

Электростатика

Дененің электрлік күйін сипаттайтын және электрленген дененің өзара әсер заңдарын қарастыратын электр жөніндегі ілімнің саласын **электростатика** деп атайды. ғасырдың басында жүргізілген тәжірибелер электрленудің екі түрі болатындығын көрсетті:

1. Теріге үйрелген шынының электрленуіне сәйкес келетін электрлену, бұны шартты түрде оң электрлену деп атайды
2. Шыныға үйкелген терінің электрленуіне сәйкес электрлену, мұны шартты түрде теріс электрлену деп атайды.

Денелерді тиістіргенде электрлік күй бір денеден екінші денеге беріле алады. Сонда электрленген күйдегі дененің заряды болады дейді. Ол оның қаншалықты электрлену шамасын көрсетеді. Сонымен шартты түрде алынған оң және теріс деп аталатын екі түрлі электр заряды бар. Бірдей таңбалы зарядтар бір-бірінен тебіледі, әр түрлі таңбалы зарядтар бір-біріне тартылады. Электр заряды деп белгілі бір элементар бөлшектің бөлнбейтін қасиетін айтады. Жоғарыда айтқанымыздай, элементар бөлшектердің қатарына, мысалы, электрон (теріс зарядты тасушы), протон(оң зарядты тасушы) және нейтрон (заряды нольге тең) жатады. Элементар бөлшектердің барлығының заряды абсолют шамасы бойынша бірдей болады, **оны элементар заряд** деп атауға болады. Біз оны e әрпімен белгілейміз.

Дененің электр зарядының жоғалуы және қайтадан пайда болуы мүмкін. Әр қашан да қарама-қарсы таңбалы екі элементар бөлшек бір мезгілде жоғалып немесе пайда болмайды. Сонда изоцияланған жүйеде зарядтардың жалпы қосындысы өзгеруі мүмкін емес, бұл тұжырымдама жоғарыда айтылған электр зарядының сақталу заңын көрсетеді. Сонымен әрбір зарядтың кішкентайлығы сонша, макроскопиялық денелер зарядтарының мүмкін болатын шамаларын үздіксіз өзгереді деп қарастыруғы болады. Зарядтар тыныштықта тұрғанда олардың айналасындағы кеңістікте **электростатикалық өріс** пайда болады дейміз. Сонда екі зарядтың бір-біріне өзара әсерін былай түсіндіруге болады; зарядтың әрқайсысы өзінің айналасындағы кеңістікте өріс тудырады да сол өріс екінші зарядқа белгілі күшпен әсер етеді. Сонымен, электростатикалық өріс дегеніміз материяның ерекше түріне жатады. Электрленген бір дененің басқа электрленген денеге түсіретін әсерін осы өріс жеткізеді. Өрістің қасиеттері өрістің зарядтарға түсіретін күштері бағынатын заңдылықтар арқылы тексеріледі. Атомдар құрамына кіретін микробөлшектер ылғи да қозғалыста болатындықтан зарядталған дененің заряд шамасы кеңістік пен уақыт бойынша жылдам өзгереді. Сондықтан зарядталған денелер арасындағы әсерді сипаттайтын электр өрісі де уақыт және кеңістік бойынша өзгереді. Ал кванттық физика тұрғысында бұл әсер фотондар алмасу арқылы жүзеге асатындықтан әсердің дискретті екендігін аңғару қиын емес. Сонымен, жалпы қарастырылатын электр өрісі дискретті және уақыт пен кеңістік бойынша өзгереді. Бірақ- та электромагниттік құбылыстардың классикалық физикасында электр өрісін үздіксіз өзгертін шама деп есептейді. Ол үшін жеке фотонның әсері олардың біріккен әсерінен әлдеқайда кіші болу керек. Яғни, қарастырылып отырған әсерге қатынасатын кванттар саны өте көп, ал жеке кванттың импульсі әсерді қабылдайтын дене импульсынан өте аз болу керек. Басқаша айтқанда, электр өрісінің физикалық аө көлем мен физикалық аз уақыт бойынша орта мәні оның ретсіз өзгертін бөлігінен әлдеқайда үлкен болуы керек. Бұл үшін жеке микробөлшектердің микроскопиялық масштабта байқалатын орта өріске қосатын үлесі өте аз болуы керек.

Қозғалмайтын зарядталған денелердің бір-бірімен әсерлесуін зерттейтін электродинамиканың бөлімін **электростатика** деп атайды.

Табиғатта зарядтардың 2 түрі бар: оң және теріс зарядтар. Бір аттас зарядтар тебіледі, әр аттас зарядтар тартылады.

Зарядталған кез-келген дененің зарядтарының шамасы элементар зарядқа (табиғаттағы зарядтардың ең аз мөлшері) есе түрінде болады.

$$q = \pm N e_0, \quad N = 1, 2, 3, \dots$$

мұндағы: $e_0 = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ -элементар заряд.

Табиғатта жиі кездесетін элементар заряды бар теріс зарядты бөлшек электрон

$$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$$

оң зарядталған элементар бөлшек протон

$$m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

Электр зарядының сақталу заңы

Сыртқы денелермен заряд алмаспайтын немесе әсерлеспейтін электрлік денелердің жиынтығын электрлік тұйық немесе оқшауланған жүйе деп атайды.

Тұйық электрлік жүйедегі зарядтардың алгебралық қосындысы тұрақты болады:

$$q = \sum_{i=1}^N q_i = \text{const.}$$

Электростатиканың негізгі теңдеуі

Берілген жағдайда өлшемі мен пішінін ескермеуге болатын зарядталған денені нүктелік заряд деп атайды. Электростатиканың негізгі заңын 1785 жылы француз ғалымы Ш. Кулон тәжірибе жүзінде алды. Сондықтан бұл заң Кулон заңы деп аталады.

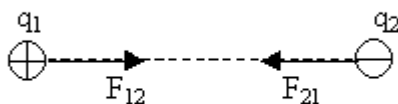
Вакуумдегі екі нүктелік зарядтың өзара әсерлесу күші олардың зарядтарының көбейтіндісіне тура пропорционал және ара қашықтықтарының квадратына кері пропорционал

$$F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2},$$

мұндағы: $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ пропорционалдық коэффициент - $k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$

$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}}$ - электр тұрақтысы.

Электростатикалық әсерлесу күшін Кулон күші деп атайды. Кулон күші табиғаты жағынан центрлік күштерге жатады, яғни екі нүктелік зарядтың центрлерін қосатын түзудің бойымен бағытталады.



$$|F_{12}| = |F_{21}| = \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

Тәжірибелер екі зарядтың өзара әсерлесу күші, олардың жанына басқа зарядтар әкеліп орналастырғанда өзгермейтінін көрсетеді. Сондықтан берілген зарядтар жүйесіндегі бір зарядқа әсер ететін қорытқы күш оның әрбір жеке зарядпен әсерлесу күштерінің геометриялық қосындысына тең болады

$$\vec{F} = \sum_{i=1}^N \vec{F}_i$$

Электр өрісінің кернеулігі

Зарядталған денелердің өзара әсерлесу күштері электр өрісі арқылы беріледі. Қозғалмайтын зарядтардың электр өрісін электростатикалық өріс деп атайды. Электр өрісін сандық сипаттау үшін электр өрісінің кернеулік векторы енгізілген.

Электр өрісінің кернеулігі электр өрісінде орналасқан нүктелік зарядқа әсер ететін күштің осы зарядтың шамасына қатынасына тең болады:

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

Өлшем бірлігі $[E] = 1 \frac{H}{Kл}$ немесе $\left(\frac{B}{M}\right)$

Кернеулік векторының бағыты оң зарядқа әсер ететін күштің бағытымен бағыттас болады.

Электр өрісінің кернеулік векторы электр өрісінің күштік сипаттамасы болып табылады, яғни электр өрісінде орналасқан бірлік оң зарядқа әсер ететін күшті анықтайды.

Барлық нүктесіндегі кернеулік векторының бағыты мен шамасы бірдей болатын электр өрісін біртекті электр өрісі деп атайды.

Электр өрісіне енгізілген зарядтарға өріс тарапынан әсер ететін күш

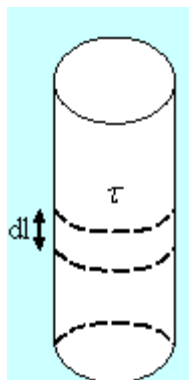
$$\vec{F} = q\vec{E}$$

Вакуумдегі нүктелік зарядтың тудыратын электр өрісінің кернеулігі:

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

Зарядталған дене нүктелік болмаған жағдайда зарядталған денелерді келесі үш топқа бөлуге болады:

- 1) Сызықтық зарядталған дене



Ұзындығы dl дене бөлігінің тудыратын электр өрісінің кернеулігі:

$$dE = \frac{dq}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

мұндағы: $dq = \tau dl$

Зарядтың сызықтық

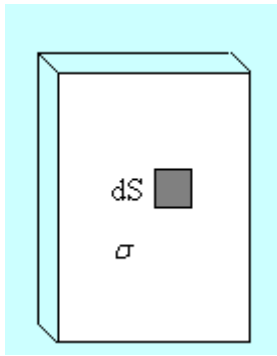
тығыздығы- $\tau = \frac{dq}{dl}$, $[\tau] = 1 \frac{Kл}{M}$

Сызықтық зарядталған дененің толық электр өрісінің кернеулігі:

$$E = \int \frac{\tau dl}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

- 2) Беттік зарядталған дене

Ауданы dS дене бөлігінің тудыратын электр өрісінің кернеулігі:



$$dE = \frac{dq}{4\pi\epsilon_0 r^2},$$

мұндағы: $dq = \sigma ds$.

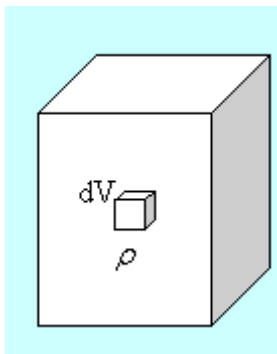
Зарядтың беттік тығыздығы-

$$\sigma = \frac{dq}{ds}, \quad [\sigma] = \left(\frac{Кл}{м^2} \right).$$

Беттік зарядталған дененің толық электр өрісінің кернеулігі:

$$dE = \int \frac{\sigma dS}{4\pi\epsilon_0 r^2}.$$

3) Көлемдік зарядталған дене



Көлемі dV дене бөлігінің тудыратын электр өрісінің кернеулігі:

$$dE = \frac{dq}{4\pi\epsilon_0 r^2},$$

мұндағы: $dq = \rho dV$.

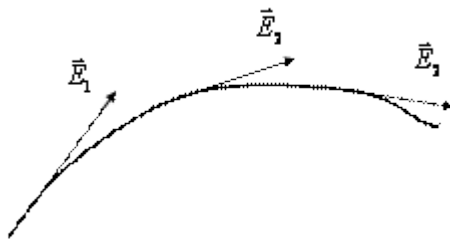
Зарядтың көлемдік тығыздығы-

$$\rho = \frac{dq}{dV}, \quad [\rho] = \left(\frac{Кл}{м^3} \right).$$

Көлемдік зарядталған дененің толық электр өрісінің кернеулігі:

$$dE = \int \frac{\rho dV}{4\pi\epsilon_0 r^2}.$$

Электр өрісін көрнекті түрде бейнелеу үшін электр өрісінің күш сызықтары (кернеулік сызықтары) енгізілген.



Күш сызықтары - әрбір нүктесіне жүргізген жанама сол нүктедегі кернеулік векторының бағытымен сәйкес келетіндей түрде электр өрісіне жүргізілген сызықтарды айтады.

Күш сызықтарының жиілігі – кеңістіктің сол бөлігіндегі кернеулік векторының шамасын анықтайды.

Электр өрісінің суперпозиция принципі

Қозғалмайтын N нүктелік зарядтардан тұратын электрлік жүйені қарастырайық.

Тәжірибелер көрсеткендей, зарядтар жүйесіндегі бір зарядқа әсер ететін қорытқы күш оның әрбір жеке зарядпен әсерлесу күштерінің геометриялық қосындысына тең болады

$$\vec{F} = \sum_{i=1}^N \vec{F}_i,$$

мұндағы: $\vec{E}_i = q\vec{E}_i$ екенін ескерсек, алатынымыз:

$$\vec{E} = \sum_{i=1}^N \vec{E}_i = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots + \vec{E}_N.$$

Бұл алынған формула электр өрісінің суперпозиция принципін өрнектейді.

Қозғалмайтын N зарядтан тұратын электрлік жүйенің тудыратын қорытқы электр өрісінің кернеулігі жеке зарядтар тудыратын электр өрістерінің кернеуліктерінің геометриялық (векторлық) қосындысына тең болады.