**27.03**

**Урок № 89-90. Электрические заряды. Квантование зарядов. Электризация тел. Закон сохранения заряда. Основной закон электростатики**

**(Закон Кулона).**

**Основной материал:** Что изучает электродинамика. Электрический заряд. Квантование заряда. Электризация тел. Закон сохранения электрического заряда.

### Электродинамика

Многие физические явления, наблюдаемые в природе и окружающей нас жизни, не могут быть объяснены только на основе законов механики, молекулярно-кинетической теории и термодинамики. В этих явлениях проявляются силы, действующие между телами на расстоянии, причем эти силы не зависят от масс взаимодействующих тел и, следовательно, не являются гравитационными. Эти силы называют ***электромагнитными силами***.

О существовании электромагнитных сил знали еще древние греки. Но систематическое, количественное изучение физических явлений, в которых проявляется электромагнитное взаимодействие тел, началось только в конце XVIII века. Трудами многих ученых в XIX веке завершилось создание стройной науки, изучающей электрические и магнитные явления. Эта наука, которая является одним из важнейших разделов физики, получила название ***электродинамики***.

Основными объектами изучения в электродинамике являются электрические и магнитные поля, создаваемые электрическими зарядами и токами.

**1.1. Электрический заряд. Закон Кулона**

Подобно понятию гравитационной массы тела в механике Ньютона, понятие заряда в электродинамике является первичным, основным понятием.

***Электрический заряд* – это физическая величина, характеризующая свойство частиц или тел вступать в электромагнитные силовые взаимодействия.**

Электрический заряд обычно обозначается буквами *q* или *Q*.

Совокупность всех известных экспериментальных фактов позволяет сделать следующие выводы:

* Существует два рода электрических зарядов, условно названных положительными и отрицательными.
* Заряды могут передаваться (например, при непосредственном контакте) от одного тела к другому. В отличие от массы тела электрический заряд не является неотъемлемой характеристикой данного тела. Одно и то же тело в разных условиях может иметь разный заряд.
* Одноименные заряды отталкиваются, разноименные – притягиваются. В этом также проявляется принципиальное отличие электромагнитных сил от гравитационных. Гравитационные силы всегда являются силами притяжения.

Одним из фундаментальных законов природы является экспериментально установленный ***закон сохранения электрического заряда***.

**В изолированной системе алгебраическая сумма зарядов всех тел остается постоянной:**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | *q*1 + *q*2 + *q*3 + ... +*qn* = const. | |

Закон сохранения электрического заряда утверждает, что в замкнутой системе тел не могут наблюдаться процессы рождения или исчезновения зарядов только одного знака.

С современной точки зрения, носителями зарядов являются [элементарные частицы](https://physics.ru/courses/op25part2/content/chapter6/section/paragraph9/theory.html#1). Все обычные тела состоят из [атомов](https://physics.ru/courses/op25part2/content/chapter6/section/paragraph5/theory.html), в состав которых входят положительно заряженные [протоны](https://physics.ru/courses/op25part2/content/chapter6/section/paragraph3/theory.html#1), отрицательно заряженные [электроны](https://physics.ru/courses/op25part2/content/chapter6/section/paragraph1/theory.html) и нейтральные частицы – [нейтроны](https://physics.ru/courses/op25part2/content/chapter6/section/paragraph5/theory.html#3). Протоны и нейтроны входят в состав атомных ядер, электроны образуют электронную оболочку атомов. Электрические заряды протона и электрона по модулю в точности одинаковы и равны элементарному заряду *e*.

В нейтральном атоме число протонов в ядре равно числу электронов в оболочке. Это число называется ***атомным номером***. Атом данного вещества может потерять один или несколько электронов или приобрести лишний электрон. В этих случаях нейтральный атом превращается в положительно или отрицательно заряженный ион.

Заряд может передаваться от одного тела к другому только порциями, содержащими целое число элементарных зарядов. Таким образом, электрический заряд тела – дискретная величина:

|  |
| --- |
|  |

Физические величины, которые могут принимать только дискретный ряд значений, называются ***квантованными***. Элементарный заряд *e* является [квантом](https://physics.ru/courses/op25part2/content/chapter5/section/paragraph1/theory.html#12) (наименьшей порцией) электрического заряда. Следует отметить, что в современной физике элементарных частиц предполагается существование так называемых [кварков](https://physics.ru/courses/op25part2/content/chapter6/section/paragraph9/theory.html#16) – частиц с дробным зарядом  и  частиц с дробным зарядом  и https://physics.ru/courses/op25part2/content/javagifs/63230164548938-2.gifhttps://physics.ru/courses/op25part2/content/javagifs/63230164548938-3.gif   Однако, в свободном состоянии кварки до сих пор наблюдать не удалось.

В обычных лабораторных опытах для обнаружения и измерения электрических зарядов используется ***электрометр*** – прибор, состоящий из металлического стержня и стрелки, которая может вращаться вокруг горизонтальной оси (рис. 1.1.1). Стержень со стрелкой изолирован от металлического корпуса. При соприкосновении заряженного тела со стержнем электрометра, электрические заряды одного знака распределяются по стержню и стрелке. Силы электрического отталкивания вызывают поворот стрелки на некоторый угол, по которому можно судить о заряде, переданном стержню электрометра.

|  |
| --- |
| https://physics.ru/courses/op25part2/content/chapter1/section/paragraph1/images/1-1-1.gif |
| Рисунок 1.1.1.  Перенос заряда с заряженного тела на электрометр |

Электрометр является достаточно грубым прибором; он не позволяет исследовать силы взаимодействия зарядов. Впервые закон взаимодействия неподвижных зарядов был открыт французским физиком [Ш. Кулоном](https://physics.ru/courses/op25part2/content/scientist/coulomb.html) в 1785 г. В своих опытах Кулон измерял силы притяжения и отталкивания заряженных шариков с помощью сконструированного им прибора – крутильных весов (рис. 1.1.2), отличавшихся чрезвычайно высокой чувствительностью. Так, например, коромысло весов поворачивалось на 1° под действием силы порядка 10–9 Н.

Идея измерений основывалась на блестящей догадке Кулона о том, что если заряженный шарик привести в контакт с точно таким же незаряженным, то заряд первого разделится между ними поровну. Таким образом, был указан способ изменять заряд шарика в два, три и т. д. раз. В опытах Кулона измерялось взаимодействие между шариками, размеры которых много меньше расстояния между ними. Такие заряженные тела принято называть **точечными зарядами**.

***Точечным зарядом*называют заряженное тело, размерами которого в условиях данной задачи можно пренебречь.**

|  |
| --- |
| https://physics.ru/courses/op25part2/content/chapter1/section/paragraph1/images/1-1-2.gif |
| Рисунок 1.1.2.  Прибор Кулона |

|  |
| --- |
| https://physics.ru/courses/op25part2/content/chapter1/section/paragraph1/images/1-1-3.gif |
| Рисунок 1.1.3.  Силы взаимодействия одноименных и разноименных зарядов |

На основании многочисленных опытов Кулон установил следующий закон:

**Силы взаимодействия неподвижных зарядов прямо пропорциональны произведению модулей зарядов и обратно пропорциональны квадрату расстояния между ними:**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | https://physics.ru/courses/op25part2/content/javagifs/63230164548948-4.gif | |

Силы взаимодействия подчиняются третьему закону Ньютона:https://physics.ru/courses/op25part2/content/javagifs/63230164548958-5.gif Они являются силами отталкивания при одинаковых знаках зарядов и силами притяжения при разных знаках (рис. 1.1.3). Взаимодействие неподвижных электрических зарядов называют ***электростатическим*** или ***кулоновским*** взаимодействием. Раздел электродинамики, изучающий кулоновское взаимодействие, называют ***электростатикой***.

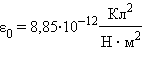
Закон Кулона справедлив для точечных заряженных тел. Практически закон Кулона хорошо выполняется, если размеры заряженных тел много меньше расстояния между ними.

Коэффициент пропорциональности *k* в законе Кулона зависит от выбора системы единиц. В Международной системе СИ за единицу заряда принят **кулон** (Кл).

***Кулон*** – это заряд, проходящий за 1 с через поперечное сечение проводника при силе тока 1 А. Единица силы тока ([ампер](https://physics.ru/courses/op25part2/content/chapter1/section/paragraph16/theory.html#11)) в СИ является наряду с единицами длины, времени и массы **основной единицей измерения**.

Коэффициент *k* в системе СИ обычно записывают в виде:

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | https://physics.ru/courses/op25part2/content/javagifs/63230164548968-6.gif | |

где  – ***электрическая постоянная***.

В системе СИ элементарный заряд *e* равен:

|  |
| --- |
| *e* = 1,602177·10–19 Кл ≈ 1,6·10–19 Кл. |

Опыт показывает, что силы кулоновского взаимодействия подчиняются [принципу суперпозиции](https://physics.ru/courses/op25part2/content/chapter3/section/paragraph7/theory.html#5).

**Если заряженное тело взаимодействует одновременно с несколькими заряженными телами, то результирующая сила, действующая на данное тело, равна векторной сумме сил, действующих на это тело со стороны всех других заряженных тел.**

Рис. 1.1.4 поясняет принцип суперпозиции на примере электростатического взаимодействия трех заряженных тел.

|  |
| --- |
| https://physics.ru/courses/op25part2/content/chapter1/section/paragraph1/images/1-1-4.gif |
| Рисунок 1.1.4.  Принцип суперпозиции электростатических сил https://physics.ru/courses/op25part2/content/javagifs/63230164548988-8.gifhttps://physics.ru/courses/op25part2/content/javagifs/63230164548988-9.gifhttps://physics.ru/courses/op25part2/content/javagifs/63230164549018-10.gif |

[https://physics.ru/courses/op25part2/design/images/buttonModel_n.gif](https://physics.ru/courses/op25part2/content/models/charges.html)

|  |
| --- |
| [https://physics.ru/courses/op25part2/content/models/screensh/charges.jpg](https://physics.ru/courses/op25part2/content/models/charges.html) |
| Модель. Взаимодействие точечных зарядов |

Принцип суперпозиции является фундаментальным законом природы. Однако, его применение требует определенной осторожности, в том случае, когда речь идет о взаимодействии заряженных тел конечных размеров (например, двух проводящих заряженных шаров 1 и 2). Если к системе из двух заряженных шаров поднсти третий заряженный шар, то взаимодействие между 1 и 2 изменится из-за **перераспределения зарядов**.

Принцип суперпозиции утверждает, что при **заданном (фиксированном) распределении зарядов** на всех телах силы электростатического взаимодействия между любыми двумя телами не зависят от наличия других заряженных тел.