

Тема урока: Закон Кулона

Цели урока:

Общеобразовательные:

- способствовать формированию информационных умений и навыков получать, осмысливать, обрабатывать и использовать информацию из различных источников;
- помогать развивать способности к самообразованию, обучение приемам самообучения, контролю своей деятельности;
- формировать гибкость применения знаний, умений и навыков в условиях быстрых изменений

Общеучебные:

- сформировать представления о единстве материального мира (на примере аналогии между законом Кулона и законом всемирного тяготения), представления о концепции взаимодействия, о границах применимости физических законов на примере закона Кулона;

Развивающие:

- путем наблюдений, экспериментов и решения задач способствовать накоплению опыта эмоционально-оценочной деятельности и выработыванию собственных оценочных суждений, стимулирующих учащихся сознательно и ответственно подходить к получению знаний;
- развивать у школьников теоретическое, творческое мышления, умения операционного мышления, направленного на выбор оптимальных решений;
- способствовать формированию умений устанавливать причинно-следственные связи между фактами, явлениями и причинами их вызывающими;
- развивать социальную целостность, умение определить личностную роль в обществе.

Тип урока: урок изучения нового материала.

Форма: индивидуально – групповая.

Метод урока (по основным дидактическим задачам) – приобретение знаний.

(по способу передачи информации) – сочетание вербального, наглядного и практического;

(по используемым средствам обучения) – словесно-иллюстративный с решением типовых задач.

Технология: проблемное обучение.

План урока.

- I. Организационный момент.
- II. Актуализация знаний и мотивация.
 - 1) Фронтальный опрос.
 - 2) Выполнение экспериментального задания.
 - 3) Постановка проблемы.
 - 4) Сообщение темы и целей урока.
- III. Изучение нового материала.
- IV. Применение знаний и умений: решение задач.
 - 1) Решение устных задач.
 - 2) Решение простых задач на закон Кулона с проверкой
 - 3) Самостоятельное решение задач.
- V. Домашнее задание.

Фронтальный опрос

- 1) Какой раздел физики изучает электромагнитное взаимодействие?
- 2) Что такое электростатика?
- 3) Какая физическая величина называется электрическим зарядом?
- 4) Назовите элементарную частицу, которая обладает минимальным отрицательным зарядом.
- 5) Назовите элементарную частицу, которая обладает минимальным положительным зарядом.
- 6) Какой процесс называют электризацией?
- 7) Какую систему тел можно считать электрически изолированной?
- 8) Сформулируйте закон сохранения заряда.
- 9) Как взаимодействуют разноименные и одноименные заряды?

2) Выполнение экспериментального задания.

Задание 1. Наэлектризуйте способом трения палочку, поднесите ее к султану.

Задание 2. Ответьте на вопросы:

1. Как изменяется сила, действующая на лепестки султана при приближении к нему заряженной палочки?
2. Как изменяется сила, действующая на лепестки султана при удалении от нее заряженной палочки?

Задание 3. Натирая палочку в меньшей (или большей) степени, т.е. сообщая ей меньший (или больший), заряд поднесите ее к султану.

3. Как изменяется сила, действующая на лепестки султана со стороны палочки, если
 - а) палочке сообщен меньший заряд;
 - б) палочке сообщен больший заряд?
4. Сделайте общий вывод.

3) Постановка проблемы.

У: Удалось ли количественно оценить данное взаимодействие?

Ответ: Нет.

У: Почему?

Ответ: У нас нет возможности измерить электрический заряд тел и оценить силу взаимодействия.

Итак, с одной стороны, мы знаем, что сила взаимодействия зависит от зарядов тел и расстояния между заряженными телами;

с другой стороны, мы не можем количественно оценить эту зависимость.

У: Что мы получили?

Ответ: Противоречие.

У: Исходя из выше сказанного, какую цель мы можем поставить перед собой на этом уроке?

Ответ: Количественно оценить взаимодействие между зарядами.

Историческая справка: первым смог количественно оценить взаимодействие электрических зарядов Г.Кавендиш (1873 г.), который так и не опубликовал свою работу. Через 12 лет после этого Ш.О.Кулон (1885 г.) установил экспериментально закон электромагнитных взаимодействий.

Цели урока:

- познакомиться с опытами Кулона по исследованию взаимодействия электрических зарядов;
- получить формулировку закона Кулона и его математическую запись;
- установить границы применимости;
- научиться применять закон Кулона при решении задач.

Придумайте тему урока.

Тема урока: **Закон Кулона.**

А теперь сформулируем еще раз в нужном порядке: тема урока..., цели урока.

III. Изучение нового материала.

(Теоретический этап)

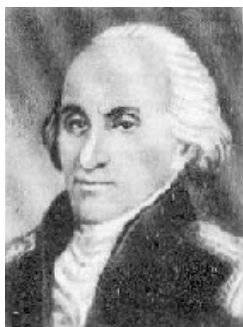
Итак, приступаем к выполнению поставленных целей. Работаем в группах.

Задание . Прочитайте текст и ответьте на поставленные вопросы.

Закон Кулона.

Приступим к изучению количественных законов электромагнитных взаимодействий. Основной

закон электростатики был экспериментально установлен французским физиком Шарлем Огюстеном Кулоном в 1785 г. и носит его имя.



Французский физик Шарль Кулон родился в городе Ангулеме. После окончания средней школы он поступил на военную службу. В Париже прошел инженерную подготовку и был направлен на остров Мартинику для строительства укреплений. В 1772 г. Кулон вернулся во Францию и был назначен инженером по крепостным и водным сооружениям. Одновременно со службой он проводил научные исследования.

Его имя стало известно в научном мире в 1777 г., когда он опубликовал ряд работ, в которых представил результаты экспериментов по измерению кручения волос, шелковых и металлических нитей.

За эти работы в 1781 г. Кулона избрали членом Парижской академии наук.

Пользуясь изобретенными им крутильными весами, Кулон детально исследовал взаимодействие одноименных и разноименных точечных электрических зарядов. Эти эксперименты привели к открытию в 1785 г. основного закона электростатики — закона Кулона .

Первым установил этот закон английский ученый Кавендиш. Но своих работ по электричеству Кавендиш не публиковал. Около ста лет рукописи находились в архиве семьи Кавендиша, пока не были переданы для печати Максвеллу. Произошло это через много лет после того, как закон взаимодействия зарядов был установлен Кулоном.

Итак, закон Кулона — закон взаимодействия двух неподвижных точечных заряженных тел или частиц.

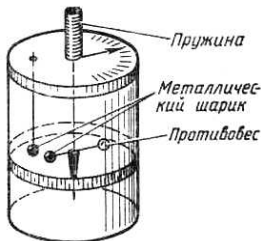
Точечным зарядом называют такое заряженное тело, размер которого много меньше расстояния его возможного действия на другие тела.

Сила взаимодействия заряженных тел зависит от свойств среды между заряженными телами. Пока будем считать, что взаимодействие происходит в вакууме. Впрочем, опыт показывает, что воздух очень мало влияет на силу взаимодействия заряженных тел: она оказывается почти такой же, как в вакууме.

Опыты Кулона. Открытие закона взаимодействия электрических зарядов облегчалось тем, что эти силы велики. Здесь не нужно было применять особо чувствительной аппаратуры, как при проверке закона всемирного тяготения в земных условиях. С помощью крутильных весов удалось установить, как взаимодействуют друг с другом неподвижные заряженные тела. Крутильные весы состоят из стеклянной палочки, подвешенной на тонкой упругой проволоке. На одном конце палочки закреплен маленький металлический шарик, а на другом — противовес. Еще один металлический шарик закреплен на крышке весов неподвижно.

При сообщении шарикам одноименных зарядов они начинают отталкиваться друг от друга. Чтобы удерживать шарики на фиксированном расстоянии, упругую проволочку нужно закрутить на некоторый угол. По углу закручивания проволочки определяют силу взаимодействия шариков.

Крутильные весы позволили изучить зависимость силы взаимодействия заряженных шариков от зарядов и от расстояния между ними. Измерять силу и расстояние в то время умели. Единственная трудность была с зарядом, для измерения которого не существовало даже единиц. Кулон нашел простой способ изменения заряда одного из шариков в 2, 4 и т. д. раз, соединяя его с таким же незаряженным шариком. Заряд при этом распределялся поровну между шариками.



Основные выводы: Опыты Кулона показали, что

- 1) сила взаимодействия прямо пропорциональна произведению модулей зарядов шариков: $F \sim q_1 \times q_2$.
- 2) сила взаимодействия покоящихся электрических зарядов обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними. $F \sim 1/r^2$.
- 3) силы взаимодействия двух неподвижных точечных заряженных тел направлены вдоль прямой, соединяющей центры этих тел. Подобные силы называют центральными. В соответствии с третьим законом Ньютона эти силы равны по модулю и противоположны по направлению.

Закон Кулона. Опыты Кулона привели к установлению закона, поразительно напоминающего закон всемирного тяготения. Сила взаимодействия между двумя неподвижными точечными зарядами, находящимися в вакууме, прямо пропорциональна произведению модулей зарядов, обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними и направлена по прямой, соединяющей заряды.

Эту силу называют кулоновской.

Если обозначить модули зарядов через q_1, q_2 , а расстояние между ними — через r , то закон Кулона можно записать в следующей форме:

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

где k — коэффициент пропорциональности. Его физический смысл: *коэффициент пропорциональности численно равен силе взаимодействия единичных зарядов на расстоянии, равном единице длины. Его значение зависит от выбора системы единиц.*

Легко обнаружить, что два заряженных шарика, подвешенных на нитях, либо притягиваются друг к другу, либо отталкиваются. Это значит, что *силы взаимодействия двух неподвижных точечных заряженных тел направлены вдоль прямой, соединяющей центры этих тел.* Подобные силы называют центральными.

В соответствии с третьим законом Ньютона эти силы равны по модулю и противоположны по направлению.

Природа кулоновских сил: *это силы электромагнитного взаимодействия.*

Условие возникновения: *кулоновские силы существуют только между заряженными частицами.*

Границы применимости:

1. *Заряженные тела должны быть точечными, т. е. размеры тел много меньше расстояния между ними.* Если же размеры и расстояние соизмеримы, то закон Кулона неприменим. В этом случае необходимо мысленно «разбить» тело на такие малые объемы, чтобы каждый из них отвечал условию точечности. Суммирование сил, действующих между элементарными объемами заряженных тел, дает возможность определить электрическую силу.

2. *Заряженные тела должны быть неподвижными, т. к. при движении заряженных тел проявляется действие магнитного поля, возникающего в результате этого движения.*

Единица заряда — кулон. В Международной системе единиц (СИ) единица заряда является не основной, а производной и эталон для нее не вводится.

Единицу заряда в СИ — кулон — устанавливают с помощью единицы силы тока.

1 кулон (Кл) — это заряд, проходящий за 1с через поперечное сечение проводника при силе тока 1 А.

Коэффициент k в законе Кулона при записи его в единицах СИ выражается в $\text{Н} \times \text{м}^2 / \text{Кл}^2$, так как

$$k = F \times r^2 / q^2$$

а сила выражается в ньютонах, расстояние — в метрах и заряд — в кулонах. Числовое значение этого коэффициента можно определить экспериментально. Для этого достаточно измерить силу взаимодействия между двумя известными зарядами, находящимися на заданном расстоянии, и подставить значения в данную формулу. Полученное значение $k = 9 \times 10^9 \text{ Н} \times \text{м}^2 / \text{Кл}^2$.

Заряд в 1Кл очень велик. Минимальный заряд, существующий в природе, — это заряд элементарных частиц. В единицах СИ модуль этого заряда равен: $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ Кл}$.

Электрическая постоянная. Коэффициент k в СИ принято записывать в форме:

$$K = 1/4\pi\epsilon_0$$

Величину ϵ_0 (ϵ — греческая буква; читается «эпсилон») называют электрической постоянной. Она равна:

$$\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ Кл}^2 / \text{Н м}^2.$$

Мы в дальнейшем для простоты записи формул будем оставлять в них коэффициент k , не прибегая к его выражению через E_0 .

Вопросы к теоретическому этапу урока.

1. Когда и кем был экспериментально установлен основной закон электростатики?
2. Для каких заряженных тел сформулирован закон Кулона?
3. Какие заряженные тела называют точечными?
4. Опишите эксперимент Кулона с крутильными весами.
5. Сформулируйте основные выводы опытов Кулона
 - а) зависимость силы взаимодействия между зарядами от их модуля;
 - б) зависимость силы взаимодействия от расстояния между ними;
 - в) направление силы взаимодействия.
6. Сформулируйте закон Кулона.
7. Определите границы применимости закона.
8. В каких единицах измеряется заряд в системе СИ? Физический смысл единицы измерения заряда?
9. В чем заключается физический смысл коэффициента пропорциональности в законе Кулона?
10. а) Как направлены силы взаимодействия двух неподвижных точечных заряженных тел?
 - б) Какова природа кулоновских сил?
 - в) Каковы условия их возникновения?
11. Сравните закон Кулона с законом всемирного тяготения.

	<i>Закон всемирного тяготения</i>	<i>Закон Кулона</i>
<i>Модуль силы</i>		
<i>Направление силы</i>		
<i>Природа сил</i>		
<i>Условия возникновения</i>		

Работа в группах закончена

Давайте разберем изученный вами материал в последовательности поставленных целей.

1. Вы познакомились с опытами Кулона. Опишите эксперимент, поставленный Кулоном с крутильными весами.
2. Сформулируйте основные выводы опытов Кулона
3. На доске запишите зависимость силы взаимодействия между зарядами от их модулей и от расстояния между ними.
4. Изобразите схематически взаимодействие разноименных и одноименных зарядов.

5. Проверим. Сравним наши выводы с итогами научной деятельности Кулона.
6. Для каких заряженных тел сформулирован закон Кулона?
7. Какие заряженные тела называют точечными?
8. В чем заключается физический смысл коэффициента пропорциональности?

Предлагаю вашему вниманию Фрагмент фильма по теме «Закон Кулона»

Установили ли вы границы применимости данного закона?

1. Заряженные тела должны быть точечными, т. е. размеры тел много меньше расстояния между ними.

2. Заряженные тела должны быть неподвижными, т. к. при движении заряженных тел проявляется действие магнитного поля, возникающего в результате этого движения.

Вы обратили внимание, что данный закон Кулона похож на закон, который мы изучали в этом году. Что это за закон?

Я предлагаю заполнить таблицу сравнения закона Кулона и закона всемирного тяготения.

1 группа заполняет первую строчку, 2 группа – вторую, 3 группа – третью, 4 группа – четвертую.

Рефлексия: Что мы узнали на этом этапе урока?

А теперь предлагаю вам использовать свои знания на практике при решении задач.

Практическая часть урока.

(Устно)

1. Как изменится сила кулоновского взаимодействия двух точечных зарядов, если расстояние между ними увеличить в 3 раза? а) увеличится в 3 раза; б) уменьшится в 9 раз; в) уменьшится в 3 раза г) увеличится в 9 раз.

2. Как изменится сила кулоновского взаимодействия двух точечных зарядов, если расстояние между ними уменьшить в 4 раза? а) увеличится в 4 раза; б) уменьшится в 4 раза; в) увеличится в 16 раз; в) уменьшится в 16 раз.

3. Два точечных заряда действуют друг на друга с силой 12 Н. Какой будет сила взаимодействия между ними, если уменьшить значение каждого заряда в 2 раза, не меняя расстояния между ними? а) 3 Н; б) 6 Н; в) 24 Н; г) 48 Н.

(Письменно)

1. На каком расстоянии нужно расположить два заряда: $q_1 = 5 \text{ нКл}$ и $q_2 = 6 \text{ нКл}$, чтобы они отталкивались друг от друга с силой 120 мкН?

2. Два одинаковых положительных заряда находятся на расстоянии

10 мм друг от друга. Они взаимодействуют с силой 0,81 мН.

Как велик заряд каждого шарика?

3. Два заряда 4 нКл и 1 нКл находятся на расстоянии 24 м друг от друга. В какой точке на линии, соединяющей эти заряды, надо поместить третий заряд, чтобы он был в равновесии? Подсказка: в точку равновесия мысленно помещаем положительный заряд, величина которого неизвестна. Задачу выполняем по образцу.

(Самостоятельно)

4. На каком расстоянии друг от друга заряды 1 мКл и 10 нКл взаимодействуют с силой 9 мН? а) 10 см; б) 11 см; в) 12 см; г) 13 см

5. Два заряда 90 нКл и 10 нКл находятся на расстоянии 4 см друг от друга. Где надо поместить третий заряд, чтобы он был в равновесии? а) 1 см от меньшего и 3 см от большего; б) 3 см от большего и 1 см от меньшего; в) 2 см от каждого заряда; г) нет такой точки.

Пример 1. Два заряда $+1.66 \cdot 10^{-9}$ Кл и $+3.33 \cdot 10^{-9}$ Кл находятся на расстоянии 20 см друг от друга. Где надо поместить третий заряд, чтобы он оказался в равновесии?

Дано:

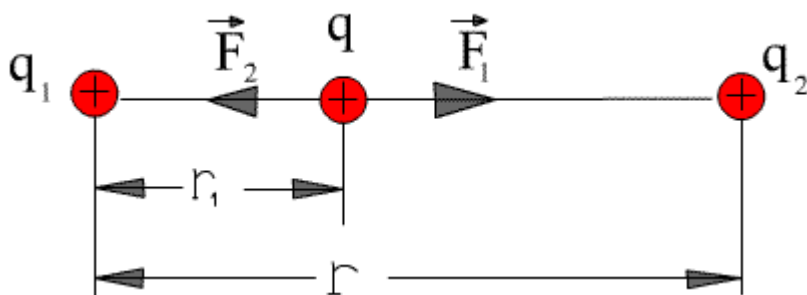
$$q_1 = 1.66 \cdot 10^{-9} \text{ Кл},$$

$$q_2 = 3.33 \cdot 10^{-9} \text{ Кл},$$

$$r = 0.42 \text{ м},$$

$$\varepsilon = 1.$$

Найти: r_1



Решение. Точка, где надо поместить третий заряд q (положительный или отрицательный) лежит на линии, соединяющей эти заряды. **Допустим, q - положительный заряд.** На него действуют кулоновские силы F_1 и F_2 (рис.) со стороны зарядов q_1 и q_2 . Заряд q находится в равновесии, значит $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = 0$. Значит в проекциях на ось X :

$$F_1 - F_2 = 0 \text{ или } F_1 = F_2. \text{ Учитывая, что}$$

$$F_1 = \frac{|q_1| |q|}{4\pi\epsilon\epsilon_o r_1^2}; F_2 = \frac{|q_1| |q_2|}{4\pi\epsilon\epsilon_o (r-r_1)^2}$$

Получим

$$\frac{|q_1| |q|}{4\pi\epsilon\epsilon_o r_1^2} = \frac{|q| |q_2|}{4\pi\epsilon\epsilon_o (r-r_1)^2} \quad \frac{|q_1|}{r_1^2} = \frac{|q_2|}{(r-r_1)^2}$$

$\Rightarrow$

$$r_1 = \frac{\sqrt{|q_1|}}{\sqrt{|q_1|} + \sqrt{|q_2|}} r,$$

$$r_1 = 0,08 \text{ м} , r_2 = 0,34 \text{ м}$$