясы
- Электр өрісінің потенциалы. Электростатикалық өріс күшінің зарядты тасымалдау кезінде атқаратын жұмысы
- Өткізгіштер мен диэлектриктер
- Электр сыйымдылық. Жазық конденсатордың сыйымдылығы
- Конденсаторлардың жалғануы. Зарядталған конденсатор энергиясы
- Электр өрісінің энергиясының көлемдік тығыздығы

Электростатика — зарядталған денелердің тыныштық күйдегі өзара әсерлесуінің заңдылықтарын түсіндіреді.

Табиғатта электр зарядтарының екі түрі бар: оң және теріс.

- Дене зарядталған кезде электрондарды қабылдайды немесе жоғалтады.
- Дене электрондарды жоғалтса, оң зарядталады.
- Дене электрондарды қабылдаса, теріс зарядталады.

Яғни егер денелердің бетінде теріс зарядтар оң зарядтардан көп болса, онда ол теріс зарядталған болады, ал денелердің бойында оң зарядтар көп болса, ол оң зарядталған денелер.

Заряд мөлшері - дененің бойындағы зарядтар санын сипаттайды.

Барлық зарядтар элементар зарядтардан құралады. Элементар заряд - электроннан немесе (+) протондардан тұрады.

$$e = \pm 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

Электр зарядының өлшем бірлігі – *Кулон (Кл)*

Электр зарядының сақталу заңы — тұйықталған жүйедегі денелердің электрленуінің барлық құбылыстарында электр зарядтарының қосындысы тұрақты болады.

$$q_1 + q_2 + \dots + q_n = \text{const.}$$

Электр зарядтары жоқтан пайда болмайды, жоғалып кетпейді, тек бір денеден екінші денеге ауысады немесе осы денелердің ішінде қозғалыста болады.

Нүктелік зарядтар деп сызықтық өлшемі, көлемі өзара әсерлесуші зарядталған денелердің арақашықтығымен салыстырғанда, ескерілмейтіндей аз денеде шоғырланған заряд шамасын айтады.

Әр бір зарядталған денелердің төңірегінде электр өрісі пайда болады, зарядталған денелер сол өздерінің төңірегіндегі электр өрісі арқылы әсерлеседі.

Электр өрісі зарядталған денеден бастап шексіздікке таралады, бірақ ол өрістердің әсер күші арақашықтығы ұлғайған сайын әлсірей береді.

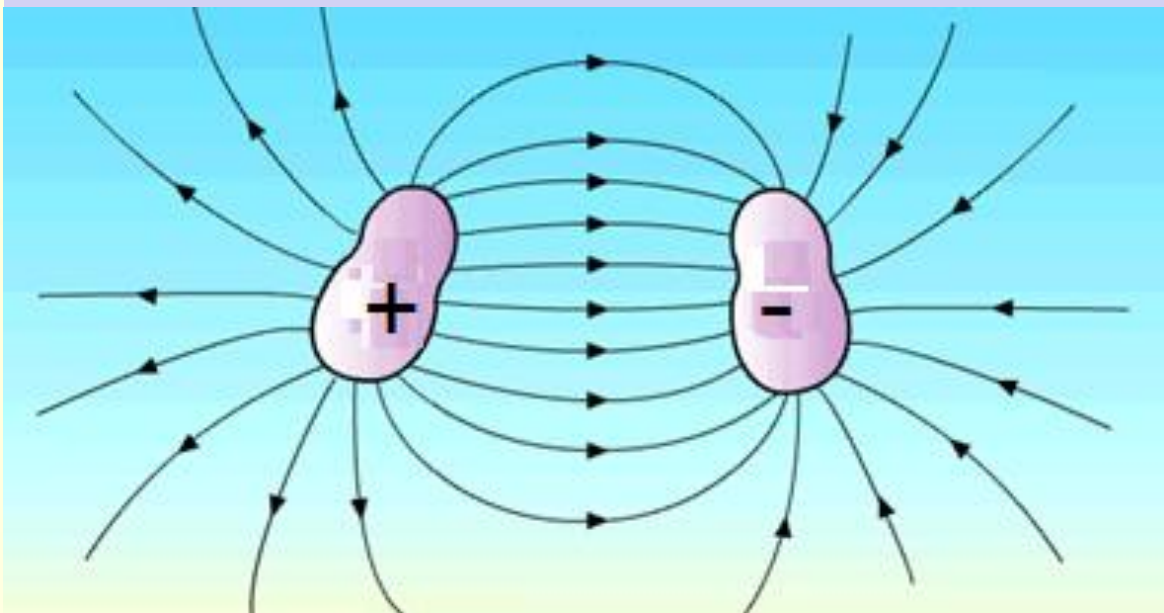
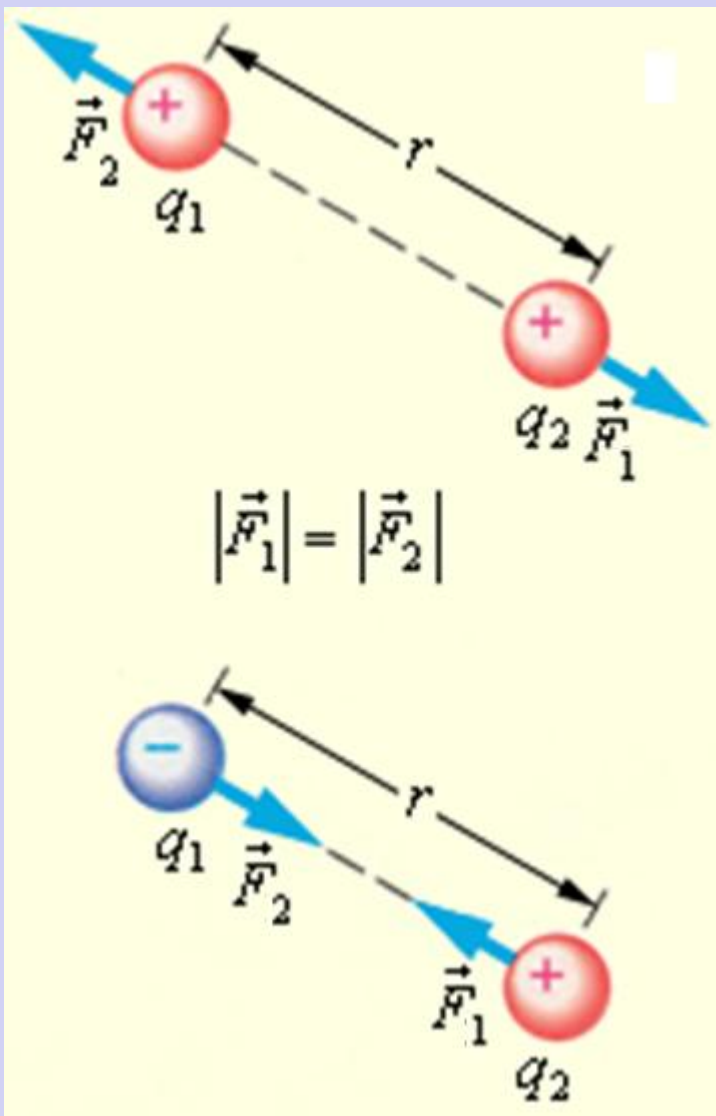
Кулон заңы — қозғалмайтын екі нүктелік зарядтардың q_1, q_2 вакуумдегі өзара әрекет күші F зарядтардың көбейтіндісіне тура пропорционал және олардың арақашықтығының квадратына r кері пропорционал.

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$$

мұндағы F — екі нүктелік зарядтардың q_1 және q_2 өзара әсерлесу күші; r — зарядтардың арақашықтығы;

ϵ — ортаның диэлектрлік өтімділігі; ϵ_0 — электрлік тұрақты $\left(\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф / м} \right)$

Электрлік өрісіндегі өткізгіштер



Электр өрісінің кернеулігі – бірлік оң зарядқа әсер ететін электр күшіне тең электр өрісінің күштік сипаттамасы.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}; \quad \vec{E} = \frac{k \cdot q_0}{r^2}.$$

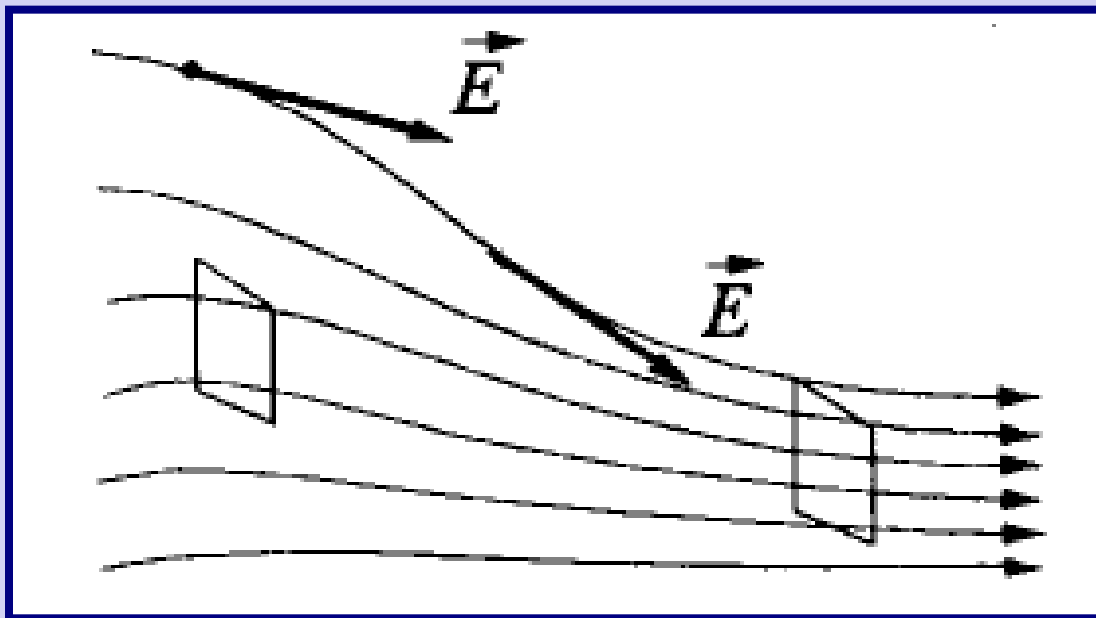
мұндағы, F – берілген нүктеге орналастырылған нүктелік оң зарядқа q әсер етуші күш.

Егер кеңістіктің бір нүктесіндегі бірнеше электр өрісі пайда болса, онда осы нүктедегі жалпы кернеулік бірнеше өрістердің жеке-жеке кернеулерінің векторларының геометриялық қосындысына тең болады.

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots + \vec{E}_n = \text{const.}$$

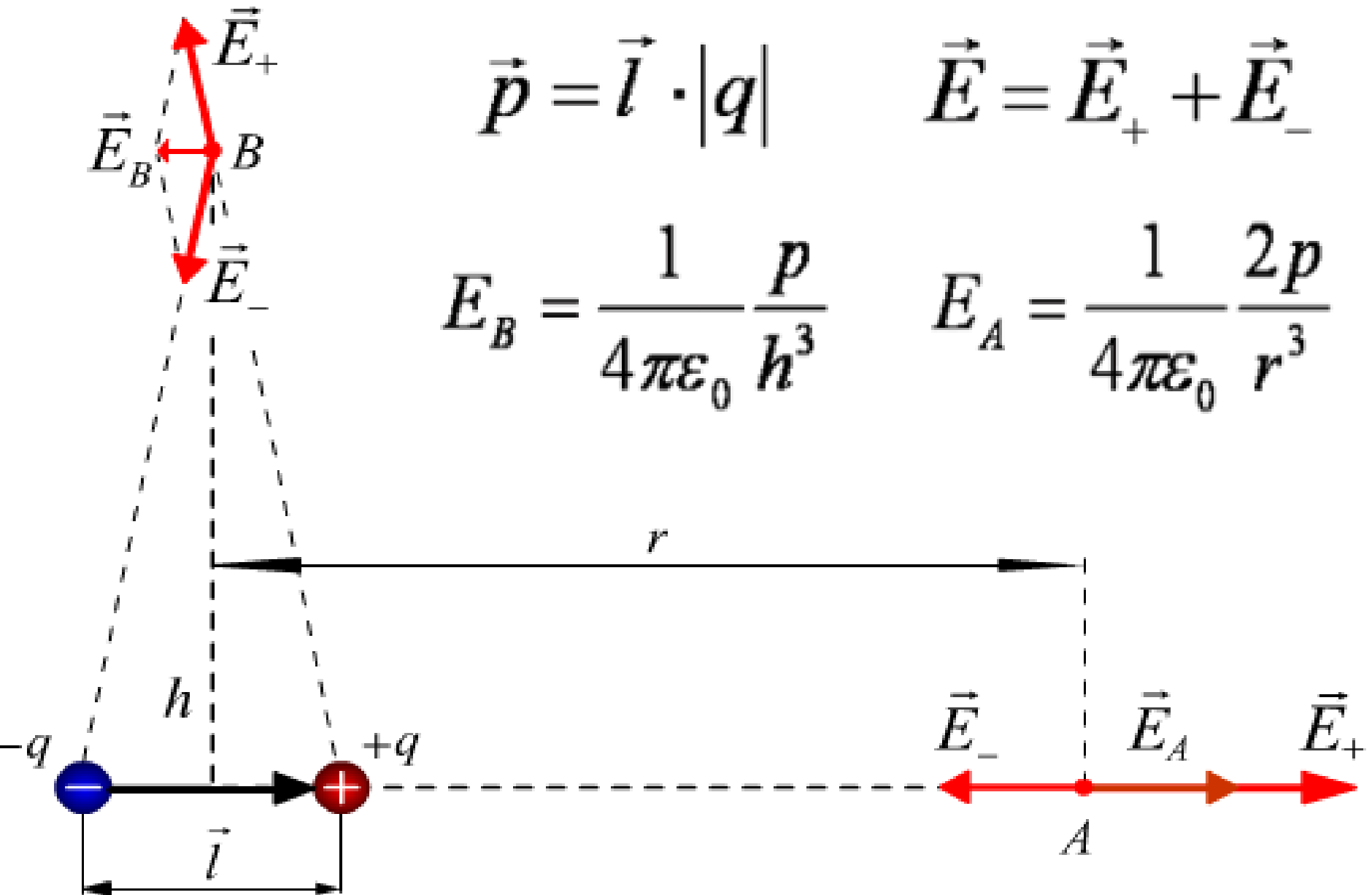
$$\sum_{i=1}^n \vec{E} = \text{const.}$$

Электростатикалық өрістің күш сызықтары

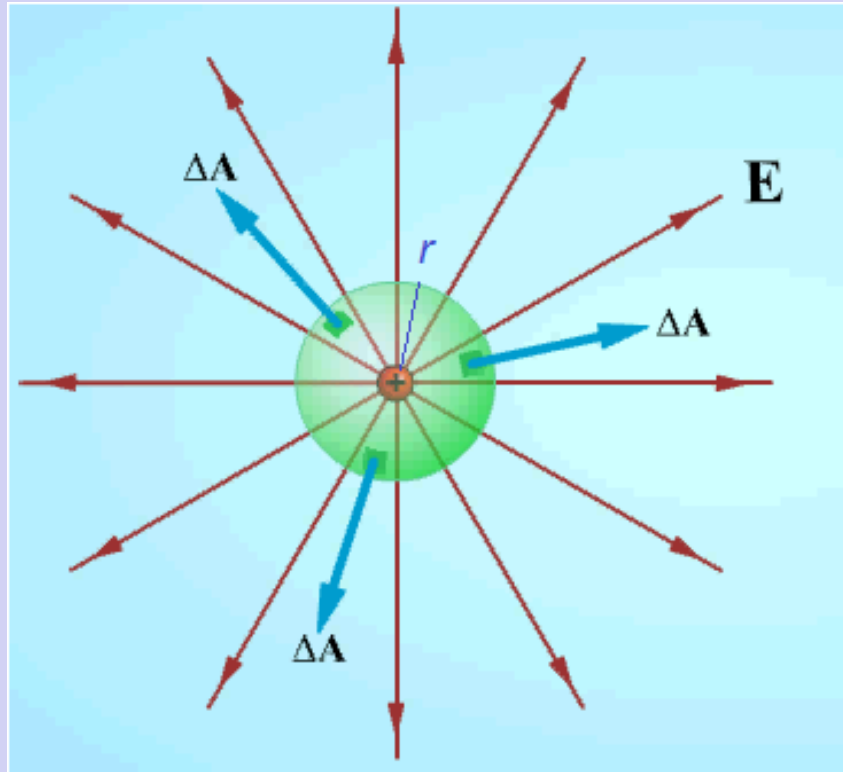


Электр өрісін графиктік түрде көрсеткенде, күш сызықтары белгілі жиілікпен сызылады. Электр өрісінің кернеулігі бірлік ауданынан өтетін күш сызықтарының санымен сипатталады.

Электрлік диполь

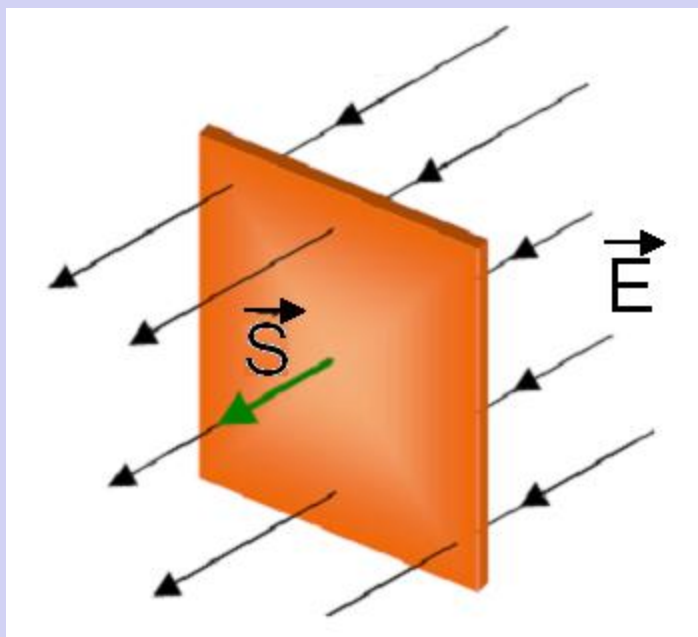


Электрлік өріс үшін Остроградский - Гаусс теоремасы



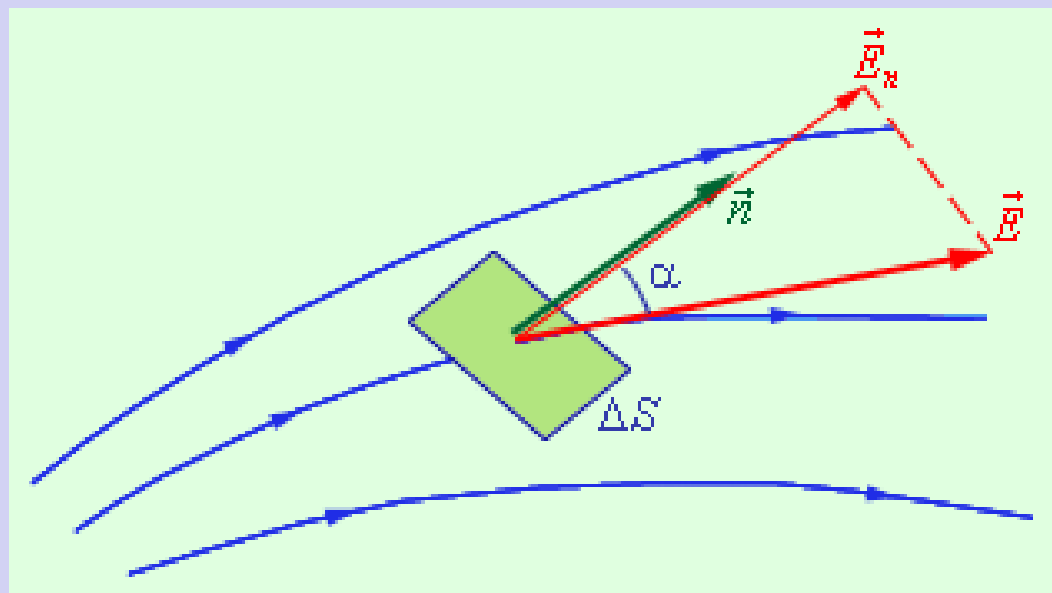
$$\Phi_E = \oint_S E dS = E \cdot 4\pi r^2 = k \frac{q}{r^2} \cdot 4\pi r^2 = \frac{q}{\epsilon\epsilon_0}.$$

Электр өрісінің кернеулік векторының ағыны



$$d\Phi_E = E dS \cos \alpha = (\vec{E} d\vec{S})$$

$$\Phi = \oint_S \vec{E} d\vec{S}$$



Остроградский - Гаусс теоремасы

Вакуумдағы кезкелген тұйық бет арқылы өтіп тұрған электростатикалық кернеулік векторының ағыны сол беттің ішінде орналасқан зарядтардың алгебралық қосындысын электрлік тұрақтыға бөлгенге тең.

$$\Phi_E = \oint E_n dS = \frac{q_1}{\varepsilon_0} + \frac{q_2}{\varepsilon_0} + \dots + \frac{q_n}{\varepsilon_0} = \frac{1}{\varepsilon_0} \sum_{i=1}^n q_i.$$

Осыған байланысты, егер зарядталған бөлшек белгілі бір көлем алып тұрған зарядтардың көлемдік тығыздығы мынаған тең:

$$\rho = \frac{dq}{dV}.$$

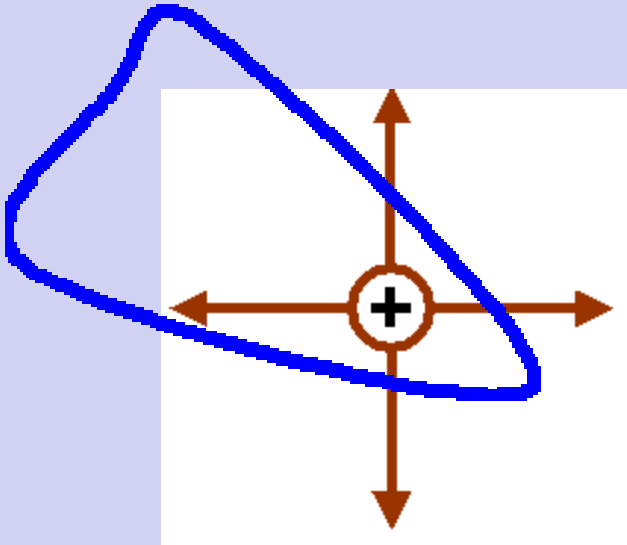
Біркелкі зарядталған жазықтықтың беттік
тығыздығы

$$\sigma = \frac{dq}{dS}.$$

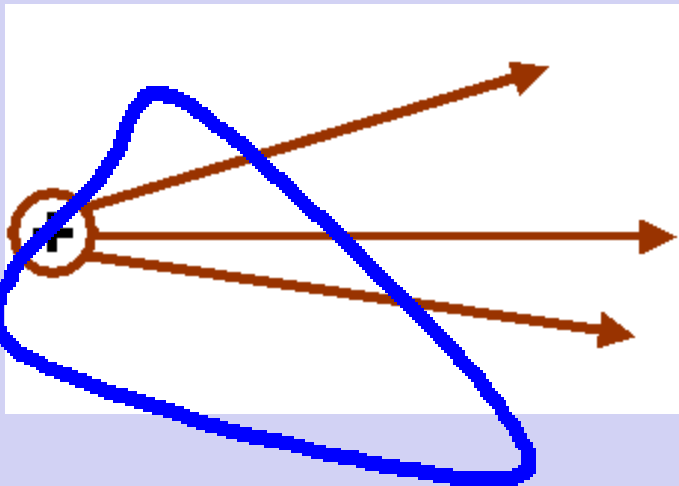
Зарядтың дененің ұзындығы бойынша
сызықтық тығыздығын өрнектейді:

$$\tau = \frac{dq}{dl}.$$

Электрлік өріс үшін Гаусс теоремасы

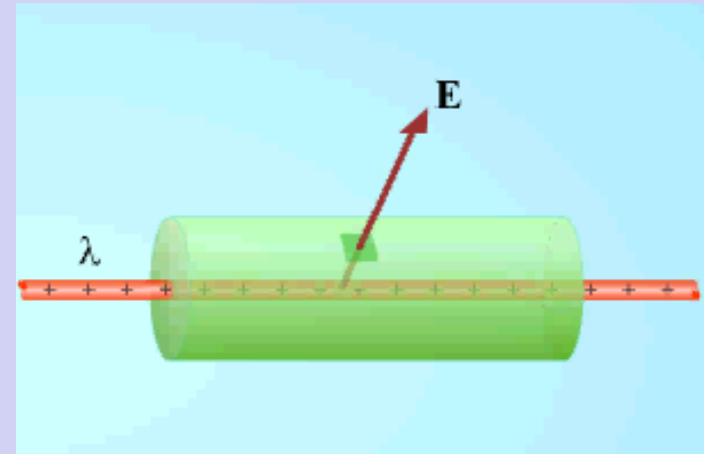
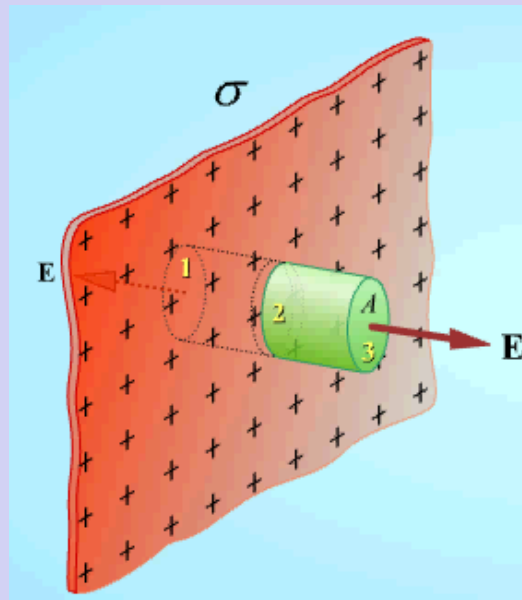
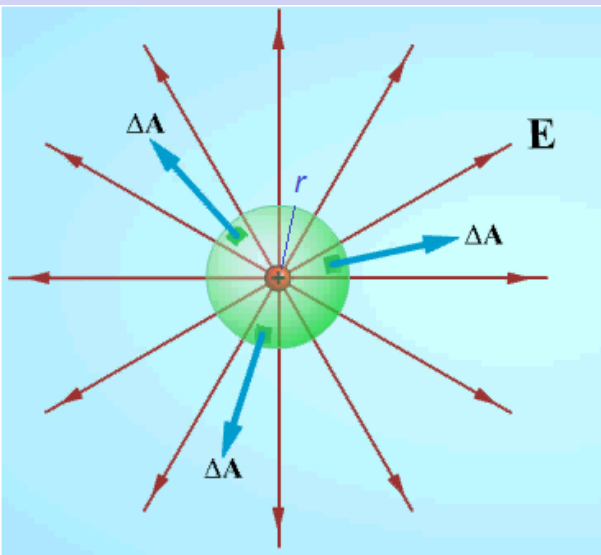


$$\Phi_E = \frac{\sum q_i}{\epsilon_0}$$



$$\Phi_E = \frac{1}{\epsilon_0} \oint_V \rho dV$$

Өрістерді есептеу үшін Гаусс теоремасын қолдану



$$E = k \frac{q}{r^2}$$

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0};$$

$$E = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0 l}.$$

$$dA = Fdl \cos \alpha = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{qq_0}{r^2} dr.$$

$$dl \cos \alpha = dr.$$

Кезкелген өрістің ішінде қозғалатын зарядтардың істеген жұмысы оның жүрген жолына тәуелді болмаса, онда оны потенциалдық өріс деп атайды. Потенциалдық өрісе қозғалған дене немесе заряд алғашқы орнына қайтып келсе, онда істелген жұмыс шамасы 0-ге тең болады.

$$A_{12} = 0.$$

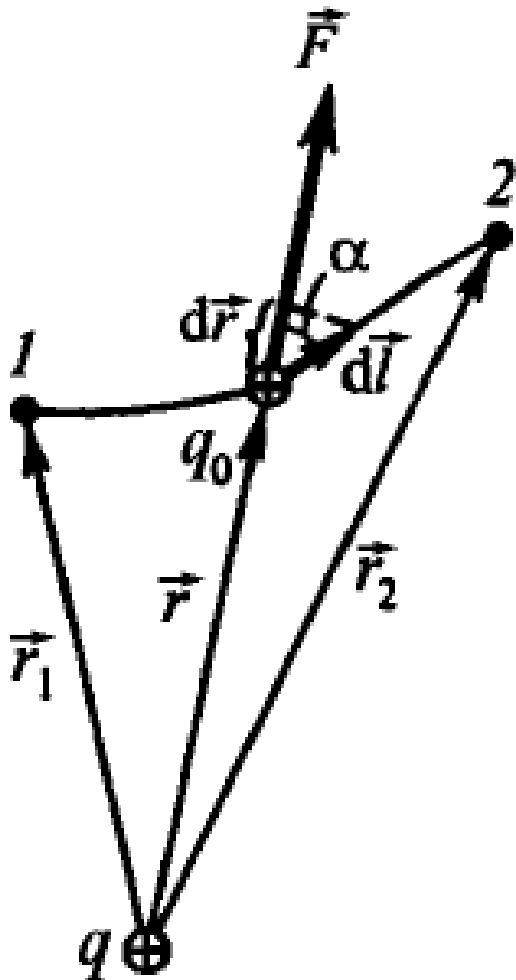
$$A = W_{p1} - W_{p2} = \Delta W_p$$

$$W_{p1} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r_1}; W_{p2} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r_2};$$

$$\varphi_1 = \frac{W_{p1}}{q_0} = \frac{q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r_1};$$

$$\varphi_2 = \frac{W_{p2}}{q_0} = \frac{q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r_2};$$

$$A_{12} = \varphi_1 q_0 - \varphi_2 q_0 = q_0 (\varphi_1 - \varphi_2).$$



Екі параллель пластина арасындағы электр өрісі

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}; \quad \vec{E} = \frac{k \cdot q}{r^2}.$$

Кернеу – электр зарядын электр өрісінде орын ауыстырғанда жасалынған жұмыстың сол зарядқа қатынасы. Бірлік заряд қозғалғанда атқарылған жұмысқа тең:

$$U = \frac{A}{q}.$$

Потенциалдың суперпозиция принципі:

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_n$$

Нүктелік зарядтың өрісінің кезкелген нүктедегі потенциалы:

$$\varphi = k \cdot \frac{q}{r}.$$

Электростатикалық өріс күшінің зарядты тасымалдау кезінде атқаратын жұмысы

$$A = q \cdot (\varphi_1 - \varphi_2) = q \cdot U;$$

$$A = E \cdot q \cdot \Delta d.$$

Заттың диэлектрик өтімділігі – вакуумдағы электр өрісінің кернеулігі модулінің E_0 біртекті диэлектриктегі өріс кернеулігінің E модуліне қатынасы:

$$\varepsilon = \frac{E_0}{E}$$

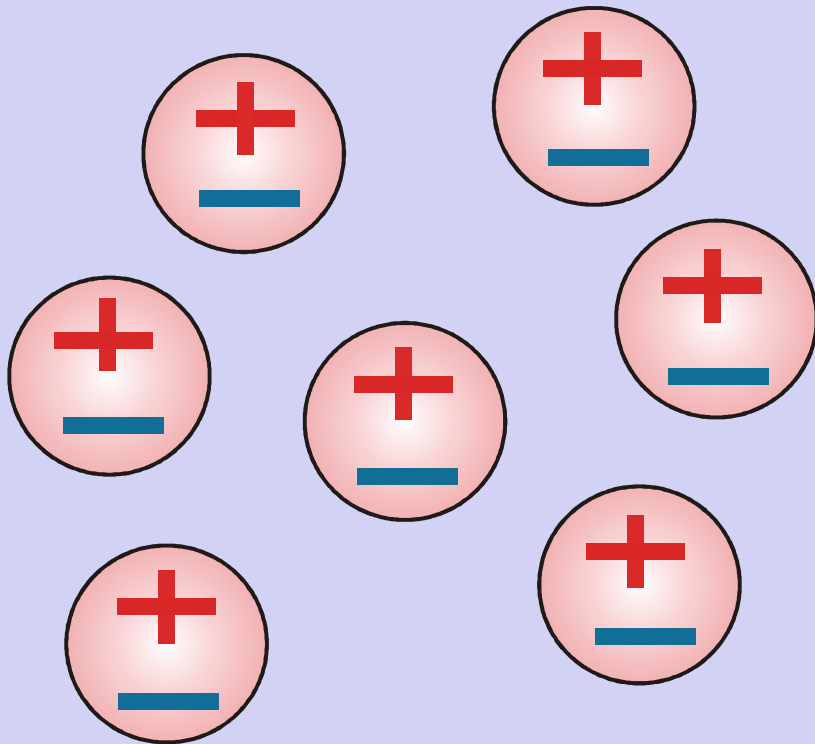
Диэлектриктегі электр өрісі

Диэлектриктер
түрлері:

- *Полярлы*
- *Полярлы емес*
- *Иондық*

Диэлектриктегі электр өрісі

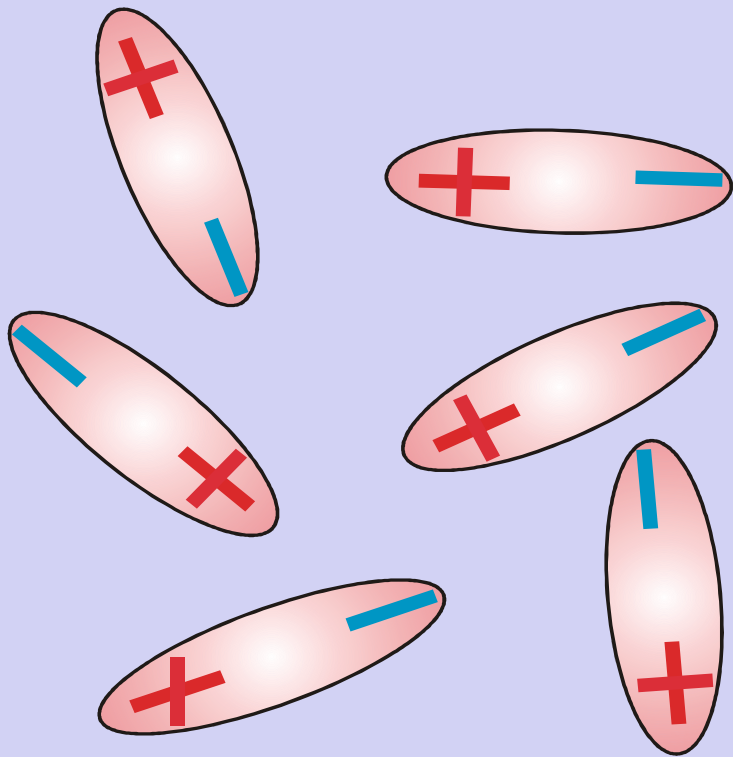
Полярлы емес диэлектриктер



Сыртқы өріс әсері болмаған жағдайда барлық молекулаларының оң және теріс зарядтарының центрі сәйкес келеді.

Диэлектриктегі электр өрісі

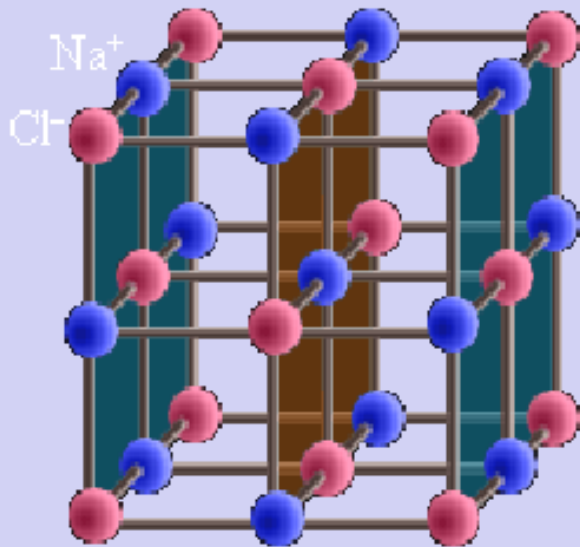
Полярлы диэлектриктер



Молекулаларын диполь ретінде қарастыруға болады, сыртқы өріс әсерінсіз-ақ барлық молекулаларының оң және теріс зарядтарының центрі сәйкес келмейді. Диполь әраттас екі зарядтан тұратын нейтраль жүйе.

Диэлектриктегі электр өрісі

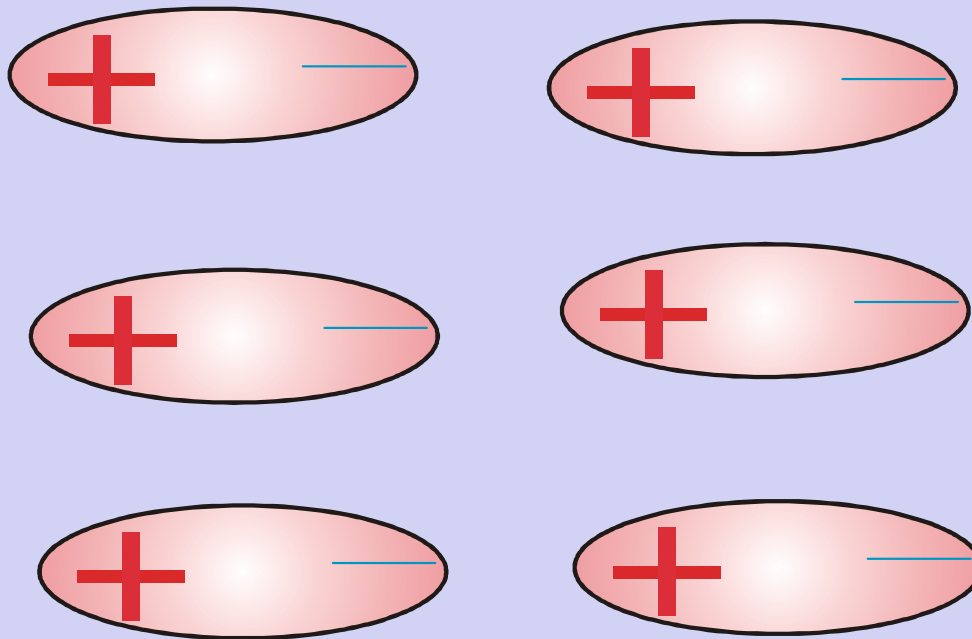
Иондық диэлектриктер



Мұнда оң және теріс таңбалы иондар тәртіппен кезектесіп кристалл тор құрайды. Бұл кристалдардағы жеке молекуланы бөліп алуға болмайды, олар бір-бірінің ішіне біріккен иондық торлардан тұрады. Сыртқы электр өрісіне енгізгенде кристалл торлар деформацияланып дипольдық момент пайда болады. Мұны иондық поляризация дейді.

Диэлектриктегі электр өрісі

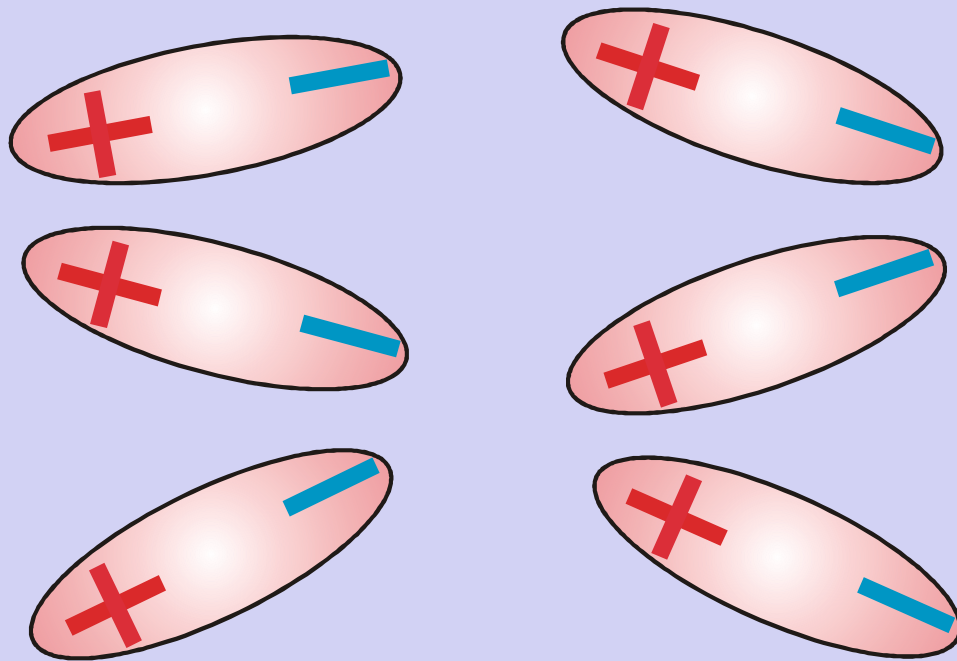
Электрондық поляризация



Полярсыз диэлектриктердің молекулалары сыртқы электр өрісінің әсерінен деформацияланып, кернеулігімен бағыттасы диполь тәріздес күйге ауысады.

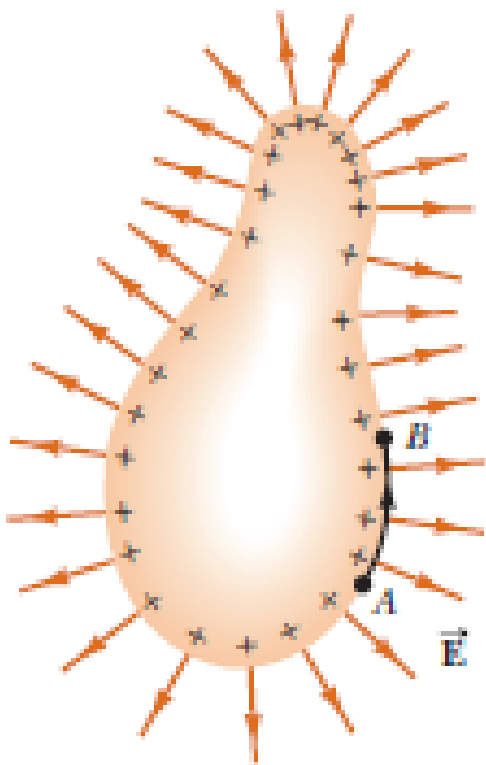
Диэлектриктегі электр өрісі

Дипольдық поляризация



Полярлы диэлектриктердің молекулалары сыртқы өрістің кернеулігімен бірдей бағыт бойынша орналасады.

Электр өрісіндегі өткізгіштер



*Өткізгіш беті
эквипотенциалды*

*Кернеулік векторы
өткізгіш бетіне
перпендикуляр*

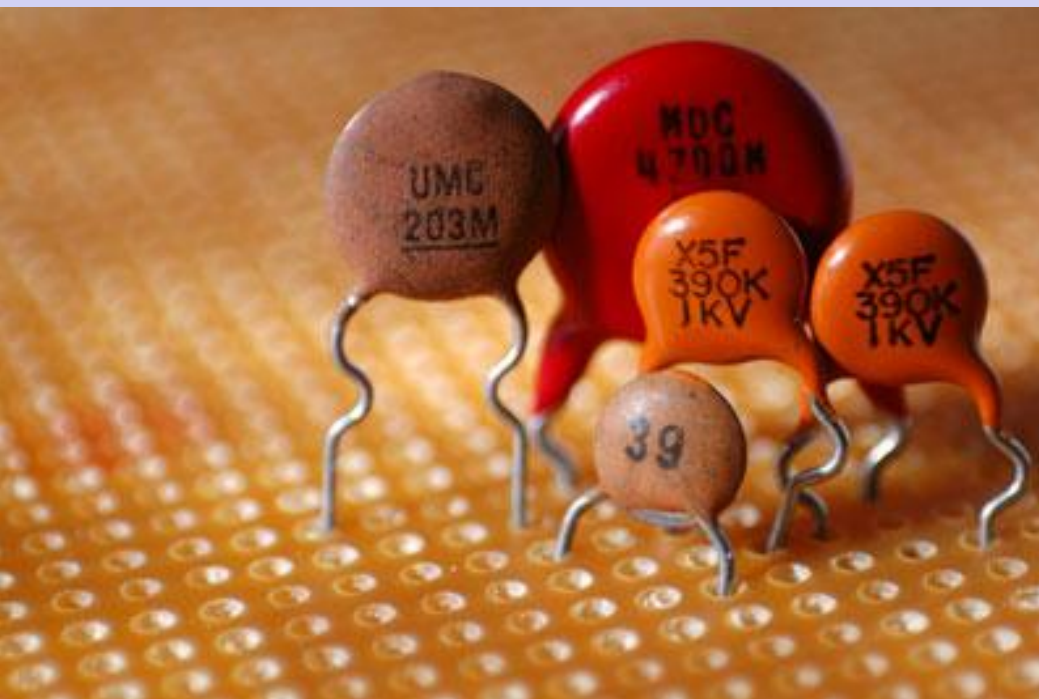
*Электрлік өріске енгізілген
бейтарап өткізгіш
кернеулік сызықтарын
үзеді*

Электр сыйымдылық

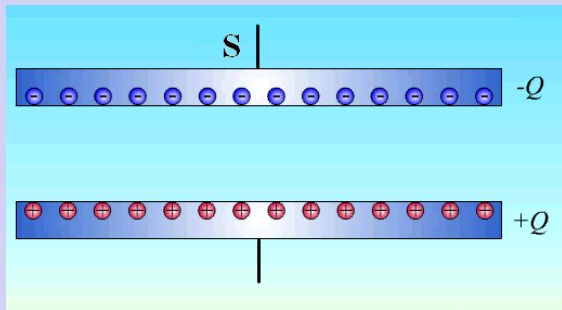
Конденсатор – электр зарядын жинақтайтын аспап.

Электр сыйымдылық – конденсатордың заряд сақтау қабілеті.

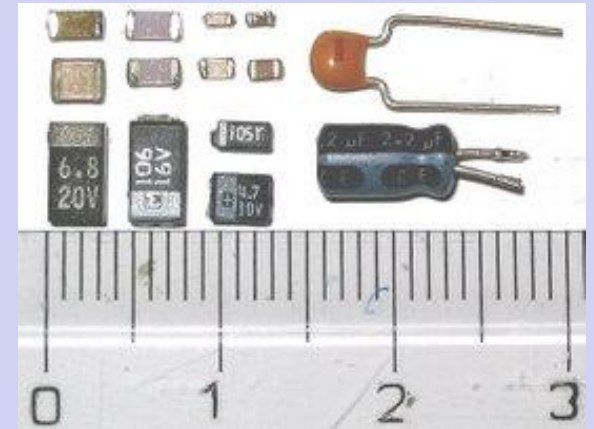
$$C = \frac{q}{U}.$$



$$C = \frac{q}{\varphi}.$$



$$C = \frac{q}{U}$$



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

Жазық конденсатор

$$C = \frac{2\pi\epsilon\epsilon_0 l}{\ln \frac{R_2}{R_1}}$$

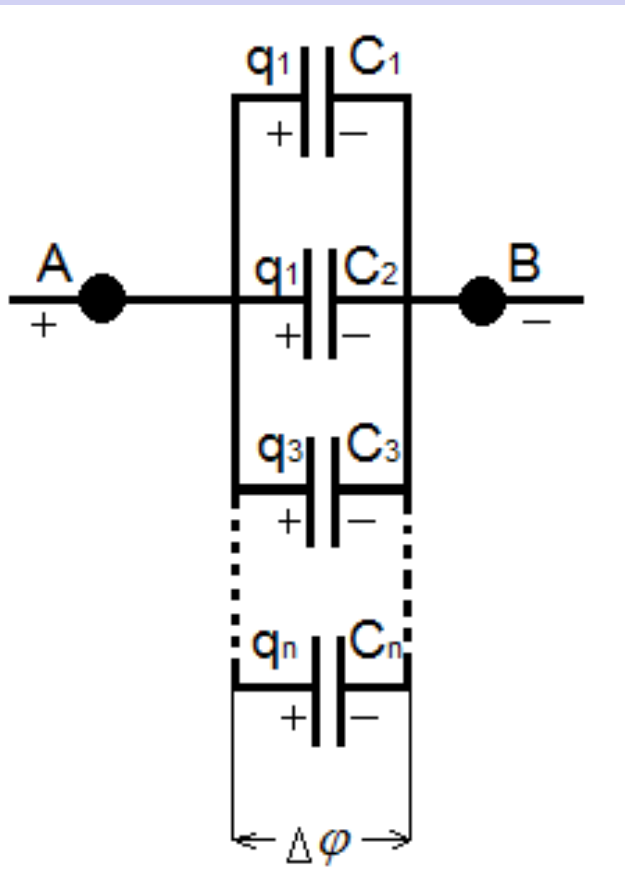
Цилиндрлік конденсатор

$$C = 4\pi\epsilon_0 \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1}$$

Сфералық конденсатор

Конденсаторлардың жалғануы

Конденсаторлар параллель жалғанған кезде оларға түсетін кернеу бірдей болады. Ал әр конденсатор заряды әр түрлі болады

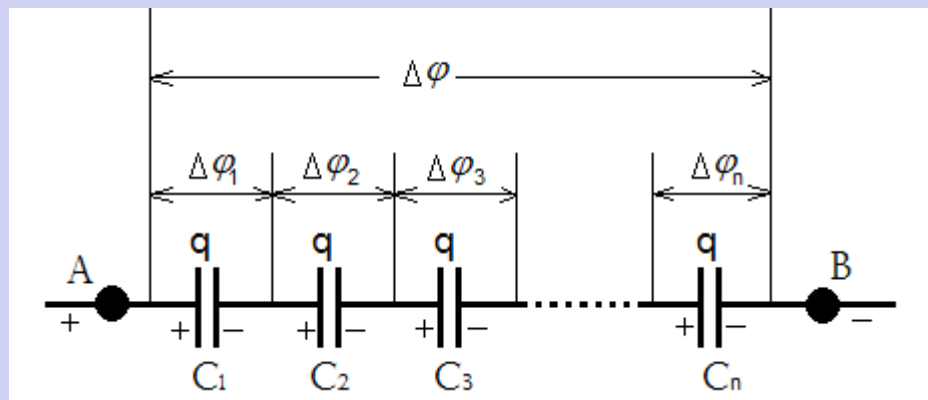


$$U_{\text{жалпы}} = U_1 = U_2 = \dots = U_n$$

$$q = q_1 + q_2 + q_3 \dots + q_n$$

$$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n = \sum_{i=1}^n C_i.$$

Консендаторлар тізбектей жалғанған кезде олардағы зарядтар бірдей болады. Ал әр конденсатор кернеуі әр түрлі болады.



$$q_{\text{жалпы}} = q_1 = q_2 = \dots = q_n$$

$$U_{\text{жалпы}} = U_1 + U_2 + \dots + U_n.$$

Екі тізбектей жалғанған
конденсатор үшін

$$\frac{1}{C_{\text{жалпы}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \dots + \frac{1}{C_n}.$$

$$C_{\text{жалпы}} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}.$$

Зарядталған конденсатор энергиясы

$$W_p = A = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C} = \frac{qU}{2}$$

$$W_p = \frac{CU^2}{2}$$

-тоқ көзіне қосылған
конденсатор энергиясы

$$W_p = \frac{q^2}{2C}$$

-тоқ көзінен ажыратылған
конденсатор энергиясы

Электр өрісі энергиясының көлемдік тығыздығы – бірлік көлемде жинақталған өріс энергиясымен өлшенетін шама.

$$\omega = \frac{W}{V} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon E^2}{2}.$$

Бақылау сұрақтары

1. Табиғаттағы зарядтардың түрлерін анықтаудың қарапайым тәсілдері қандай?
2. Қандай денелер оң және теріс зарядталған немесе бейтарап деп аталады.
3. Денені зарядтаудың қандай әдістері бар?
4. Табиғаттағы заттарды өткізгіштер, диэлектриктер және жартылай өткізгіштер деп бөлуге олардың қандай қасиеттері негіз болды?
5. Электр зарядтарының сақталу заңы. Заряд мөлшерінің өлшем бірліктері. Ең аз заряд мөлшері.
6. Нүктелік электр заряды дегеніміз не? Зарядталған ұсақ бөлшектердің қандай түрлері бар?
7. Электродинамика, электростатикалық өріс және электростатикалық күш дегеніміз не?

8. Кулон заңы және оның векторлық түрі.
9. Ортаның салыстырмалы диэлектрлік өтімділігінің физикалық мәні. Диэлектрлік тұрақты. Нүктелік зарядтың электростатикалық өрісіндегі нүктелердің кернеуліктері нені сипаттайды? Өлшем бірліктері қандай?
10. Нүктелік және аттас зарядтардың электр өрісінің кернеулік векторы мен кернеулік сызықтары қалай орналасан? Сызып көрсет.
11. Электрлік диполь және оның электрлік моменті мен иіні дегеніміз не?
12. Дипольдің түрлері және олардың өрісінің кернеулігіни анықтау.
13. Электростатикалық өріс үшін Остроградский-Гаусс теоремасы.

14. Денедегі зарядтардың беттік, көлемдік және сызықтық тығыздығы дегеніміз не және олардың өрнектері қандай?
15. Остроградский - Гаусс теоремасын қолдану арқылы зарядталған сфера мен шексіз цилиндрдің өрістерінің кернеуліктерін анықтау.
16. Электр өрісінің жұмысы
17. Потенциалдық өріс дегеніміз не?
18. Электр өрісінің кернеулігі мен потенциалының арасындағы байланыс, оның физикалық мәні.
19. Өткізгіштердің электр сыйымдылығы дегеніміз не? Оның өлшем бірліктері қандай?
20. Конденсатордың құрылысы, қажеттілігі. Конденсаторларды жалғау түрлері және жалпы сыйымдылықтарын анықтау.
21. Зарядталған конденсатордың электр өрісінің энергиясы және оның тығыздығы.

Негізгі әдебиеттер

- 1.Савельев И.В. Жалпы физика курсы. 1 том. Алматы, 2010– 505 б.
- 2 Савельев И.В. Жалпы физика курсы. 2 том. Алматы. 2010,429 б.
- 3. Трофимова Т.И. Физика курсы: ЖОО-лар үшін оқу құралы, 15 басылымы., М: ”Академия” баспа орталығы , 2011. – 482 бет.
- 4. Волькенштейн В.С. Жалпы физика курсының есептер жинағы. М: “Мектеп” баспа орталығы. 2009 ж. 486 бет.
- 5. Савельев И.В. Курс физики в 3-х томах. – М.: Наука, 2010. – 1 т, 2 т.
- 6. Койшибаев Н.Механика, 1 том, Алматы 2005 ж, 494 бет
- 7. Бижігітов Т. Жалпы физика курсы, Алматы 2013, 889 б.
- 8. Трофимова Т.И. Сборник задач по курсу физики для вузов. – М.: Оникс 21 век, 2007 – 384 с.
- 9. Савельев И.В. Жалпы физика курсы 3 том, Карағанды -2012, 324 б
- 10. Трофимова Т.И. Курс физики. – М.: АСADEMIA, 2007. – 558 с.

Назарларыңызға рахмет!