



ОБЩАЯ ФИЗИКА.
Электричество.
Лекции №10-11

***ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В
ЭЛЕКТРОЛИТАХ И ГАЗАХ***



Содержание

- **Электролиты. Сольватация ионов**
- **Законы Фарадея для электролиза**
- **Закон Ома для электролитов**
- **Электрический ток в газах.
Проводимость газов**
- **Несамостоятельный газовый разряд**
- **Самостоятельный газовый разряд**
- **Типы самостоятельных разрядов.
Тлеющий разряд. Коронный разряд.
Искровой разряд. Дуговой разряд**



Электролиты

Электролиты – водные растворы солей, кислот, щелочей. Они являются проводниками второго рода

Расщепление нейтральной молекулы на положительные и отрицательные ионы в результате взаимодействия растворенного вещества с растворителем называется **электролитической диссоциацией**

Процесс образования нейтральной молекулы при столкновении положительного и отрицательного ионов называется рекомбинацией (молизацией).

Законы Фарадея

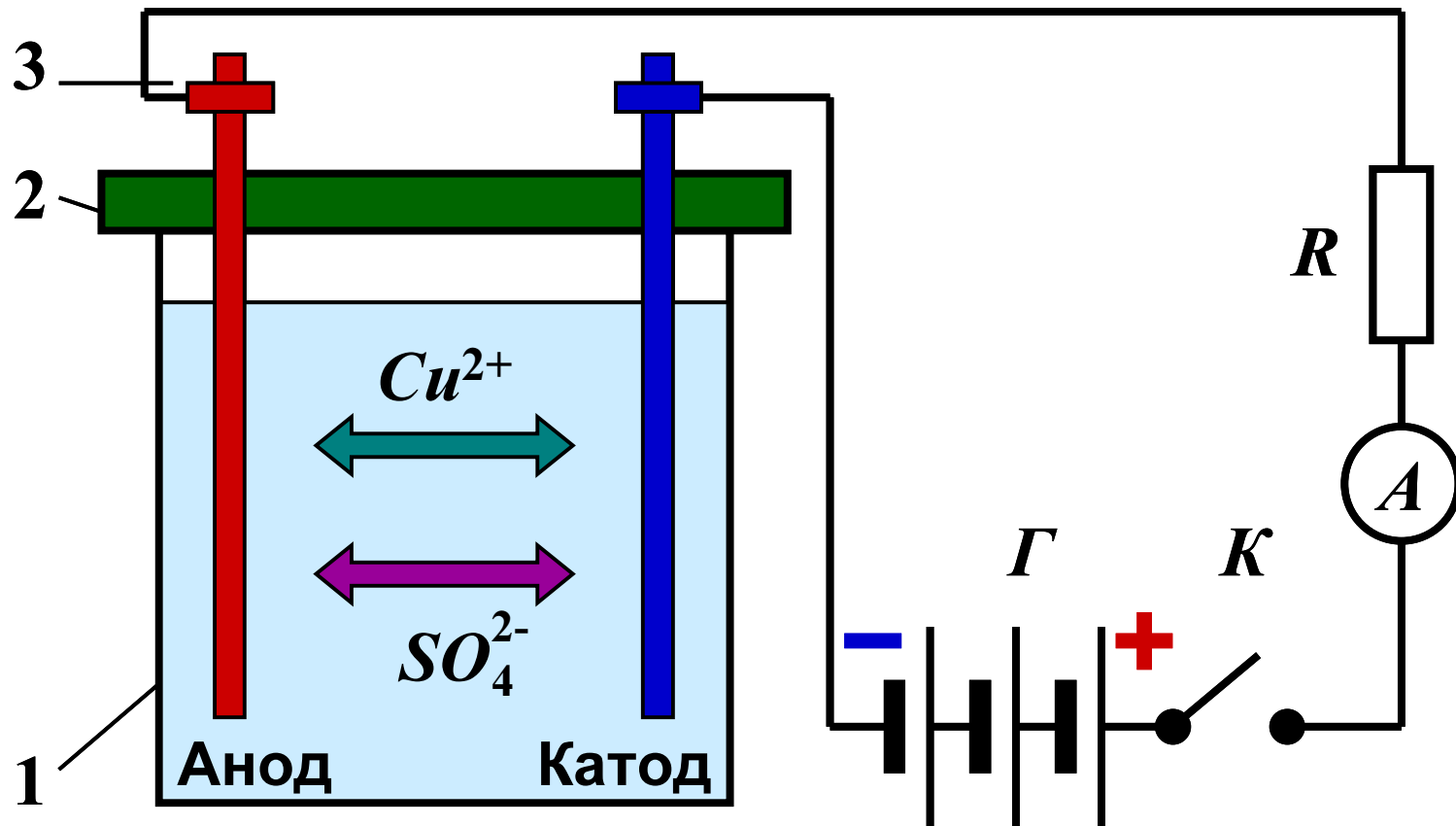
Первый закон Фарадея: масса m вещества, выделившегося на электродах, прямо пропорциональна электрическому заряду Q , прошедшему через электролит

$$m = kQ = kIt$$

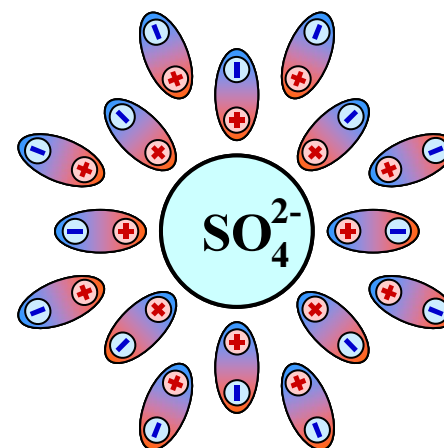
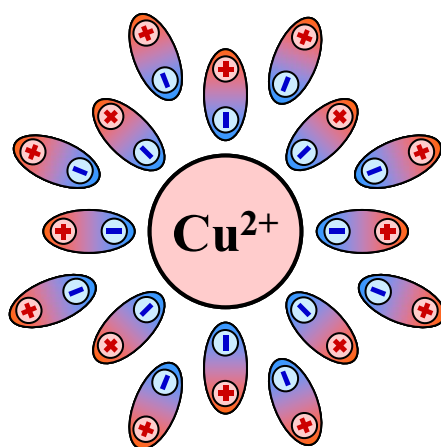
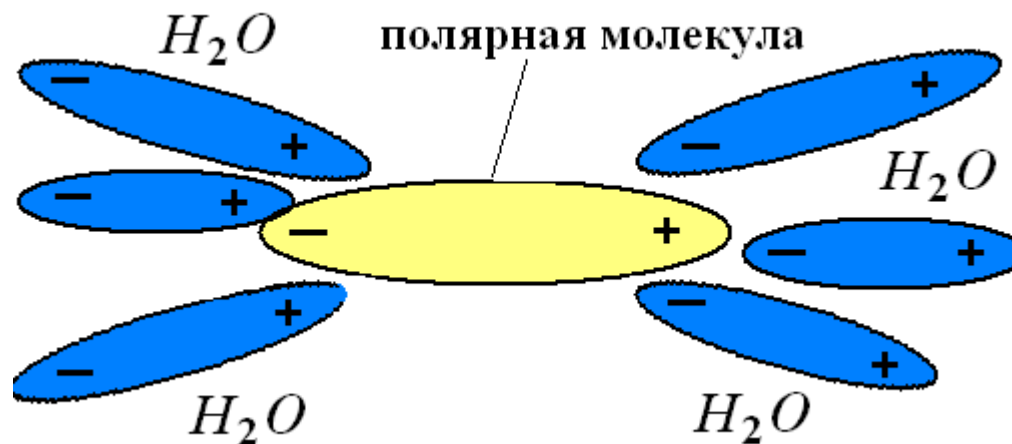
Второй закон Фарадея: электрохимический эквивалент вещества k пропорционален отношению молярной массы A ионов этого вещества к их валентности z

$$k = \frac{1}{F} \cdot \frac{A}{z}$$

Установка для электролиза



Сольватация ионов



Закон Ома для электролитов

$$j = q_+ n_+ v_+ + q_- n_- v_- \quad z_+ = z_- = z; n_+ = n_- = n.$$
$$j = zne(v_+ + v_-).$$

Ускорение ионов в электрическом поле происходит до тех пор, пока электрическая сила не станет равной силе трения $\underbrace{z_+ e E}_q - F_{\text{тр}} = 0$.

Закон Стокса: $F_{\text{тр}} = 6\pi\eta \cdot r_+ v_+$,

$$z_+ e E = 6\pi\eta \cdot r_+ v_+ \quad \Rightarrow \quad v_+ = \frac{z_+ e E}{6\pi\eta r_+} = \frac{z_+ e}{6\pi\eta r_+} E.$$

$$\frac{z_+ e}{6\pi\eta r_+} = k_+ \quad \frac{z_- e}{6\pi\eta r_-} = k_-$$

$j = zne(k_+ + k_-)E$ - закон Ома для электролитов в

дифференциальной форме

$$\vec{j} = zne(k_+ + k_-)\vec{E}$$

Электрический ток в газах.

Проводимость газов

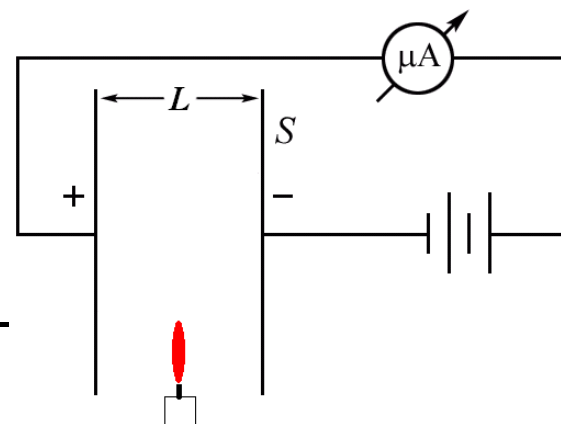
Газ в нормальном состоянии не является проводником, т.к. он состоит из нейтральных молекул. Для создания проводимости газа необходимо нейтральные молекулы расщепить на положительные ионы и электроны.

Потенциал ионизации φ – разность потенциалов, которую должен пройти электрон, чтобы приобрести энергию, необходимую для ионизации молекулы,

$$j = ne(k_+ + k_-)E, \quad z = 1 \quad - \text{закон Ома для газов}$$

Несамостоятельный газовый разряд

Если в газовый промежуток длиной L между двумя пластинами площадью S внести пламя свечи, то во внешней цепи будет протекать ток. Если пламя убрать – ток исчезает.



Газовый разряд – процесс протекания электрического тока через газ.

Несамостоятельный газовый разряд – газовый разряд, вызванный внешними ионизаторами, который прекращается при прекращении действия ионизатора.

Процессы, происходящие при газовом разряде:

1. Ионизация – прибыль ионов.
2. Рекомбинация – убыль ионов.
3. Разрядка ионов на электродах – убыль ионов.

$$\underbrace{SL}_{\nu} \frac{dn}{dt} = \underbrace{\alpha SL}_1 - \underbrace{\beta n^2 SL}_2 - \underbrace{\frac{jS}{e}}_3$$

$$\alpha SL - \beta n^2 SL - \frac{jS}{e} = 0$$

$$\alpha - \beta n^2 - \frac{j}{eL} = 0.$$

$$\beta n^2 \gg \frac{j}{eL}.$$

$$\alpha - \beta n^2 = 0.$$

$$\Rightarrow n = \sqrt{\frac{\alpha}{\beta}}.$$

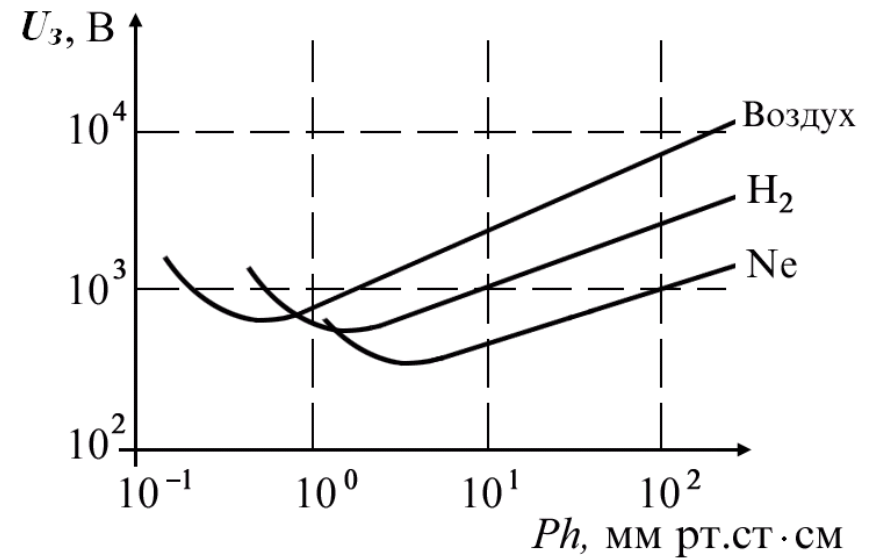
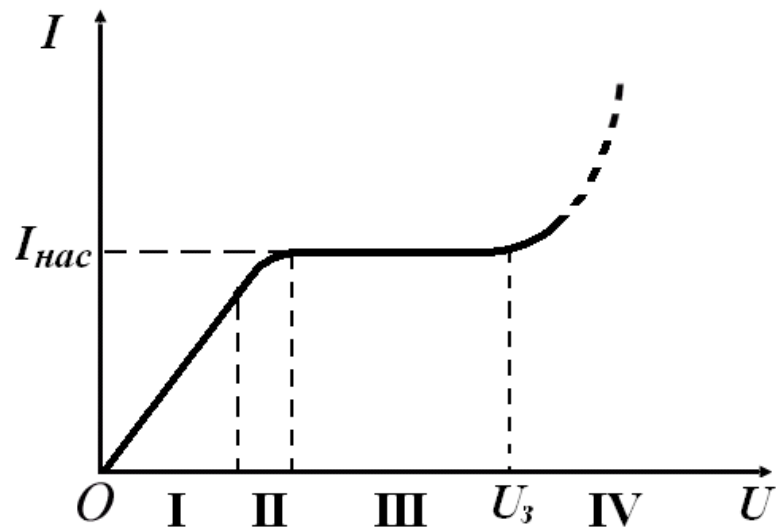
$$j = ne(k_+ + k_-)E = e\sqrt{\frac{\alpha}{\beta}}(k_+ + k_-)E.$$

- закон Ома при слабых полях
выполняется

$$\beta n^2 \ll \frac{j}{eL} \Rightarrow \alpha - \frac{j}{eL} = 0 \Rightarrow j = \alpha eL.$$

- в сильных полях закон
Ома не выполняется

Вольтамперная характеристика при несамостоятельном разряде



Закон Пашена

Самостоятельный газовый разряд

Это электрический разряд в газе, который существует после прекращения действия внешнего ионизатора

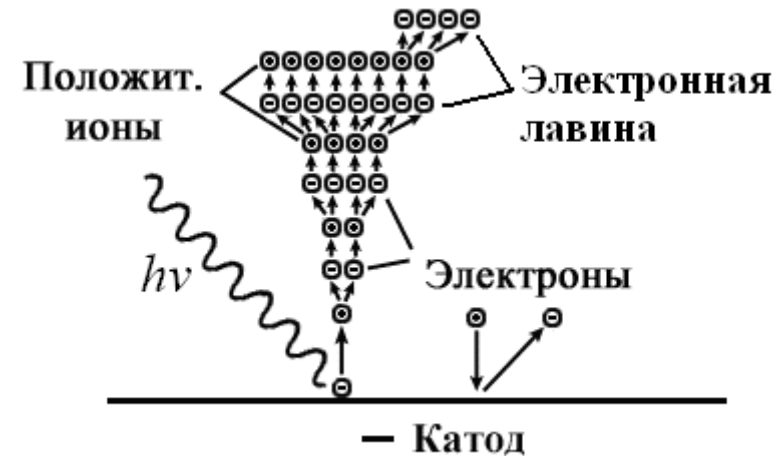
Процессы, способствующие существованию самостоятельного разряда:

1) Термоэлектронная эмиссия – испускание электронов нагретыми телами.

2) Фотоионизация – ионизация молекул фотонами.

3) Фотоэлектронная эмиссия – испускание электронов под действием фотонов.

4) Автоэлектронная эмиссия – вырывание электронов из металла электрическим полем.



Теория Таунсенда

- Два процесса:
- 1) Ударная ионизация
- 2) Вторичная электронная эмиссия

$$n_a = n_1 e^{\alpha l}$$

$$n_a - n_1 = n_1 (e^{\alpha l} - 1)$$

$$\gamma n_1 (e^{\alpha l} - 1)$$

$$n_0 + \gamma n_1 (e^{\alpha l} - 1) = n_1$$

$$n_1 = \frac{n_0}{1 - \gamma(e^{\alpha l} - 1)}$$

$$n_a = \frac{n_0 e^{\alpha l}}{1 - \gamma(e^{\alpha l} - 1)}$$

$$n_a = \frac{n_0 e^{\alpha l}}{1 - \gamma(e^{\alpha l} - 1)}$$

Типы самостоятельных разрядов

В зависимости от давления газа, конфигурации электродов, параметров внешней цепи можно выделить 4 типа самостоятельных разрядов:

Глеющий разряд наблюдается при низком давлении ($\sim 0,01$ мм.рт.ст.), является следствием ударной ионизации и вторичной электронной эмиссии.

Коронный разряд возникает на электродах с малым радиусом кривизны, отрицательная корона - следствие ударной ионизации и вторичной электронной эмиссии, положительная корона – фотоионизация и ударная ионизация.

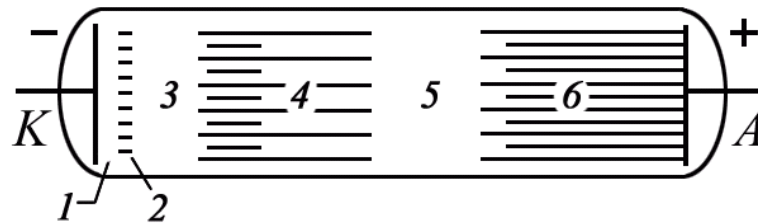
Разряд на остриях, например, («огни святого Эльма»)-кистевой разряд.

Искровой разряд является следствием фотоэмиссии и возникновения стримеров.

Дуговой разряд является следствием термоэлектронной эмиссии и термической ионизации молекул.

Тлеющий разряд

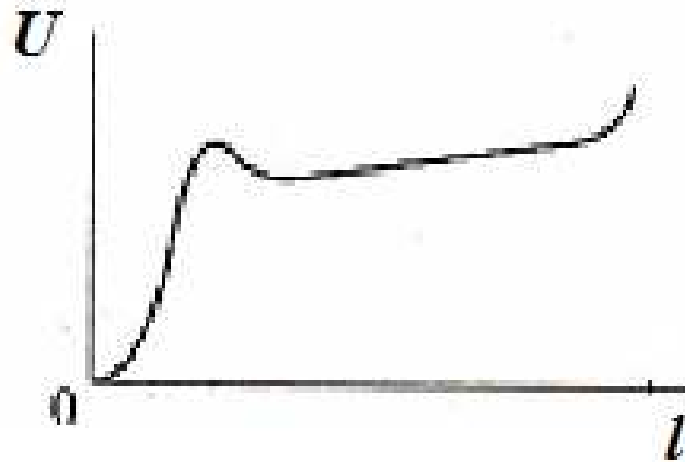
Возникает при низком давлении (несколько десятков мм рт.ст.).



- 1 – астоново темное пространство, названное в честь Ф. Астона (1877 – 1945), впервые наблюдавшего его,
 - 2 – первое катодное свечение (катодная пленка),
 - 3 – катодное темное пространство,
 - 4 – тлеющее свечение имеет резкую границу со стороны катода, возникает из-за рекомбинации электронов с положительными ионами,
 - 5 – фарадеево темное пространство,
 - 6 – положительный столб.
-

Распределение потенциала в тлеющем разряде

- U – напряжение между данной точкой разряда и катодом
- l – расстояние от катода вдоль трубки



Газосветная трубка



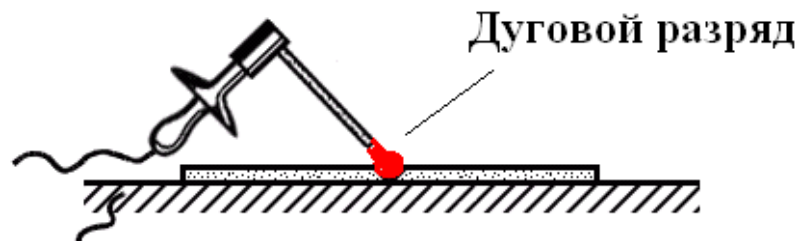
Искровой разряд

Возникает при больших напряжениях электрического поля $\approx 3 \cdot 10^6$ В/м в газе, находящемся под давлением порядка атмосферного. В природе примером искрового разряда является молния.



Дуговой разряд

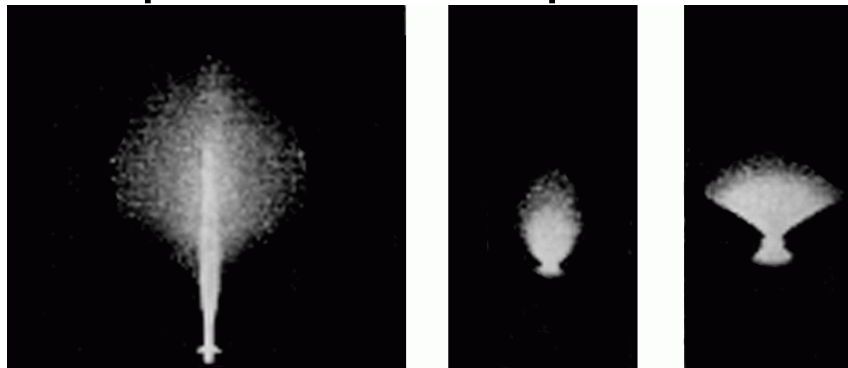
Впервые дуговой разряд был получен В.В. Петровым в 1802 г. Возникает после зажигания искрового разряда при уменьшении расстояния между электродами, что приводит к резкому возрастанию тока (до сотен ампер). При этом напряжение на разрядном промежутке падает (~ десятки вольт).



Применение: электросварка, дуговые электропечи, мощные источники света.

Коронный разряд

Высоковольтный электрический разряд при высоком давлении (~ атмосферном) в сильно неоднородном электрическом поле (вблизи электродов с большой кривизной поверхности – острия, линии электропередач)



Применение: молниеотводы, электрофильтры, нанесение красок в коронном разряде.

Вредное действие: радиопомехи; возникновение на проводах высоковольтных ЛЭП приводит к утечке тока
