

## Группа 15. Физика

Дата: 02.07.2020

### Урок № 118

Тип урока: комбинированный урок

Тема урока:

#### Электрический ток в газах. Несамостоятельный и самостоятельный разряды.

**Цели урока:**

**Предметные:**

- формирование представления об электрическом токе в газах;
- ознакомление учащихся с проявлениями в природе, связанными с прохождением электрического тока в газах;
- знакомство с видами электрических разрядов (самостоятельный, несамостоятельный, электрические разряды).

**Развивающая:**

- развитие логического мышления, смекалки; формирование интереса к физическому эксперименту;
- активизация творческого мышления учащихся; умение анализировать, делать выводы.

**Воспитывающая:**

- воспитать интерес к физике для познаваемости мира и объективности наших знаний о нем.

**Деятельностная:**

- формирование у студентов способностей к самостоятельному построению новых способов действия на основе метода рефлексивной самоорганизации.

**Образовательная:**

- расширение понятийной базы по учебному предмету за счет включения в нее новых элементов.

**Задание:**

*Ознакомиться с текстом по теме занятия. Написать в тетради краткий конспект. Ответить на контрольные вопросы, желательно в программе Word.*

**План конспекта:**

- 1) Повторение
  - 2) Электрический ток в газе, газовый разряд
  - 3) Ионизация газов
  - 4) Проводимость газов
  - 5) Рекомбинация
  - 6) Несамостоятельный разряд
  - 7) Самостоятельный разряд
  - 8) Ионизация электронным ударом
-

**Давайте вспомним:**

*механизм проводимости твёрдых и жидких тел, а также тока в вакууме:*

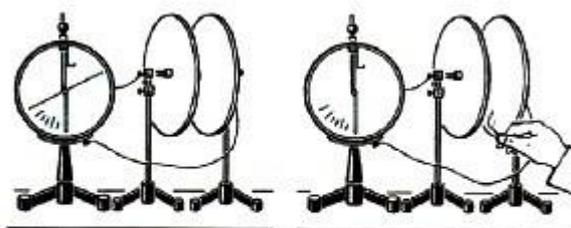
**В твёрдых телах, например, в металлах носители электрического заряда – свободные электроны.**

**В жидких телах – носители электрического заряда – ионы вещества.**

**В вакууме носителями электрического заряда являются электроны, которые испускает разогретый металлический катод. При этом анод должен оставаться холодным.**

### 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.



а) Рис. 16.26 б)

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 горячей 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.

Запомни

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 ионизируется (рис. 16.27).

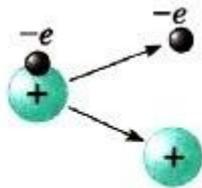


Рис. 16.27

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

Запомни

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

**ИНТЕРЕСНО**

При комнатной температуре воздух является очень плохим проводником. При нагревании проводимость воздуха возрастает. Увеличение проводимости воздуха можно вызвать и иными способами, например действием излучений: ультрафиолетового, рентгеновского, радиоактивного и др.

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.

Важно

Таким образом, в газах сочетается электронная проводимость, подобная проводимости металлов, с ионной проводимостью, подобной проводимости водных растворов или расплавов 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 электромметр 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).

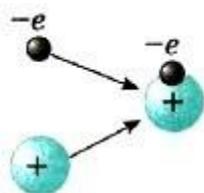


Рис. 16.28

Запомни

Процесс образования из ионов и электронов нейтральных атомов и молекул называют **рекомбинацией** заряженных 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).

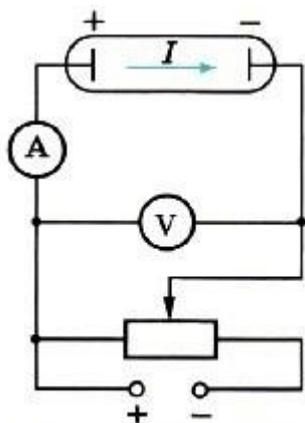


Рис. 16. 29

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

Пусть с помощью какого-либо ионизатора в газе образуется 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*.

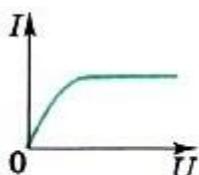


Рис. 16. 30

**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).

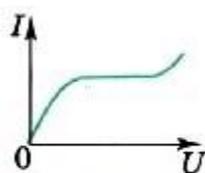


Рис. 16. 31

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.

**Самостоятельный разряд** – это электрический разряд в газе, который протекает под действием электрического поля без воздействия внешнего ионизатора.

### 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  $l$  свободного пробега электрона (пути между двумя последовательными столкновениями):

$$\frac{mv^2}{2} = eEl. \quad (16.10)$$

**Важно**

Если кинетическая энергия электрона превышает работу  $A_i$ , которую нужно совершить, чтобы ионизовать нейтральный атом, т. е.

$$\frac{mv^2}{2} \geq A_i,$$

то при столкновении электрона с атомом происходит ионизация (рис. 16.32).

**Запомни**

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

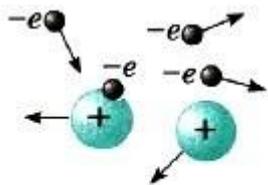


Рис. 16.32

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 «выбиваются из игры». 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 напряжённых электрических полях электроны достигают таких больших энергий, что начинается ионизация электронным ударом. Разряд становится самостоятельным и продолжается без внешнего ионизатора.

#### ИНТЕРЕСНО

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.

---

#### Контрольные вопросы:

1. В чём различие между диссоциацией электролитов и ионизацией газов?
2. Что такое рекомбинация?
3. Почему после прекращения действия ионизаторов газ снова становится диэлектриком?
4. При каких условиях несамостоятельный разряд в газах превращается в самостоятельный?
5. Почему ионизация электронным ударом не может обеспечить существование разряда в газах?

---

#### Литература:

Мякишев Г. Я. Физика 10 класс. Учебник для общеобразовательных учреждений. М., 2010. §121 упр. 1-3 §122 упр. 1-2