В металлах носителями свободных зарядов являются электроны. При образовании кристаллической решётки металла электроны внешних оболочек атомов полностью утрачивают связи со своими атомами и становятся «собственностью всего проводника в целом. В результате образовавшиеся положительно заряженные ионы оказываются окружёнными отрицательно заряженным «газом>), образованным коллективизированными электронами.

Свободные электроны участвуют в тепловом движении и могут перемещаться по металлу в любом направлении.

Заряженные частицы, способные свободно перемещаться в проводнике под влиянием электрического поля, называются свободными зарядами.

Электростатическое поле внутри проводника. Наличие в проводнике свободных зарядов приводит к тому, что даже при наличии внешнего электрического поля внутри проводника напряжённость поля равна нулю. Если бы напряжённость электрического поля была отлична от нуля, то поле приводило бы свободные заряды в упорядоченное движение, т. е. в проводнике существовал бы электрический ток. На примере незаряженной проводящей пластины (проводника), внесённой в однородное поле, выясним, в результате какого процесса напряжённость электростатического поля внутри проводника оказывается равной нулю (рис. 14.21). Силовые линии поля изображены сплошными линиями.

В первый момент (при внесении пластины в поле) возникает электрический ток. Под действием электрического поля электроны пластины начинают перемещаться справа налево. Левая сторона пластины заряжается отрицательно, а правая - положительно (см. рис. 14.21). В этом состоит явление электростатической индукции. (Если, не убирая пластину из поля, разделить её пополам вдоль линии NN (см. рис. 14.21), то обе половины окажутся заряженными.)

Явление разделения зарядов и их распределение по поверхности проводника во внешнем электрическом поле называют электростатической индукцией.

Появившиеся заряды создают своё поле (линии напряжённости этого поля показаны на рисунке 14.21 штриховыми прямыми), которое накладывается на внешнее поле и компенсирует его. За ничтожно малое время заряды перераспределяются так, что напряжённость результирующего поля внутри пластины становится равной нулю и движение зарядов прекращается.

Силовые линии электростатического поля вне проводника в непосредственной близости к его поверхности перпендикулярны поверхности.

Докажем это. Предположим, что какая-то силовая линия не перпендикулярна поверхности проводника (рис. 14.22). Это означает, что касательная составляющая вектора напряжённости электрического поля не равна нулю. Следовательно, на свободные заряды действует сила, перемещающая их по поверхности проводника. Это перемещение будет происходить до тех пор, пока все силовые линии не станут перпендикулярными поверхности проводника.

Электрический заряд проводников. Внутри проводника при равновесии зарядов не только напряжённость поля равна нулю, равен нулю и заряд. Весь статический заряд проводника сосредоточен на его поверхности. В самом деле, если бы внутри проводника имелся заряд, то вблизи заряда имелось бы и поле. Но электростатического поля внутри проводника нет. Следовательно, заряды в проводнике могут располагаться только на его поверхности.

Этот вывод справедлив как для незаряженных проводников в электрическом поле, так и для заряженных.

Диэлектрики в электростатическом поле. Какое влияние оказывают на электростатическое поле тела, не являющиеся проводниками? Для выяснения этого вопроса надо ближе познакомиться со строением таких тел.

У изолятора или диэлектрика электрические заряды, а точнее, электрически заряженные частицы - электроны и ядра в нейтральных атомах связаны друг с другом. Они не могут, подобно свободным зарядам проводника, перемещаться под действием электрического поля по всему объёму тела.

Различие в строении проводников и диэлектриков приводит к тому, что они по-разному ведут себя в электростатическом поле. Электрическое поле может существовать внутри диэлектрика. Чтобы понять, как незаряженный диэлектрик создаёт электрическое поле, сначала познакомимся с электрическими свойствами нейтральных атомов и молекул.

Атомы и молекулы состоят из положительно заряженных частиц - ядер и отрицательно заряженных частиц - электронов. На рисунке 14.23 изображена схема простейшего атома - атома водорода. Положительный заряд атома (заряд ядра) сосредоточен в его центре.

Электрон движется в атоме с большой скоростью. Один обо от вокруг ядра он делает за очень малое время, порядка 1-0 5 с. Поэтому, например, уже за 1-0 9 с он успевает совершить миллион оборотов и, следовательно, миллион раз побывать в двух любых точках 1 и 2, расположенных симметрично относительно ядра. Это даёт основание считать, что в среднем по времени центр распределения отрицательного заряда приходится на середину атома, т. е. совпадает с положительно заряженным ядром.

Однако так обстоит дело не всегда. Рассмотрим молекулу поваренной соли NaCl. Атом натрия имеет во внешней оболочке один валентный электрон, слабо связанный с атомом. У атома хлора семь валентных электронов. При образовании молекулы единственный валентный электрон натрия захватывается хлором. Оба нейтральных атома превращаются в систему из двух ионов с зарядами противоположных знаков (рис. 14.24). Положительный и отрицательный заряды не распределены теперь симметрично по объёму молекулы: центр распределения положительного заряда приходится на ион натрия, а отрицательного - на ион хлора.

Электрический диполь. На большом расстоянии такую молекулу можно приближённо рассматривать как электрический диполь (рис. 14.25).

Электрическим диполем называют систему двyx равных по модулю, но противоположных по знаку зарядов, находящихся на некотором рас стоянии друг от друга.

Два вида диэлектриков. Существующие диэлектрики можно разбить на два вида: полярные, состоящие из таких молекул, у которых центры распределения положительных и отрицательных зарядов не совпадают; неполярные, состоящие из атомов или молекул, у которых центры распределения положительных и отрицательных зарядов совпадают. Следовательно, молекулы у этих двух видов диэлектриков разные.

К полярным диэлектрикам относятся спирты, вода и другие вещества; к неполярным - инертные газы, кислород, водород, бензол, полиэтилен и др.

Поляризация полярных диэлектриков. Полярный диэлектрик состоит из молекул, которые можно рассматривать как электрические диполи. Тепловое движение приводит к беспорядочной ориентации диполей (рис. 14.26), поэтому на поверхности диэлектрика, а также и в любом его объёме, содержащем большое число молекул (выделенный прямоугольник на рисунке 14. 26), электрический заряд в среднем равен нулю. Напряжённость электрического поля в диэлектрике в среднем также равна нулю.

Поместим диэлектрик в однородное электрическое поле. Со стороны этого поля на каждый электрический диполь будут действовать две силы, одинаковые по модулю, но противоположные по направлению (рис. 14.27, а). Они создадут момент сил, стремящийся повернуть диполь так, чтобы его ось была направлена по силовым линиям поля (рис. 14.27, б). При этом положительные заряды смещаются в направлении электрического поля, а отрицательные - в противоположную сторону.

Смещение положительных и отрицательных связанных зарядов диэлектрика в противоположные стороны называют поляризацией.

Однако тепловое движение препятствует созданию упорядоченной ориентации всех диполей. Только при температуре, стремящейся к абсолютному нулю, все диполи выстраивались бы вдоль силовых линий. Таким образом, под влиянием поля происходит лишь частичная ориентация электрических диполей. Это означает, что в среднем число диполей, ориентированных вдоль поля, больше, чем число диполей, ориентированных против поля. На рисунке 14.28 видно, что у положительно заряженной пластины на поверхности диэлектрика появляются преимущественно отрицательные заряды диполей, а у отрицательно заряженной - положительные. В результате на поверхности диэлектрика возникает связанный заряд. Внутри диэлектрика положительные и отрицательные заряды диполей компенсируют друг друга и средний поляризованный связанный электрический заряд по-прежнему равен нулю.

Поляризация неполярных диэлектриков. Неполярный диэлектрик в электрическом поле также поляризуется. Под действием поля положительные и отрицательные заряды его молекулы смещаются в противоположные стороны и центры распределения положительного и отрицательного зарядов перестают совпадать, как и у полярной молекулы. Молекулы растягиваются (рис. 14.29). Такие деформированные молекулы можно рассматривать как электрические диполи, оси которых направлены вдоль поля. На поверхностях диэлектрика, примыкающих к заряженным пластинам, появляются связанные заряды противоположного знака, как и при поляризации полярного диэлектрика.

В результате поляризации возникает поле, создаваемое связанными поляризованными зарядами и направленное против внешнего поля (рис. 14.30).

Если напряжённость внешнего поля, а напряжённость поля, создаваемого поляризованными зарядами, то напряжённость поля внутри диэлектрика равна.

Поле внутри диэлектрика ослабляется. Степень ослабления поля зависит от свойств диэлектрика.

Физическая величина, равная отношению модуля напряжённости поля в вакууме к модулю напряжённости поля Е в диэлектрике, называется диэлектрической проницаемостью вещества.

С этой характеристикой среды вы уже встречались в § 85.