

Волкова Марина Геннадьевна

кандидат психол. наук, доцент,

Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны,

г. Ярославль

О ФОРМИРОВАНИИ ПОНЯТИЯ - ПОТЕНЦИАЛ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Аннотация. Рассматриваются варианты демонстрации студентам опытов способствующих пониманию понятия «потенциал электростатического поля». Проанализированы результаты этих демонстраций и сформулированы основные выводы.

Ключевые слова: потенциал, консервативные силы, электростатическое поле, разность потенциалов.

Одним из самых сложных понятий электростатики является «потенциал». Школьники, а затем и студенты часто заучивают определение потенциала электростатического поля, решают различные задачи. При этом у студентов не создается грамотного понимания потенциала, и физического смысла этой величины. В этой связи в формировании понятия потенциала возрастает роль учебного лекционного эксперимента. Возникает потребность в таких опытах, которые могли проиллюстрировать теоретические знания и рассуждения о потенциале. («Когда будешь излагать науку... не забудь под каждым положением приводить его практические применения, чтобы твоя наука не была бесполезна» - Леонардо да Винчи).

Предложим несколько опытов, которые несложно провести, как в школьной лаборатории, так и в вузе.

1. Потенциальность электростатического поля.

Еще из курса механики студенты знают, что любое стационарное поле центральных сил является консервативным. Работа сил такого поля не зависит от формы траектории, а определяется только начальным и конечным положе-

НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ: ВЕКТОРЫ РАЗВИТИЯ

нием точек. Именно таким свойством обладает и электростатическое поле. Если в качестве пробного заряда, перенесенного из точки 1 (рис. 1.) заданного поля \vec{E} в точку 2, взять положительный единичный заряд q , то элементарная работа сил поля будет равна $A = q \int_1^2 \vec{E} \cdot d\vec{l}$.

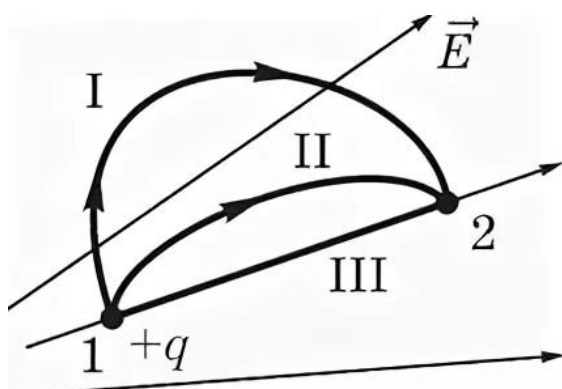


Рис. 1. Работа электростатического поля по перемещению заряда

Интеграл по пути между двумя точками является линейно независимым, следовательно, по *произвольному замкнутому пути* $\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0$. Тогда работа по замкнутому контуру $A = q \oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0$ тоже равна нулю. Поле, обладающее такими свойствами, называется *потенциальным* [1, с. 187].

На изолированной подставке закрепим заряженное проводящее тело q . А в поле этого заряда подвесим на непроводящей длиной нити лёгкий проводящий шарик и сообщим ему заряд q_0 одноименный с зарядом тела. Под действием кулоновских сил отталкивания шарик из положения 1 перейдёт в положение 2. При этом высота шарика в поле тяготения увеличится на h . Значит и потенциальная энергия взаимодействия заряда с Землёй возрастет на mgh . Изменение энергии тела происходит в результате совершения над телом работы, следовательно, электрическое поле, созданное заряженным телом, над зарядом совершило некоторую работу (работа электростатического поля по перемещению заряда равна изменению потенциальной энергии, взятому с противоположным знаком). Даже если заряда в поле нет, то **потенциально** эта работа все равно может быть совершена, как только он там окажется.

НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ: ВЕКТОРЫ РАЗВИТИЯ

Повторим опыт, изменив начальные условия - толкнем заряженный шарик в произвольном направлении, тем самым, мы сообщаем ему кинетическую энергию. Наблюдения показывают, что шарик, пройдя по некой траектории, снова достигнет положения 2. При этом кинетическая энергия, которую мы сообщили ему вначале расходуется на преодоление сил трения при движении шарика. Электрическое поле при этом совершает над шариком ту же работу, что и в первом случае. Если в конечном случае мы уберём заряженное тело q , то шарик из положения 2 возвращается в положение 1.

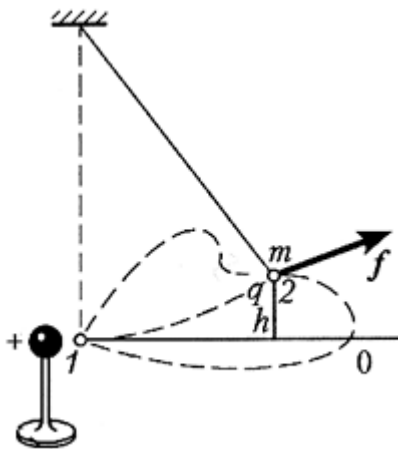


Рис. 2. Взаимодействие заряженных тел

Таким образом, опыт демонстрирует, что работа электрического поля над зарядом не зависит от формы траектории движения заряда, а определяется только начальным и конечным его положением. То есть, по замкнутой траектории работа электростатического поля всегда равна нулю, а поля, обладающие таким свойством, называются *потенциальными* [1, с. 187].

Для любой массы m разница энергий на высоте 0 и h будет равна mgh . Если разделить значение потенциальной энергии mgh на массу, мы получим величину, характеризующую гравитационное поле в данной точке. Выражение gh уже не зависит от массы, оно показывает работу, которую необходимо совершить для переноса тела, с некоторой массой, на высоту h , деленную на эту массу.

НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ: ВЕКТОРЫ РАЗВИТИЯ

Если по аналогии с гравитационным полем рассмотреть величину, равную потенциальной энергии взаимодействия двух зарядов, деленной на заряд q_0 тела, находящегося в электрическом поле заряда q , то она уже не будет зависеть от заряда q и охарактеризует только поле заряда q в данной точке. То есть будет являться функцией заряда q и расстояния между зарядами. Эта величина и называется **потенциалом электрического поля**.

В механике, как правило, потенциальная энергия равна нулю, когда тело находится на поверхности земли. И говорят, что тело обладает потенциальной энергией, если оно поднято на некоторую высоту. В электростатике нулевого уровня потенциальной энергии нет. Его выбирают произвольно [2, с.37]. Поэтому и потенциал в электростатике является относительной физической величиной. Разность потенциалов (напряжение) не зависит от выбора системы координат.

В механике тела, предоставленные сами себе, стремятся занять положение с наименьшей потенциальной энергией. В электричестве же под действием сил поля положительно заряженное тело стремится переместиться из точки с более высоким потенциалом в точку с более низким потенциалом, а отрицательно заряженное тело - наоборот.

2. Разность потенциалов.

Во многих случаях для того, чтобы правильно уяснить суть вопроса, касающегося электротехники, необходимо точно знать, что такое разность потенциалов. Наиболее распространенное понятие данного определения заключается в образовании напряжения между двумя отдельными точками. Это напряжение является работой, которую производит поле при перемещении единичного положительного заряда из одного заданного положения в другое.

В качестве варианта демонстрации такого понятия как напряжение или разность потенциалов предлагаем использовать следующую установку. Расположим на двух изолирующих подставках параллельные металлические пластины на расстоянии примерно десяти сантиметров друг от друга. Заряд пластинам

НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ: ВЕКТОРЫ РАЗВИТИЯ

сообщим равный по модулю и противоположный по знаку. Как и в первом опыте, используем заряженный шарик и введем его в область между пластинами. Пластины между собой создают однородное электрическое поле $\vec{E} = const$. Стрелка отклонения покажет определённое значение угла результирующей силы $\vec{F}_{рез}$, действующей на шарик. Мы можем перемещать точку подвеса в разных направлениях, демонстрируя, что во всех точках поля между заряженными пластинами на шарик будет действовать одна и та же сила.

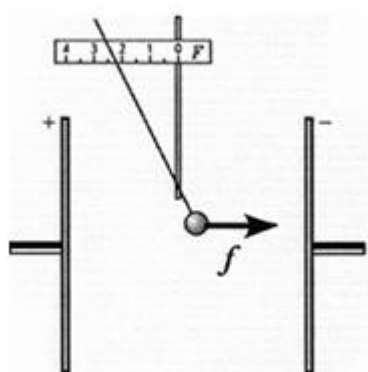


Рис. 3. Шарик между заряженными пластинами

Мы можем найти силу Кулона в данном опыте, используя второй закон Ньютона $m\vec{g} + \vec{F}_k = \vec{F}_{рез}$. Откуда $mg \cdot tg\alpha = F_k$. Зная силу Кулона, а как следствие, напряженность поля между пластинами и расстояние между ними, можем найти и напряжение между пластинами или разность потенциалов между

$$ними \quad U = \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{mg \cdot tg\alpha}{q \cdot d}.$$

Разность потенциалов электрического поля можно продемонстрировать на практике и следующим образом с помощью проводников, потенциалы которых неодинаковые. Если их соединить металлической проволокой, то на ее концах возникнет напряжение, которое и будет разностью потенциалов. Действие поля будет наблюдаться на протяжении всей проволоки. В сторону увеличения потенциала начнется движение свободных электронов, в результате чего по проволоке потечет электрический ток. Движение электронов будет продолжаться

НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ: ВЕКТОРЫ РАЗВИТИЯ

до тех пор, пока потенциалы проводников не станут равными, а разность потенциалов между ними не станет равной нулю.

Чтобы лучше уяснить себе это, приведем аналогию из другой области физики. Если два сосуда с различными уровнями воды соединить снизу трубкой, то по трубке потечет вода. Движение воды будет продолжаться до тех пор, пока уровни воды в сосудах не установятся на одной высоте, а разность уровней не станет равной нулю.

В лабораторных работах для измерения разности потенциалов в жидких или газообразных диэлектриках применяется метод электрического зонда [3, с.201]. Зонд необходимо поместить в нужную точку диэлектрика, после чего он покажет разность потенциалов между оболочкой и стрелкой (или между зондом и Землей). Нужно учитывать, что помещение зонда в диэлектрик сильно изменяет потенциал измеряемой точки. Это происходит из-за индукционных зарядов на шарике прибора и самом зонде. Чтобы получить достоверные данные, нужно, чтобы при внесении зонда прибор и шарик электроскопа приняли исходный потенциал измеряемой точки. Если зонд не заряжен, то его потенциал такой же, как у окружающего его пространства. Поскольку он соединяется с шариком электрометра, то его потенциал будет равен ему. В итоге мы получим нужное значение потенциала без искажений.

Список литературы

1. Курс физики: учебное пособие для втузов / А.А. Детлаф, Б.М. Яворский. – 4-е изд. испр., – М.: Высшая школа, 2002. – 718 с.
2. Курс физики с примерами решения задач. Ч. II. Электричество и магнетизм. Колебания и волны: учебное пособие / С.И. Кузнецов. – 4-е изд., перераб. доп.; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во ТПУ, 2013. – 370 с.
3. Физический эксперимент в средней школе: Механика. Молекуляр. физика. Электродинамика / Н. М. Шахмаев, В. Ф. Шилов. – М.: Просвещение, 1989. – 254 с.