

Презентация на тему  
«Несамостоятельный разряд»

Выполнила:

Студентка группы ТЭ-112

Облётова Ксения

Преподаватель:

Львова Ольга Васильевна

# Понятие

## ***Несамостоятельным газовым***

*разрядом называется такой разряд, который, возникнув при наличии электрического поля, может существовать только под действием внешнего ионизатора.*

Рассмотрим физические процессы, имеющие место при несамостоятельном газовом разряде. Введем ряд обозначений: обозначим через  $N_0$  число молекул газа в исследуемом объеме  $V$ . Концентрация молекул  $n_0 = N_0/V$ .

Часть молекул ионизирована. Обозначим число ионов одного знака через  $N$ ; их концентрация  $n = N/V$ .

Далее, обозначим через  $\Delta n_i$  – число пар ионов, возникающих под действием ионизатора за одну секунду в единице объема газа.

Наряду с процессом ионизации в газе происходит рекомбинация ионов. Вероятность встречи двух ионов разных знаков пропорциональна как числу положительных, так и числу отрицательных ионов, а эти числа, в свою очередь, равны  $n$ . Следовательно, число пар ионов, рекомбинирующих за секунду в единице объема, пропорционально  $n^2$ :

$$\Delta n_r = r n^2,$$

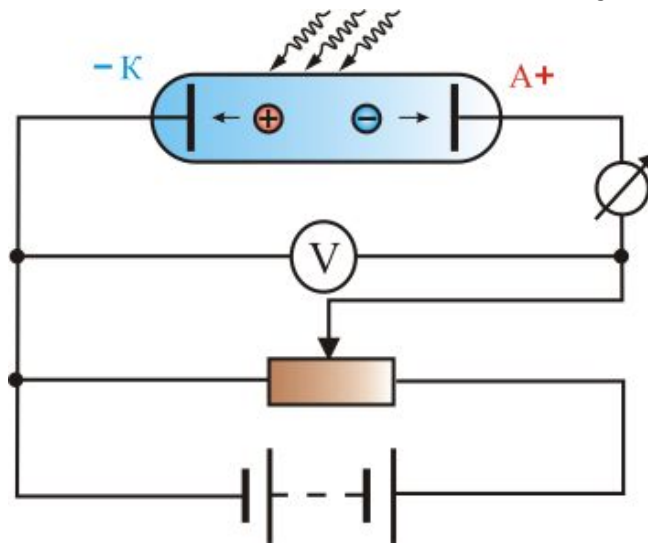
где  $r$  – коэффициент рекомбинации.

В состоянии равновесия число возникающих ионов в единице объема равно числу рекомбинирующих:

Отсюда для равновесной концентрации ионов (числа пар ионов в единице объема) получается следующее выражение:

$$n = \sqrt{\frac{\Delta n_i}{r}}$$

Схема эксперимента с газоразрядной трубкой:



Проанализируем далее действие электрического поля на процессы в ионизованных газах. Подадим постоянное напряжение на электроды. Положительные ионы будут направляться к отрицательному электроду, а отрицательные заряды – к положительному электроду. Таким образом, часть носителей из газоразрядного промежутка будет уходить к электродам (в цепи возникнет электрический ток). Пусть из единицы объема уходит ежесекундно  $\Delta n_j$  пар ионов. Теперь условие равновесия можно представить в виде

$$\Delta n_i = \Delta n_\gamma + \Delta n_j.$$

1. Рассмотрим случай **слабого поля**:  $\ll \Delta n_y$ .

В цепи будет протекать **слабый ток**.

Плотность тока по величине пропорциональна концентрации носителей  $n$ , заряду  $q$ , переносимому каждым носителем и скорости направленного движения положительных и отрицательных ионов

:

Скорость направленного движения ионов выражается через **подвижность** и **напряженность** электрического поля:

$$\vec{v}^+ = \mu_+ \vec{E}, \quad \vec{v}^- = \mu_- \vec{E}$$

**Подвижность** – физическая величина, численно равная скорости направленного движения ионов в газе под действием поля с напряженностью 1 В/м.

$$\vec{j} = nq(\mu_+ + \mu_-)\vec{E}.$$

В слабом поле ( $\Delta n_j \ll \Delta n_r$ ) равновесная концентрация равна:

$$n = \sqrt{\frac{\Delta n_i}{r}}$$

$$\vec{j} = q \sqrt{\frac{\Delta n_i}{r}} (\mu_+ + \mu_-) \vec{E}.$$

Подставим это выражение в предыдущее:

В последнем выражении множитель при  $\vec{E}$  не зависит от напряженности. Обозначив его через  $\sigma$ , мы получим **закон Ома в дифференциальной форме:**

где  $\sigma = q \sqrt{\frac{\Delta n_i}{r}} (\mu_+ + \mu_-)$  – удельная электропроводность.

**Вывод:** в случае слабых электрических полей ток при несамостоятельном разряде подчиняется закону Ома.

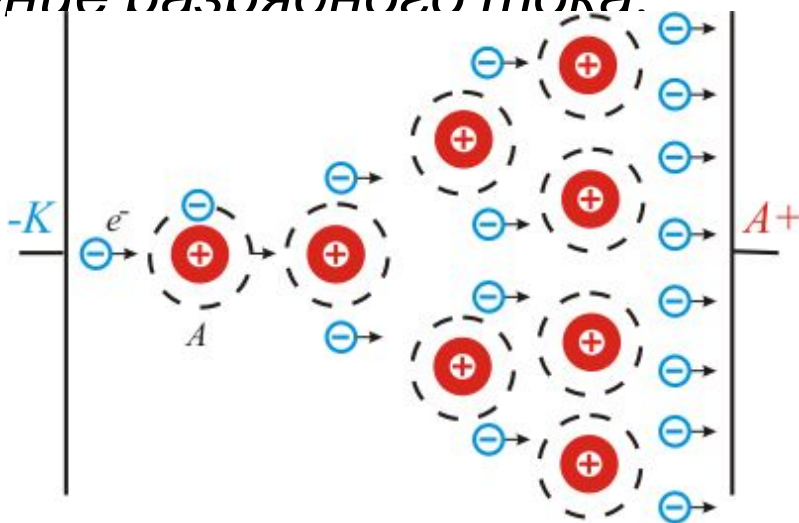
2. Рассмотрим **сильное поле**. В этом случае  $\Delta n_i \ll \Delta n_j$  и  $\Delta n_i = \Delta n_j$ , т. е. все генерируемые ионы уходят из газоразрядного промежутка под действием электрического поля. Это объясняется тем, что за время, требующееся иону, чтобы пролететь в сильном поле от одного электрода к другому, ионы не успевают сколько-нибудь заметно рекомбинировать. Поэтому все ионы, производимые ионизатором, участвуют в создании тока и уходят на электроды. А так как число, генерируемых ионизатором ионов в единицу времени  $\Delta n_i$ , не зависит от напряженности поля, то плотность тока будет определяться только величиной  $\Delta n_i$  и не будет зависеть от  $E$ . Другими словами, с дальнейшим увеличением приложенного напряжения ток перестает расти и *остаётся постоянным*.

*Максимальное значение тока, при котором все образующиеся ионы уходят к электродам, носит название тока насыщения.*

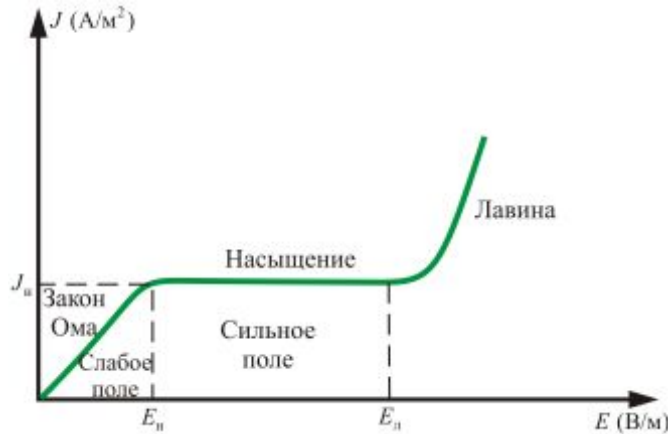


Дальнейшее увеличение напряженности поля ведет к образованию *лавины* электронов, когда возникшие под действием ионизатора электроны приобретают на длине свободного пробега (от столкновения до столкновения) энергию, достаточную для ионизации молекул газа (ударная ионизация). Возникшие при этом вторичные электроны, разогнавшись, в свою очередь, производят ионизацию и т. д. – происходит *лавинообразное размножение первичных ионов и электронов*, созданных внешним ионизатором и *усиление разрядного тока*.

Процесс образования лавины:



Полученные результаты можно изобразить графически в виде вольтамперной характеристики несамостоятельного газового разряда:



**Вывод:** для несамостоятельного разряда при малых плотностях тока, т.е. когда основную роль в исчезновении зарядов из газоразрядного промежутка играет процесс рекомбинации, имеет место закон Ома ( $J = \sigma E$ ); при больших полях ( $E > E_n$ ) закон Ома не выполняется — наступает явление насыщения  $J_n$  а при полях превышающих  $E_p$  — возникает лавина зарядов, обуславливающая значительное увеличение плотности тока.