Электрический разряд в газе. Возьмём электрометр с присоединёнными к нему дисками плоского конденсатора и зарядим его (рис. 16.26, а). При комнатной температуре, если воздух достаточно сухой, конденсатор разряжается очень медленно.

Это показывает, что электрический ток, вызываемый разностью потенциалов в воздухе между дисками, очень мал. Следовательно, электрическая проводимость воздуха при комнатной температуре мала и воздух можно считать диэлектриком.

Теперь нагреем воздух между дисками горящей спичкой (рис. 16.26, б). Заметим, что стрелка электрометра быстро приближается к нулю, значит, конденсатор разряжается. Следовательно, нагретый газ является проводником и в нём устанавливается электрический ток.

Процесс прохождения электрического тока через газ называют газовым разрядом.

Ионизация газов. При обычных условиях газы почти полностью состоят из нейтральных атомов или молекул и, следовательно, являются диэлектриками. Вследствие нагревания или воздействия излучением часть атомов ионизуется (рис. 16.27).

В газе могут образовываться и отрицательные ионы, которые появляются благодаря присоединению электронов к нейтральным атомам.

Процесс распада атомов и молекул на ионы и электроны называется ионизацией.

Ионизация газов при нагревании объясняется тем, что по мере нагревания молекулы движутся всё быстрее и быстрее. При этом некоторые молекулы начинают двигаться так быстро, что часть из них при столкновениях распадается, превращаясь в ионы. Чем выше температура, тем больше образуется ионов.

Проводимость газов. Механизм проводимости газов похож на механизм проводимости растворов и расплавов электролитов. Различие состоит в том, что отрицательный заряд переносится в основном не отрицательными ионами, как в водных растворах или расплавах электролитов, а электронами.

Таким образом, в газах сочетается электронная проводимость, подобная проводи мости металлов, с ионной проводимостью, подобной проводимости водных растворов или рас плавов электролитов. Есть ещё одно различие. В растворах электролитов образование ионов происходит вследствие ослабления внутримолекулярных связей под действием молекул растворителя (молекул воды). В газах образование ионов происходит либо при нагревании, либо за счёт действия внешних ионизаторов, например излучений.

Рекомбинация. Если ионизатор перестанет действовать, то можно заметить, что заряженный электрометр снова будет сохранять заряд. Это показывает, что после прекращения действия ионизатора газ перестаёт быть проводником. Ток прекращается после того, как все ионы и электроны достигнут электродов. Кроме того, при сближении электрона и положительно заряженного иона они могут вновь образовать нейтральный атом. Схематически это изображено на рисунке 16.28.

Процесс образования из ионов и электронов нейтральных атомов и молекул называют рекомбинацией за ряженных частиц.

В отсутствие внешнего поля заряженные частицы исчезают только вследствие рекомбинации, и газ становится диэлектриком. Если действие ионизатора не прерывается, то устанавливается динамическое равновесие, при котором среднее число вновь образующихся пар заряженных частиц равно среднему числу пар, исчезающих вследствие рекомбинации.

Разряд в газе может происходить и без внешнего ионизатора.

Несамостоятельный разряд. Для исследования разряда в газе при различных давлениях удобно использовать стеклянную трубку с двумя электродами (рис. 16.29).

Если действие ионизатора прекратить, то прекратится и разряд. Такой разряд называют несамостоятельным разрядом.

Пусть с помощью как ого-либо ионизатора в газе об­ разуется в секунду определённое число пар заряженных частиц: положительных ионов и электронов.

При небольшой разности потенциалов между электродами трубки положительно заряженные ионы перемещаются к отрицательному электроду, а электроны и отрицательно заряженные ионы - к положительному электроду. В результате в трубке возникает электрический ток, т. е. происходит газовый разряд.

Не все образующиеся ионы достигают электродов; часть их воссоединяется с электронами, образуя нейтральные молекулы газа. По мере увеличения разности потенциалов между электродами трубки доля заряженных частиц, достигающих электродов, увеличивается. Возрастает и сила тока в цепи. Наконец наступает момент, при котором все заряженные частицы, образующиеся в газе за секунду, достигают за это время электродов. При этом дальнейшего роста силы тока не происходит (рис. 16.30). Ток достигает насыщения.

Самостоятельный разряд. Что будет происходить с разрядом в газе, если продолжать увеличивать разность потенциалов на электродах?

Казалось бы, сила тока и при дальнейшем увеличении разности потенциалов должна оставаться неизменной. Однако опыт показывает, что в газах при увеличении разности потенциалов между электродами, начиная с некоторого её значения, сила тока снова возрастает (рис. 16.31). Это означает, что в газе появляются дополнительные ионы помимо тех, которые образуются за счёт действия ионизатора. Сила тока может возрасти в сотни и тысячи раз, а число ионов, возникающих в процессе разряда, может стать таким большим, что внешний ионизатор будет уже не нужен для поддержания разряда. Если убрать внешний ионизатор, то разряд может не прекратиться.

Разряд, происходящий в газе без внешнего ионизатора, называется самостоятельным разрядом.

Ионизация электронным ударом. Каковы же причины резкого увеличения силы тока в газе при больших напряжениях?

Рассмотрим какую-либо пару заряженных частиц (положительный ион и электрон), образовавшуюся благодаря действию внешнего ионизатора. Появившийся таким образом свободный электрон начинает двигаться к положительному электроду - аноду, а положительный ион - к катоду. На своём пути электрон встречает ионы и нейтральные атомы. В промежутках между двумя последовательными столкновениями кинетическая энергия электрона увеличивается за счёт работы сил электрического поля. Чем больше разность потенциалов между электродами, тем больше напряжённость электрического поля.

Кинетическая энергия электрона перед очередным столкновением пропорциональна напряжённости поля и длине свободного пробега электрона (пути между двумя последовательными столкновениями).

Если кинетическая энергия электрона превышает работу А 1, которую нужно совершить, чтобы ионизовать нейтральный атом, т. е., то при столкновении электрона с атомом происходит ионизация (рис. 16.32).

Процесс выбивания быстродвижущимся свободным электроном при соударении у нейтрального атома одного или нескольких электронов называют ионизацией электронным ударом.

В результате вместо одного свободного электрона образуются два (налетающий на атом и вырванный из атома). Эти электроны, в свою очередь, получают энергию в поле и ионизуют встречные атомы и т. д. Число заряженных частиц резко возрастает, возникает электронная лавина.

Но одна ионизация электронным ударом не может обеспечить длительный самостоятельный разряд. Действительно, ведь все возникающие таким образом электроны движутся по направлению к аноду и по достижении анода выбывают из игры t. Для существования разряда необходима эмиссия электронов с катода (напомним, что слово эмиссия означает «испускание,>). Эмиссия электронов может быть обусловлена несколькими причинами. Положительные ионы, образовавшиеся при столкновении свободных электронов с нейтральными атомами, при своём движении к катоду приобретают под действием поля большую кинетическую энергию. При ударах таких быстрых ионов о катод с поверхности последнего выбиваются электроны.

Кроме того, катод может испускать электроны при нагревании его до высокой температуры. При самостоятельном разряде нагрев катода может происходить за счёт бомбардировки его положительными ионами, что происходит, например, при дуговом разряде.

Итак, в газах при больших напряжённостях электрических полей электроны достигают таких больших энергий, что начинается ионизация электронным ударом. Разряд становится самостоятельным и продолжается без внешнего ионизатора.

В разреженном газе самостоятельный разряд возникает при сравнительно небольших напряжениях. Благодаря малому давлению длина пробега электрона между двумя ударами велика, и он может приобрести энергию, достаточную для ионизации атомов. При таком разряде газ светится, цвет свечения зависит от рода газа. Свечение, возникающее при тлеющем разряде, широко используется для рекламы, для освещения помещения лампами дневного света.