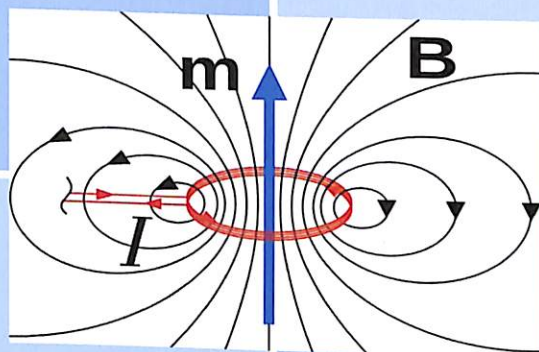


537
Т-88

Электричество и магнетизм

Турсунов И.Г.,
Мухамедов Г.И.,
Бабушкин О.Л.

КУРС ФИЗИКИ



537
7'88
МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ЧИРЧИКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ

Турсунов И.Г., Мухамедов Г.И., Бабушкин О.Л.

КУРС ФИЗИКИ

Электричество и магнетизм

Учебное пособие

5463--
O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLYI VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI
TOSHKENT VILOYATI CHIRCHIQ
DAVLAT PEDAGOGIKA INSTITUTI
AXBOROT RESURS MARKAZI

Ташкент
«Университет»
2020

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLYI VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI
TOSHKENT VILOYATI CHIRCHIQ
DAVLAT PEDAGOGIKA INSTITUTI
AXBOROT RESURS MARKAZI
1-FILIALI

Турсунов И.Г., Мухамедов Г.И., Бабушкин О.Л. "Курс физики. Электричество и магнетизм". Учебное пособие. –Т.: "Университет", 2020, 172 с.

УДК: 537(075.8)

ББК: 22.33я73

Т 88

Пособие предназначено для студентов географического, химического и биологического направлений, обучающихся по учебному плану география, химия и биология. Пособие содержит краткие теоретические описания по физике, предусмотренные программой этой дисциплины.

Составители: и.о. проф. И.Г.Турсунов
проф. Г.И. Мухамедов
доцент О.Л. Бабушкин

Ответственный редактор: проф. Ю.В. Петров.

Одобрено учебно – методическим советом Чирчикского государственного педагогического института

ISBN: 978-9943-6554-9-2

© Издательство "Университет", Ташкент, 2020 г.

Глава I. ЭЛЕКТРОСТАТИКА

§ 1.1. Электризация тел. Электрический заряд

Еще в VII в. до н. э. древнегреческий ученый Фалес указал на способность янтаря, натертого шелком, притягивать легкие предметы. Но лишь в конце XVI в. английский врач и физик *Гильберт* заинтересовался явлением, описанным Фалесом. Он провел соответствующие опыты и обнаружил, что свойством притягивать легкие предметы обладает не только натертый шелком янтарь, но и стекло, фарфор и многие другие тела, предварительно натертые кожей, сукном и тому подобными мягкими материалами. Это явление Гильберт назвал *электризацией*.

Оказалось, что электризация бывает *только двух родов: положительная* (которую приобретает, например, стекло, натертое кожей) и *отрицательная* (которую приобретает, например, кожа, натирившая стекло). Выяснилось также, что разноименно наэлектризованные тела взаимно притягиваются, а одноименно наэлектризованные – отталкиваются.

Электризацию долгое время объясняли существованием особых электрических жидкостей (положительной и отрицательной), перемещающихся внутри тела или перетекающих из одного тела в другое. Только в 1881 г. была высказана (немецким физиком и физиологом *Гельмгольцем*) гипотеза, объясняющая электрические явления существованием *электрически заряженных элементарных частиц*. Впоследствии эта гипотеза подтвердилась открытием *электрона* (в 1897 г. английским физиком *Дж. Дж. Томсоном*) и *протона* (в 1919 г. английским физиком *Резерфордом*). Масса электрона $m = 9,1091 \cdot 10^{-31}$ кг, его заряд $e = -1,6021 \cdot 10^{-19}$ Кл (кулон). Протон имеет положительный заряд, равный по величине заряду электрона, масса протона в 1836 раз больше массы электрона. Существуют и другие элементарные частицы (позитроны, мезоны, нейтроны, нейтрино и т. д.), среди которых имеются как заряженные, так и нейтральные.

Все заряженные элементарные частицы имеют одинаковый по величине заряд, равный заряду электрона и называемый элементарным электрическим зарядом. Элементарный заряд является наименьшим (из известных) электрическим зарядом, это своего рода «атом электричества».

В наэлектризованном (заряженном) теле числа положительных и отрицательных элементарных частиц различны; в незаряженном теле эти числа равны между собой.

Тела, в которых электрические заряды могут свободно перемещаться, называются *проводниками*. Существуют два рода проводников. К проводникам *первого рода* относятся все металлы. Перемещающимися в них зарядами являются свободные электроны; перемещение не вызывает химических изменений в этих проводниках. К проводникам *второго рода* относятся электролиты (растворы солей, кислот и щелочей), в которых перемещаются *положительные* и *отрицательные* ионы, что ведет к химическим изменениям в самих проводниках.

Тела, в которых возможность перемещения зарядов весьма ограничена (мало свободных электронов или почти нет ионов), называются *диэлектриками* или *изоляторами*. К ним относятся, например, янтарь, стекло, дистиллированная вода, спирт. Промежуточное положение занимают *полупроводники* (селен, германий, кремний, графит и др.). Их *электропроводность* в значительной мере зависит от внешних условий, главным образом от температуры.

Участвуя в каких-либо процессах, электрические заряды могут перемещаться с одного тела на другое или перераспределяться в пределах одного тела, но не могут уничтожаться и создаваться. Иными словами, *в изолированной системе алгебраическая сумма электрических зарядов остается постоянной*. Это положение называется *законом сохранения электрического заряда*.

Единицей измерения электрического заряда (*количества электричества*) служит, как уже отмечалось, кулон (Кл). Эта единица устанавливается из соотношения, связывающего силу постоянного тока I в проводнике с электрическим зарядом q , прошедшим через поперечное сечение проводника и временем t его прохождения:

$$q = I \cdot t \quad (1.1)$$

Согласно (1.1), кулон - количество электричества, проходящее через поперечное сечение проводника при токе 1 А за время 1 с:

$$1 \text{ Кл} = 1 \text{ А} \cdot 1 \text{ с}$$

Единица силы тока - *ампер* - является основной в СИ. Она устанавливается на основе взаимодействия двух параллельных проводников с током.

§ 1.2. Взаимодействие электрических зарядов в вакууме.

Электрическое поле и его напряженность

Электростатика изучает взаимодействие и условия равновесия *покоящихся* электрически заряженных тел, а также свойства этих тел, обусловленные *электрическими зарядами*.

Первые количественные исследования по электростатике были выполнены в 1785 г. французским физиком Кулоном, который опытным путем (с помощью крутильных весов) установил, что *два точечных заряда взаимодействуют в вакууме с силой F , пропорциональной величинам зарядов q_1 и q_2 , обратно пропорциональной квадрату расстояния r между ними и направленной по линии, соединяющей эти заряды (закон Кулона)*:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}, \quad (1.2)$$

где: k - коэффициент пропорциональности.

Формула (1.2) справедлива не только для точечных зарядов, но и для заряженных шаров конечного размера. В этом случае r есть расстояние между центрами шаров. Сила взаимодействия заряженных тел иной формы вычисляется путем векторного сложения сил взаимодействия всех точечных зарядов, составляющих заряды этих тел.

Коэффициент пропорциональности в формуле (1.2) целесообразно представить в виде:

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}, \quad (1.3)$$

где величина ϵ_0 называется *электрической постоянной* (или *диэлектрической проницаемостью вакуума*). Заметим далее, что коэффициент k нельзя положить равным единице (и, следовательно, значение ϵ_0 нельзя выбрать произвольно), поскольку единицы измерения всех физических величин, входящих в формулу (1.2), уже установлены ранее. Поэтому значение k , а следовательно, и ϵ_0 необходимо определить опытным путем.

Учитывая формулу (1.3), запишем закон Кулона (1.2) для взаимодействия зарядов в вакууме в окончательном виде:

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}. \quad (1.4)$$

Опытное определение величины ϵ_0 дало для нее значение $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Кл}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}^2}$. Размерность ϵ_0 легко определить из закона Кулона (1.4):

$$[\epsilon_0] = \frac{[q_1][q_2]}{[F][r^2]} = \frac{\text{Кл}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}^2} = \text{м}^{-3} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^4 \cdot \text{А}^2$$

Далее будет показано, что такая размерность соответствует размерности отношения фарада/метр (где фарада – единица измерения емкости). Поэтому единица измерения электрической постоянной ϵ_0 называется *фарадой на метр* (Ф/м). Итак,

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

Электрические заряды, находясь на расстоянии друг от друга, взаимодействуют между собой *через пространство*. Такое взаимодействие может осуществляться только посредством поля, в данном случае – *электрического*. *Электрическим полем называется вид материи, посредством которого взаимодействуют электрические заряды*. Каждое заряженное тело окружено электрическим полем. Всякий заряд, помещенный в это поле, подвергается, согласно формуле (1.4), действию силы.

Пусть в некоторой точке поля заряда Q находится *малый положительный заряд* q_0 – так называемый *пробный заряд*. На него будет действовать сила F_0 . Отношение F_0/q_0 представляет собой силу, действующую на единичный положительный заряд, оно не зависит от величины пробного заряда и потому может служить характеристикой электрического поля. Векторная величина

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_0}{q_0} \quad (1.5)$$

называется *напряженностью электрического поля*. Она направлена так же, как сила F_0 (поскольку q_0 – скаляр). Таким образом, *напряженность электрического поля в данной точке есть вектор, равный по величине силе, действующей на единичный положительный заряд, помещенный в эту точку и совпадающий с ней по направлению*. Из формулы (1.5) следует, что *за единицу напряженности электрического поля принимается напряженность такого поля, которое действует на заряд в 1 Кл с силой в 1 Н*. Размерность

$$[E] = \frac{[F]}{[q]} = \frac{[Н]}{[Кл]} = \text{м} \cdot \text{кг} \cdot \text{сек}^{-3} \cdot \text{А}^{-1}.$$

Как будет показано далее, Н/Кл = вольт/метр (где *вольт* – единица измерения потенциала электрического поля). Поэтому единица измерения напряженности электрического поля получила название *вольт на метр* (В/м).

Электрическое поле наглядно изображается с помощью *силовых линий*. *Силовой линией электрического поля называется линия, в*

каждой точке которой касательная совпадает с вектором напряженности поля (рис. 1.1).



Рис. 1.1

Тогда по изображению электрического поля можно судить не только о направлении, но и о величине напряженности поля. Например, в окрестностях точки A (см. рис. 1.1) $E=2$ В/м, а в окрестностях точки B $E=4$ В/м.

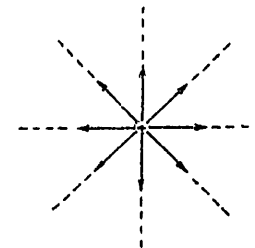


Рис. 1.2

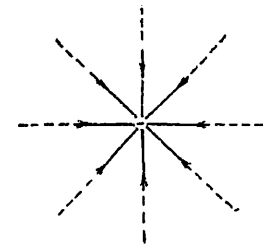


Рис. 1.3

Электрическое поле называется *однородным*, если во всех его точках напряженность E одинакова. В противном случае поле называется *неоднородным*.

На рис. 1.2 и 1.3 изображены электрические поля положительного и отрицательного точечных зарядов. Исходя из положительного заряда (или входя в отрицательный заряд), силовые линии теоретически простираются до бесконечности.

Величина напряженности электрического поля, создаваемого точечным (или шаровым) зарядом q , определяется по формулам (1.4) и (1.5) следующим образом:

$$E = \frac{F_0}{q_0} = \frac{qq_0}{4\pi\epsilon_0 r^2 q_0}$$

Откуда:

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad (1.6)$$

где: r – расстояние от заряда, создающего поле, до точки, в которой определяется напряженность. Таким образом, напряженность поля