

Энергия заряженного проводника

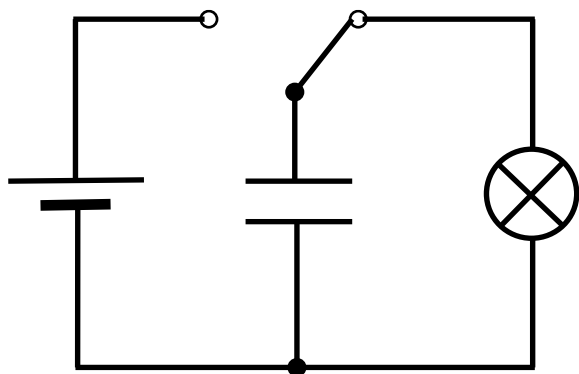
Работа, затрачиваемая на зарядку проводника от нулевого потенциала ($\varphi = 0$) до φ

$$A = \int dA = \int \frac{q dq}{C} = \frac{q^2}{2C}$$

Энергия заряженного проводника равна работе, которую необходимо совершить, чтобы зарядить этот проводник:

$$W = \frac{q^2}{2C} = \frac{C\varphi^2}{2}$$

Энергия заряженного конденсатора



Если заряженный конденсатор замкнуть на электрическую лампочку, то она какое-то время будет гореть.

Следовательно, конденсатор **обладает энергией**.

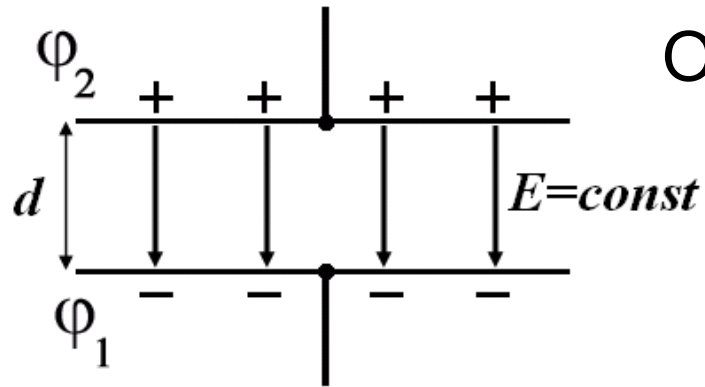
$$\left. \begin{aligned} dA &= U \cdot dq \\ U &= \frac{q}{C} \end{aligned} \right\}$$



$$dA = \frac{q dq}{C}$$

$$W = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2} = \frac{qU}{2}$$

Объемная плотность энергии электрического поля



Объемная плотность энергии:

$$\omega = \frac{W}{V} = \frac{CU^2}{2Sd}$$

$$\omega = \frac{C(Ed)^2}{2Sd} = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S(Ed)^2}{d \cdot 2Sd}$$

$$\omega = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2} = \frac{ED}{2}$$

- энергия, приходящаяся на
единичный объем однородного поля.

$$dW = \omega \cdot dV \quad W = \int_V \omega \cdot dV$$

Закон Ома для электролитов

Плотность тока $j = qnv$

$$j = q_+ n_+ v_+ + q_- n_- v_-$$

q и n – заряд и концентрация ионов электролита,

$$q_+ = z_+ e, \quad q_- = z_- e,$$

z – валентность ионов.

$$z_+ = z_- = z, \quad n_+ = n_- = n,$$

так как в электролите происходит диссоциация нейтральных молекул.

$$j = zne(v_+ + v_-)$$

Закон Ома для электролитов

$$z_+ e E - F_{mp} = 0$$

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

η – коэффициент вязкости среды,

r_+ – радиус иона (сольватной оболочки).

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

Введем $u_+ = \frac{z_+ e}{6\pi\eta r_+}$ – подвижность ионов

(скорость ионов при единичной напряженности E)

Закон Ома для электролитов

Плотность тока

$$j = zne(u_+ + u_-)E$$

Закон Ома для электролитов в дифференциальной форме.

Принимая во внимание, что $j = \sigma E$

Следовательно для электролитов удельная проводимость:

$$\sigma = zne(u_+ + u_-)$$

Электрический ток в газах

Ионизация атома (молекулы) – это процесс расщепления атома (молекулы) на положительные ионы и электроны.

Работа ионизации:

$$A_i = e\varphi$$

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

Закон Ома:

$$j = zne(u_+ + u_-)E$$

Электрический ток в газах

Ионизация газа вызывается внешним воздействием:

- Термическая ионизация
- Космические лучи
- Радиоактивное излучение
- Ударная ионизация: бомбардировка ускоренными электронами и ионами с энергией большей чем энергия связи электрона и ядра
- Фотоионизация – ионизация фотонами

Количественная мера ионизации:

Интенсивность ионизации α - число пар ионов противоположного знака, образовавшихся за единицу времени t в единице объема V .

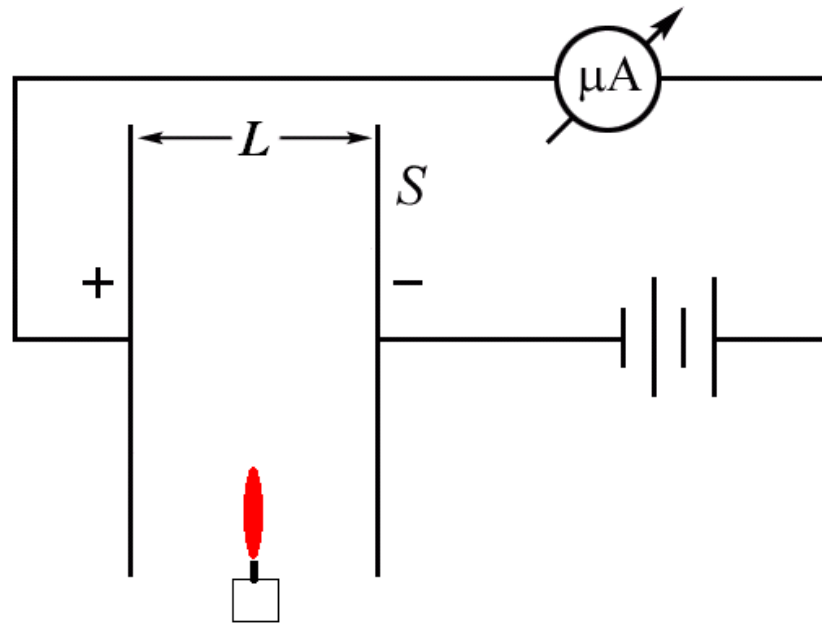
Газовый разряд

Газовый разряд – это процесс протекания электрического тока через газ.

Несамостоятельный газовый разряд – г. р-д, вызванный внешними ионизаторами, который прекращается при прекращении действия ионизатора.

Самостоятельный газовый разряд – это г. р-д, который существует после прекращения действия внешнего ионизатора.

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.

Несамостоятельный газовый разряд

Процессы, происходящие при газовом разряде:

- Ионизация – прибыль ионов;
- Рекомбинация – убыль ионов;
- Разрядка ионов на электродах – убыль ионов.

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

- уравнение баланса ионов

n - концентрация ионов,

α - интенсивность ионизации,

β - коэффициент рекомбинации.

Несамостоятельный газовый разряд

- В установившемся режиме $n = \text{const}$, $dn/dt = 0$.

$$\alpha SL - \beta n^2 SL - \frac{jS}{e} = 0, \quad \alpha - \beta n^2 - \frac{j}{eL} = 0.$$

- В слабых полях рекомбинация ионов значительно интенсивнее разрядки ионов на электродах:

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

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

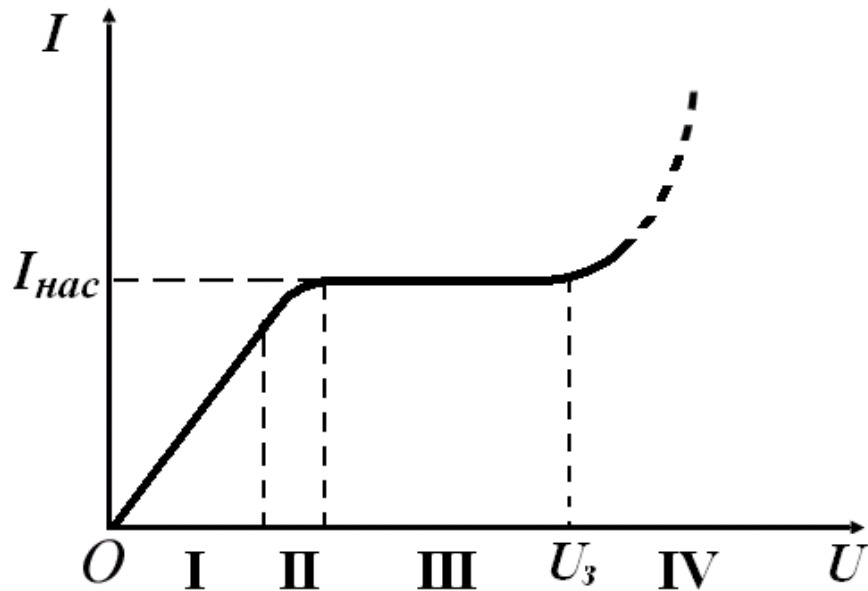
Закон Ома при слабых полях выполняется

Несамостоятельный газовый разряд

- В сильных полях практически все образующиеся ионы достигают электродов, не успев рекомбинировать.

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

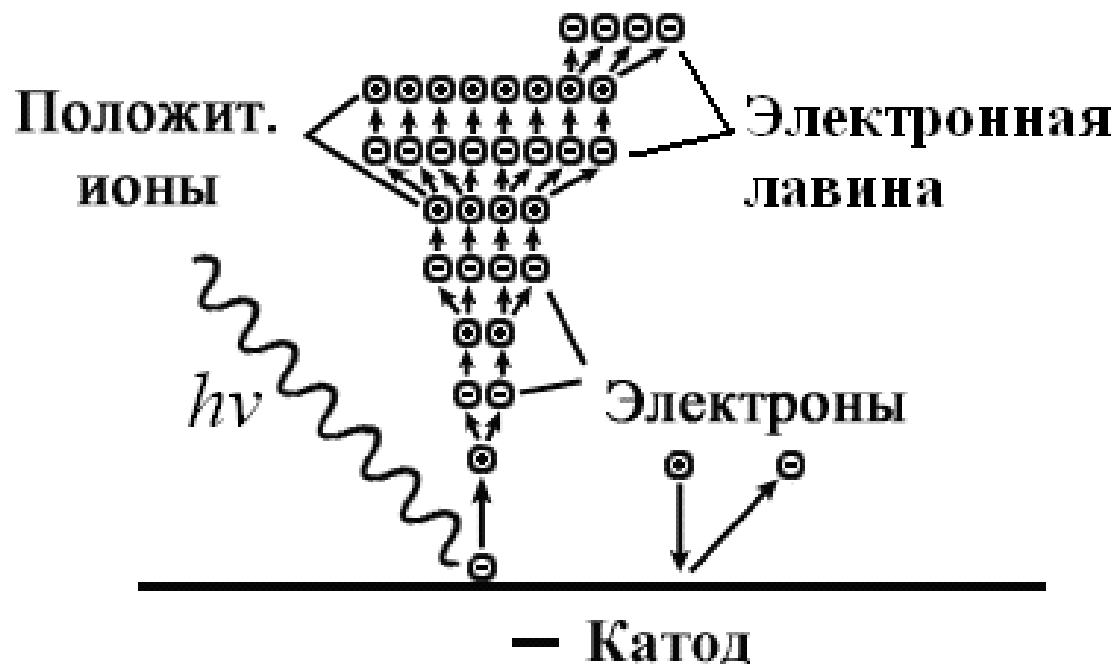
Закон Ома не выполняется



I – закон Ома выполняется,
II – сила тока растет медленнее,
III – насыщение,
IV – закон Ома не выполняется.

U_3 – напряжение зажигания.

Самостоятельный газовый разряд



Электрический пробой газа – процесс при котором несамостоятельный разряд переходит в самостоятельный .

Самостоятельный газовый разряд

Процессы, способствующие существованию самостоятельного разряда:

- *термоэлектронная эмиссия* – испускание электронов нагретыми телами,
- *фотоионизация* – ионизация молекул фотонами,
- *фотоэлектронная эмиссия* – испускание электронов под действием фотонов,
- *автоэлектронная эмиссия* – вырывание электронов из металла электрическим полем.

Самостоятельный газовый разряд

Типы самостоятельных разрядов:

- *Тлеющий разряд* наблюдается при низком давлении (порядка 0,01 мм.рт.ст.), является следствием ударной ионизации и вторичной электронной эмиссии.
- *Коронный разряд* возникает на «остриях».
- *Искровой разряд* возникает при фотоэмиссии.
- *Дуговой разряд* возникает при термоэлектронной ЭМИССИИ.

Ток в вакууме

**Закон Богуславского-Ленгмюра
«закон трех вторых»**

Самостоятельно!