

Тема урока: Проводники и диэлектрики в электростатическом поле. Потенциал электростатического поля и разность потенциалов.

Дата урока: 23.04.2020

Указания к работе

1. Изучите теоретический материал.
2. Рассмотрите примеры решения задач по теме «Потенциальная энергия электростатического поля. Разность потенциалов».
3. Выполните задание на сайте РЭШ (скриншот прислать 23.04.2020 до 18:00):
<https://resh.edu.ru/subject/lesson/5899/train/48728/>
4. Выполните домашнее задание.

Теоретический материал

Все тела можно классифицировать, в соответствии с их способностью проводить электрический ток. Тело может являться проводником, полупроводником или диэлектриком. **Проводниками** называют тела, проводящие электричество, а **диэлектриками** называют тела, не проводящие электричество.

Полупроводники – это тела, которые меняют свои свойства проводимости в зависимости от внешних условий. Но о полупроводниках мы поговорим позже, а сегодня мы рассмотрим проводники и диэлектрики. Рассмотрим, что происходит с проводником, помещенным в электростатическое поле.

Конечно, к проводникам, в первую очередь, относятся металлы, в которых существуют, так называемые, свободные заряды. **Свободные заряды** – это электрические заряды, способные перемещаться внутри проводника. Как вы знаете, в металлах наблюдается металлическая связь. Нейтральные атомы металла начинают взаимодействовать друг с другом, в результате чего, некоторые электроны отрываются от атомов и становятся свободными. Эти электроны начинают участвовать в тепловом движении и могут перемещаться по всему проводнику в случайных направлениях. Иными словами, свободные электроны в проводнике ведут себя подобно молекулам газа. Поскольку все атомы изначально электрически нейтральны, если они теряют электрон, они становятся положительно заряженными ионами.

Таким образом, в проводниках наблюдается следующая картина: положительно заряженные ионы оказываются окружены так называемым электронным газом. Конечно, не надо думать, что электроны образуют какой-то реальный газ. Просто их движение очень напоминает хаотическое движение молекул газа.

Рассмотрим случай, когда металлический проводник находится в однородном электростатическом поле.

Как вы знаете, под действием электрического поля свободные электроны приходят в упорядоченное движение, в проводнике возникает электрический ток. В результате одна сторона проводника заряжается отрицательно, а другая – положительно. Это явление называется электростатической индукцией.

Электростатическая индукция – это явление наведения собственного электростатического поля под воздействием внешнего электрического поля.

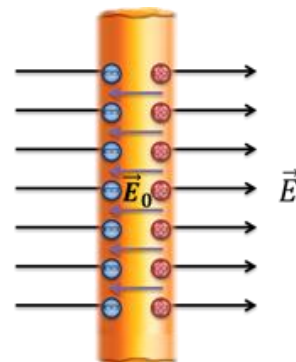
Из-за электростатической индукции, возникает другое электростатическое поле, создаваемое появившимися зарядами.

По принципу суперпозиции полей, это поле накладывается на внешнее поле и компенсирует его. Из этого мы можем сделать очень важный вывод: напряженность электростатического поля внутри проводника равна нулю: $\vec{E} + \vec{E}_0 = 0$.

Этот факт используется для создания электростатической защиты: чувствительные к электрическому полю приборы, помещаются в металлические ящики. В настоящее время даже некоторые виды спецодежды включают в себя современные электропроводящие материалы, которые создают внутри костюма замкнутое пространство, защищенное от воздействия электрических полей.

Впервые, эксперимент, подтверждающий отсутствие электростатического поля внутри проводника, провел Майкл Фарадей еще в 1836 году. По его указанию большую деревянную клетку оклеили листами оловянной фольги (которая является проводником). Предварительно клетку изолировали от земли и сильно зарядили ее (так что при приближении к ней тел, с ее поверхности вылетали искры).

Тем не менее, сам Фарадей совершенно спокойно находился внутри данной клетки. Более того, в его руках был исправный электроскоп, который показывал полное отсутствие электрического поля. Впоследствии, подобные конструкции получили название «клетка Фарадея».

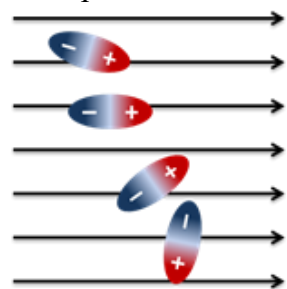


Необходимо отметить еще один важный факт: вблизи поверхности (вне проводника) линии напряженности электростатического поля перпендикулярны этой поверхности.

Если бы это было не так, и какая-то линия напряженности была бы не перпендикулярна поверхности, то это привело бы к движению свободных зарядов. Такое движение продолжается до тех пор, пока все силовые линии не станут перпендикулярны поверхности проводника.

Надо сказать, что весь статический заряд любого проводника находится на поверхности этого проводника. В этом легко убедиться, поскольку мы уже выяснили, что напряженность электростатического поля внутри проводника равна нулю. Следовательно, внутри проводника никакого заряда нет, поскольку в противном случае, он создавал бы отличную от нуля напряженность.

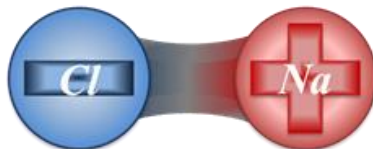
Теперь давайте поговорим о диэлектриках. Диэлектрики в электростатическом поле ведут себя иначе, чем проводники. Диэлектрики, наоборот, не проводят ток, но внутри них может существовать электрическое поле.



Дело в том, что в диэлектриках не возникают свободные заряды, поскольку между ядрами атомов и электронами существует довольно сильная связь. Приведем два классических примера распределения электрического заряда. Как вы знаете, ядро водорода состоит из одного протона, а вокруг этого протона вращается один электрон. В целом, атом электрически нейтрален. Электрон вращается вокруг протона с очень большой скоростью: за одну секунду он делает порядка 10^{15} оборотов. Это говорит о том, что каждую мкс электрон оказывается в любой точке своей орбиты миллионы раз.

Поэтому, смело можно считать, что в среднем по времени центр распределения отрицательного заряда находится в центре атома, то есть совпадает с положительно заряженным ядром.

Тем не менее, есть и другие случаи. Например, молекула поваренной соли состоит из атома натрия и атома хлора. Из курса химии вы знаете, что атом хлора имеет 7 валентных электронов, а у атома натрия всего один валентный электрон. Поэтому, в процессе образования молекулы, атом хлора захватывает электрон натрия, в результате чего образуется система из двух ионов. Теперь центр распределения отрицательного заряда приходится на ион хлора, а центр распределения положительного заряда приходится на ион натрия. Тем не менее, в целом молекула остается электрически нейтральной. Подобные системы называются электрическими диполями.



В связи с этим, разделяют два вида диэлектриков: неполярные и полярные. **Неполярные диэлектрики** – это диэлектрики, состоящие из атомов или молекул, у которых центры распределения положительных и отрицательных зарядов совпадают.

И наоборот, **полярными диэлектриками** называются диэлектрики, состоящие из атомов или молекул, у которых центры распределения положительных и отрицательных зарядов не совпадают.

Давайте рассмотрим величину, характеризующую свойство диэлектрической среды, которая называется **диэлектрической проницаемостью**. Эта величина показывает, во сколько раз кулоновская сила взаимодействия между двумя точечными зарядами в данной среде меньше, чем кулоновская сила взаимодействия этих же зарядов в вакууме: $\epsilon = \frac{F_0}{F}$. Закон Кулона для произвольной среды: $F = k \frac{|q_1||q_2|}{\epsilon r^2}$.

В формулу добавляется диэлектрическая проницаемость, то есть, характеристика среды. Диэлектрические проницаемости многих сред экспериментально измерены и сведены в таблицы.

Потенциал электростатического поля и разность потенциалов

Ссылка на видео: <https://youtu.be/81e1YOWkoS0>

Примеры решения задач по теме

«Потенциальная энергия электростатического поля. Разность потенциалов»

Учебник §96

Домашнее задание: выучить §92-95

