

Тема: Сравнительная характеристика
электрического тока в различных средах.

Актуальность проекта заключается в необходимости создать целостное представление у студентов о таком понятии как электрический ток.

Цель: Обобщить и систематизировать знания по темам «Постоянный электрический ток» и «Электрический ток в различных средах».

.

Задачи:

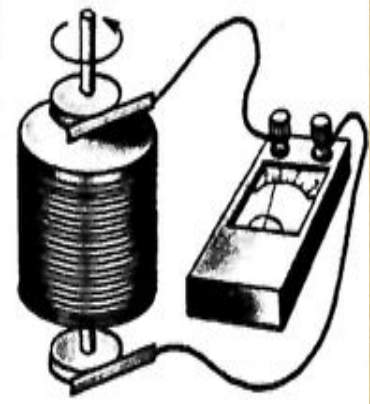
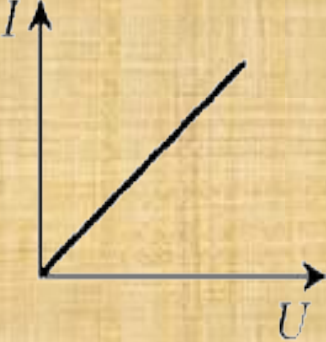
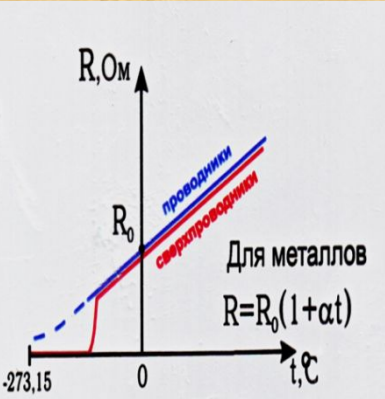
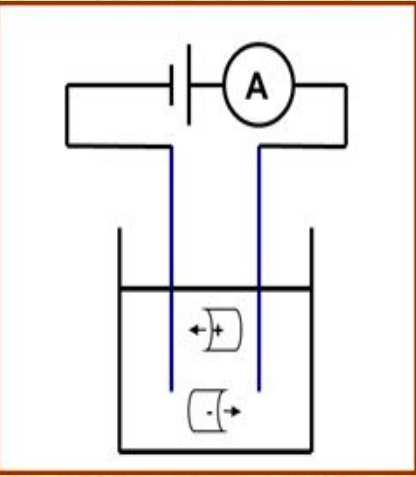
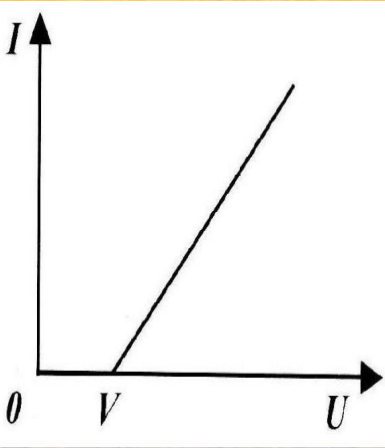
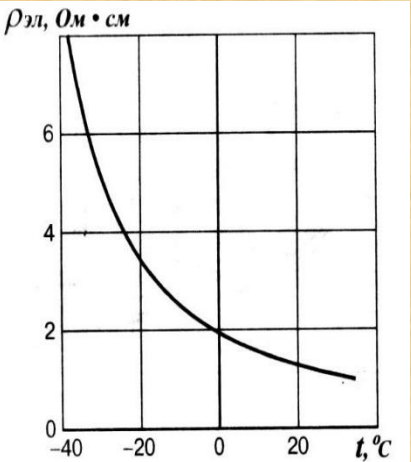
1. Изучить особенности протекания электрического тока в различных средах.
2. Подобрать теоретический материал по иллюстрации данного явления.
3. Решить типовые задачи по расчету параметров электрического тока.
4. Составить полную сравнительную таблицу характеризующую особенности протекания электрического тока в различных средах.

Результат проекта:

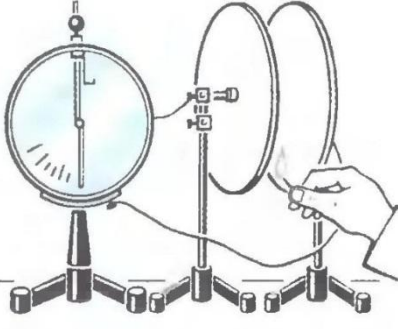

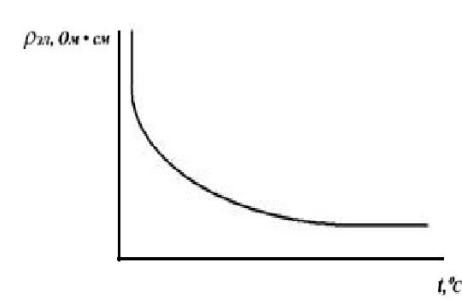
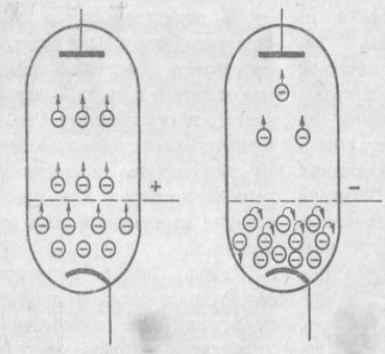
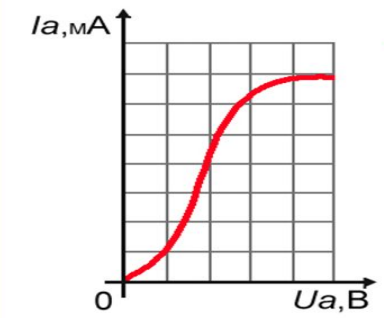
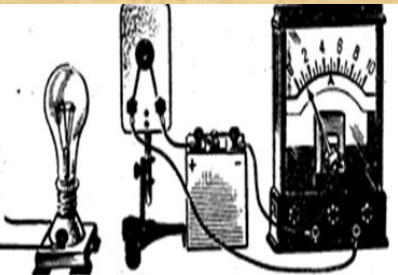
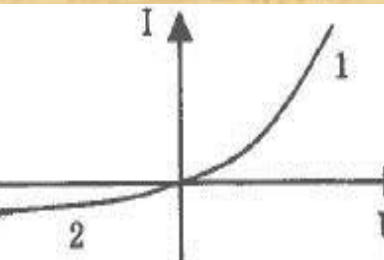
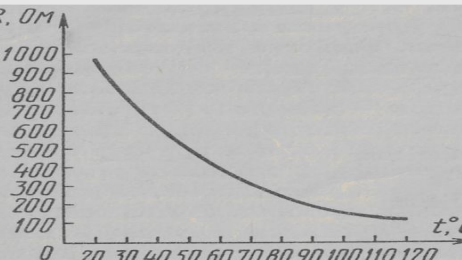
Презентация с гиперссылками, позволяющая в короткий срок вспомнить и обобщить знания по темам «Постоянный электрический ток» и «Электрический ток в различных средах».

Электрический ток в различных средах



Среда	Свободные носители электрических зарядов	Экспериментальное подтверждение	Закон	Вольт-амперная характеристика	
Металлы	<u>Электроны</u>				 <p>Для металлов $R = R_0(1 + \alpha t)$</p>
Электролиты	<u>Электрическая диссоциация</u>				

Электрический ток в различных средах

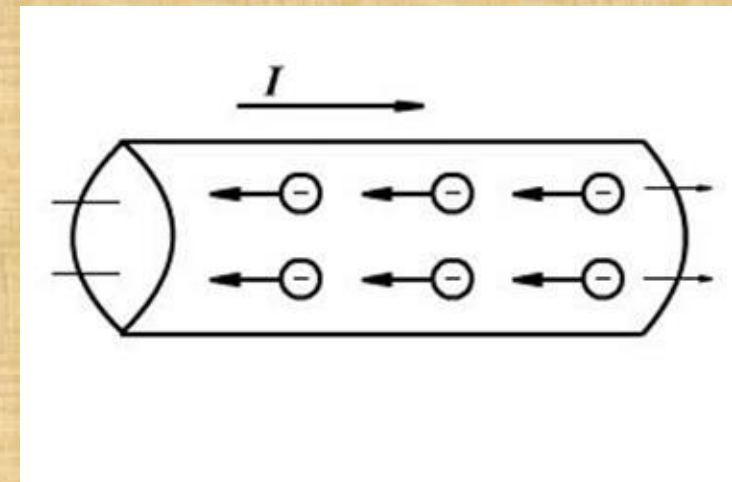
Среда	Свободные носители электрических зарядов	Экспериментальное подтверждение	Законы	Вольт-амперная характеристика	
Газы	<u>Ионизация газа</u>		<u>Самостоятельный газовый разряд</u>		
Вакуум	<u>Термоэлектронная эмиссия</u> (может на 9, а с него на 10)		<u>Работа выхода</u>		
Полупроводники	<u>Электронные «дырки»</u>		<u>Зональность</u>		

Электроны и электрический ток.

Электрон - элементарная отрицательно заряженная частица.

Электрический ток в металлах – это упорядоченное движение электронов под действием электрического поля.

Опыты показывают, что при протекании тока по металлическому проводнику переноса вещества не происходит, следовательно, ионы металла не принимают участия в переносе электрического заряда, а значит и переноса вещества не происходит.



Ионы и электрический ток.

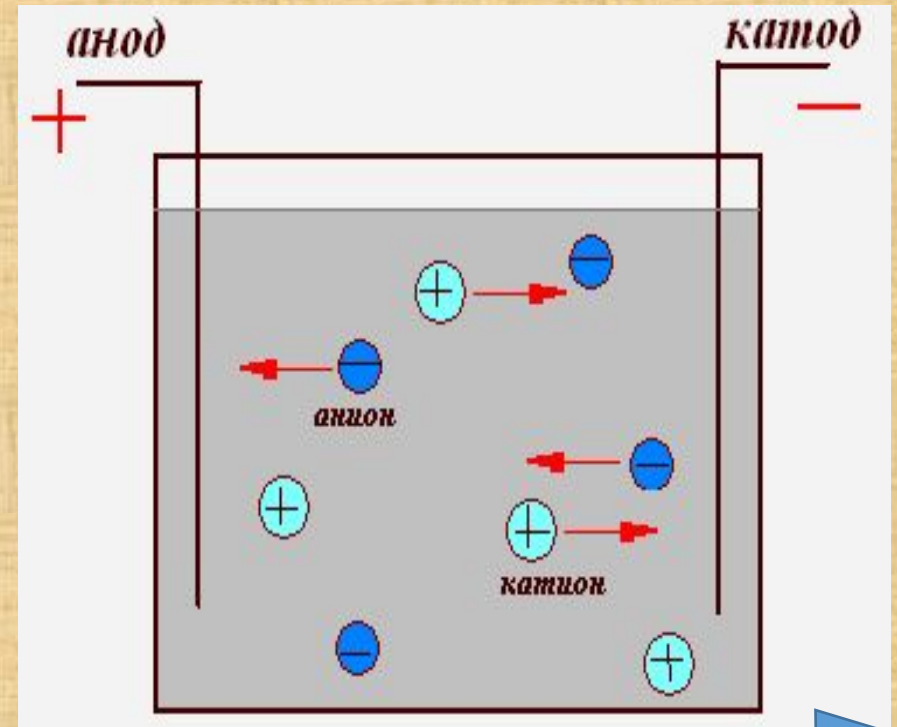
Ион- это атом, потерявший или захвативший электрон(-ы).

Электрический ток в электролитах представляет собой перемещение ионов обоих знаков в противоположных направлениях.

Положительные ионы движутся к отрицательному электроду (катоде), отрицательные ионы – к положительному электроду (аноду).

Ионы обоих знаков появляются в водных растворах солей, кислот и щелочей в результате расщепления части нейтральных молекул это **электролитическая диссоциация.**

При этом происходит оседание вещества на электродах(перенос вещества).



Электрический ток в газах.

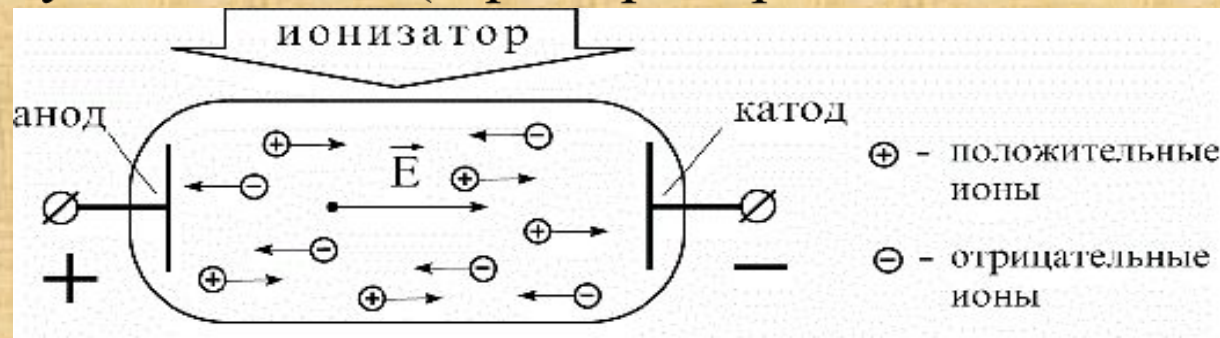
Газы при нормальных условиях являются изоляторами тока и для того, чтобы изменить их электропроводимость надо совершить внешнее воздействие.

Ионизация газа – распад атомов или молекул на ионы и свободные электроны при нагревании или воздействии излучением.

Ток, возникающий под воздействием ионизатора называется **несамостоятельным разрядом**, а ток, возникающий после снятия внешнего воздействия, называется **самостоятельным разрядом**.

Для самостоятельного разряда необходимо не только создание электронных и ионных лавин, но и вторичная электронная эмиссия (выбивание электрона с поверхности катода) или термоэлектронная эмиссия (выбивание электрона при высокой температуре).

Перенос вещества осуществляется (пример: образование озона (O_3) после грозы).



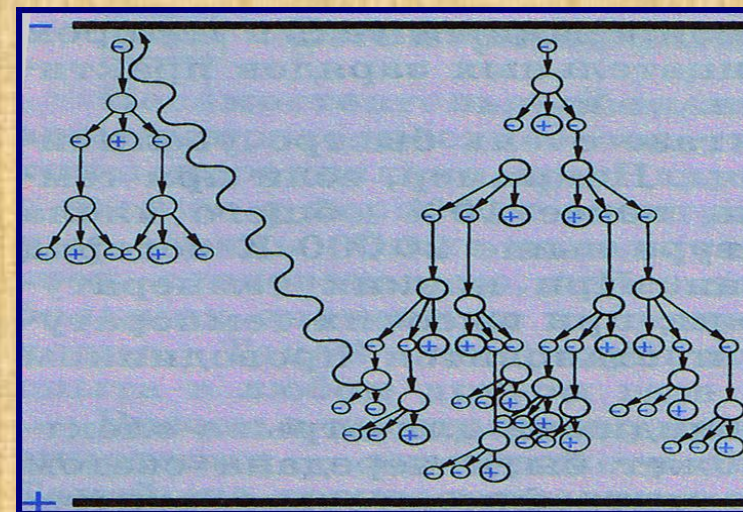
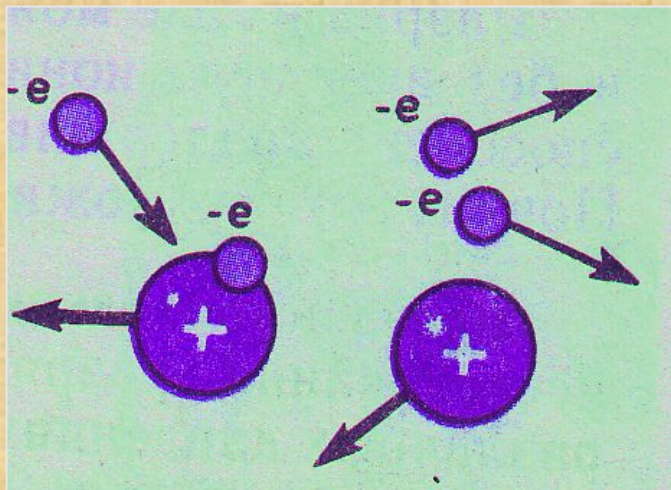
Электрический ток в вакууме.

Вакуум - состояние среды с полным отсутствием вещества.

Электрический ток в вакууме самостоятельно протекать не может, но его осуществление представляет большой практический интерес т.к. в нем отсутствует электрическое сопротивление и током легко управлять, из-за отсутствия электрического сопротивления.

Термоэлектронная эмиссия

– вырывание электронов с поверхности нагретых металлов.



Термоэлектронная эмиссия

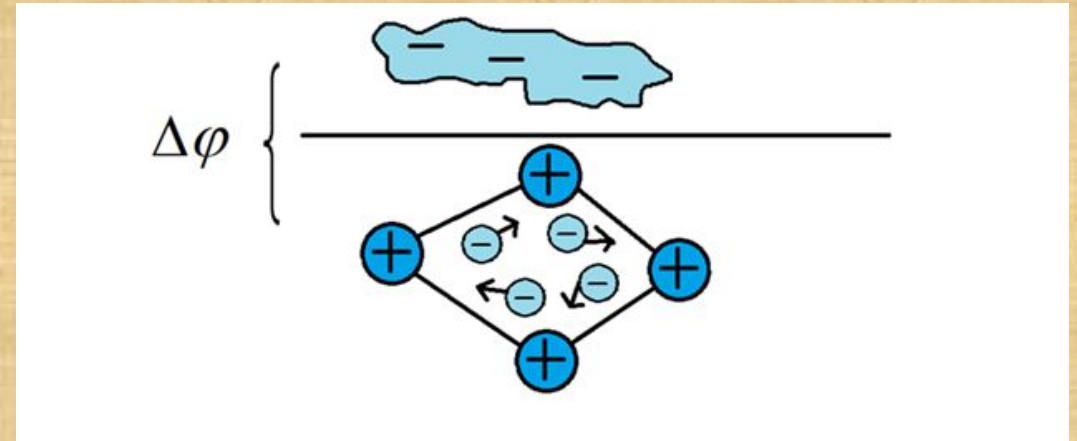
- вырывания электронов с поверхности нагретых металлов.

Иногда электроны вылетают с поверхности металла «испаряются», но в результате сил притяжения со стороны положительных ионов остаются у поверхности металла образуя «-» облако, а поверхность металла приобретает «+» заряд, между ними образуется потенциальный барьер.

$\Delta\varphi$ - потенциальный барьер.

Термоэлектрические явления

$\Delta\varphi$ - потенциальный барьер.



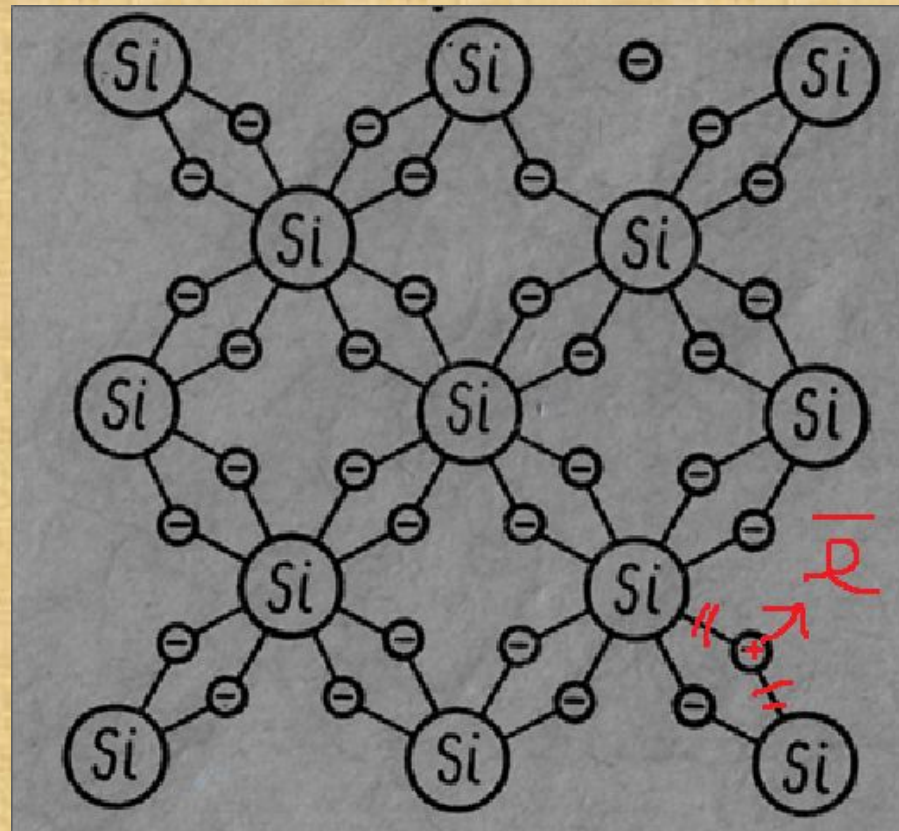
Потенциальный барьер препятствует нарастанию процесса вылета и требует совершить работу на его преодоление при удалении электрона от металла

На основании классической теории электропроводимости «электронный газ» участвует в тепловом хаотическом движении.



Электроны и «дырки».

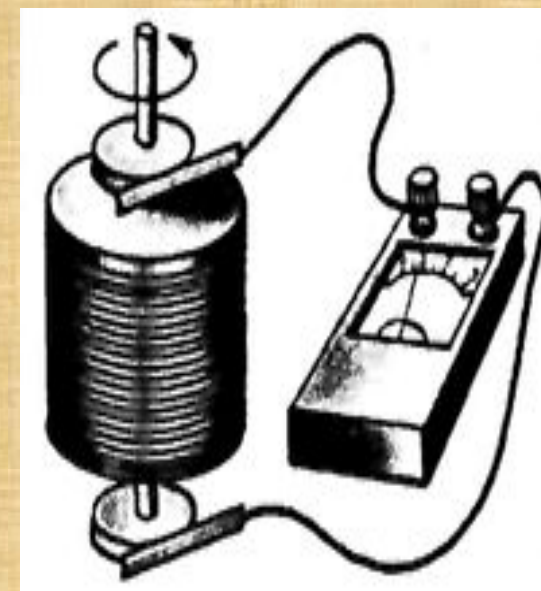
Электрический ток в полупроводнике может создаваться свободными электронами и «дырками».



Опыт Мандельштама - Папалекси (1913 г.).

Русские ученые Л. И. Мандельштам и Н. Д. Папалекси в 1913 году поставили оригинальный опыт. Взяли катушку с проводом и стали крутить ее в разные стороны. При постановке этих опытов исходили из следующей мысли: если в металле есть свободные заряды, обладающие массой, то они должны подчиняться закону инерции. Происходящее явление подобно тому, что наблюдается при внезапной остановке трамвая, когда «свободные», не прикрепленные к вагону предметы и люди по инерции некоторое время продолжают двигаться вперед.

Таким образом, краткое время после остановки проводника свободные заряды в нем должны двигаться в одну сторону. Но движение зарядов в определенную сторону есть электрический ток. Следовательно после внезапной остановки проводника надо ожидать появления в нем кратковременного тока.



Борис Семёнович Якоби.

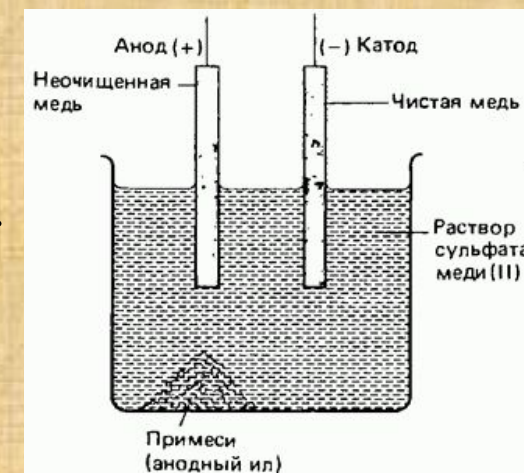
Борис Семёнович Якоби (21 сентября 1801 - 27 февраля 1874) - немецкий и русский физик. Первооткрыватель гальванопластики

Рафинирование – получение на электроде чистого металла.

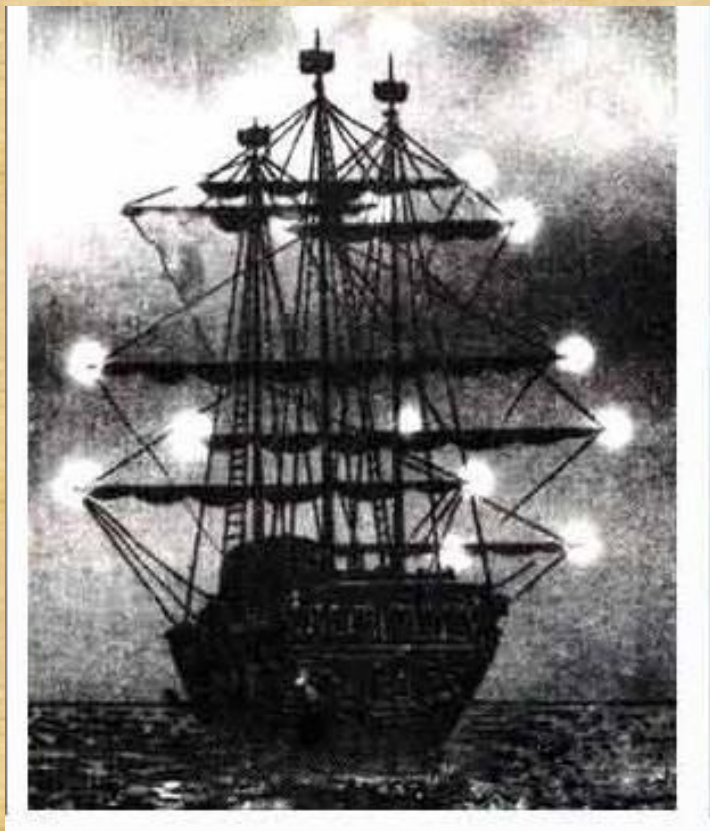
Гальваностегия - покрытие поверхностей трудно окисляемыми металлами (хромирование или никелирование). Покрытие серебром или золотом предметов искусства.

Гальванопластика - изготовление рельефных копий из металла.

Электрополировка - выравнивание поверхности металла. Анод начинает разрушаться с неровностей на поверхности. Таким образом, шлифуются зеркала.



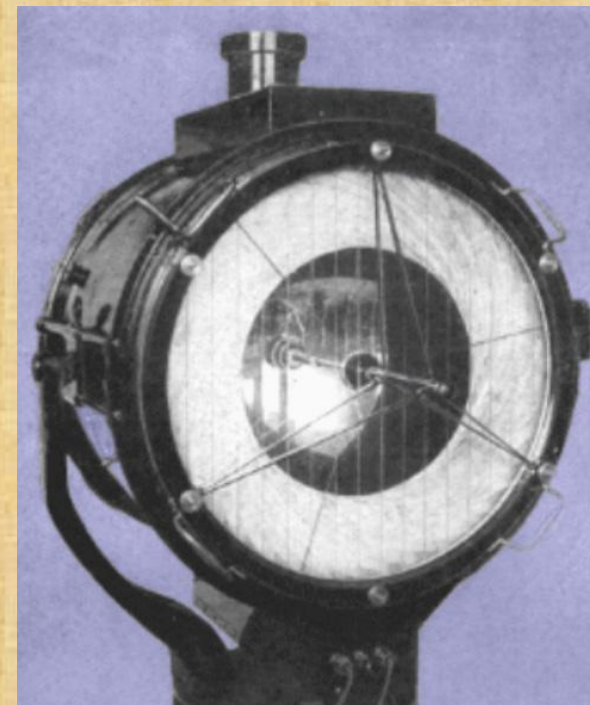
Применение электрического тока в газах.



Определение плохой погоды
по огням Святого Эльма



Использование неона в
рекламных целях



Использование дугового
разряда в прожекторе



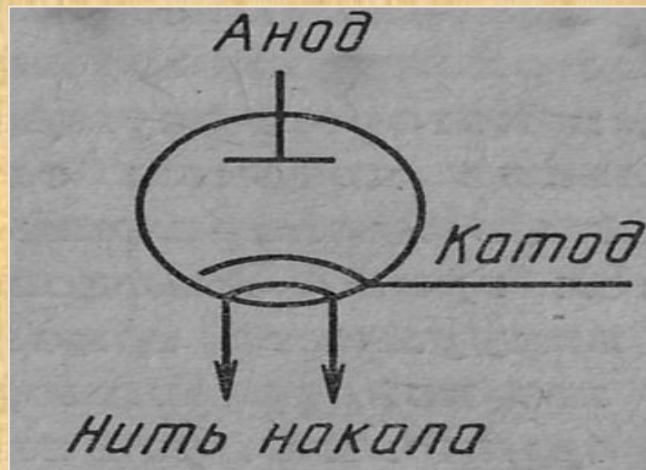
ДИОД.

В 1879г. американский изобретатель Томас Эдисон предложил создать в вакуумной стеклянной трубке ток, используя явление термоэлектронной эмиссии.

Ток в вакуумных лампах создается свободными электронами, вылетевшими из металла.

Вакуумная лампа обладает односторонней проводимостью.

Используется для **выпрямления переменного тока**. (при подключении к катоду источника тока «-» полюсом -ток в цепи есть, при подключении «+» полюсом - тока нет.)



Вакуумный диод.

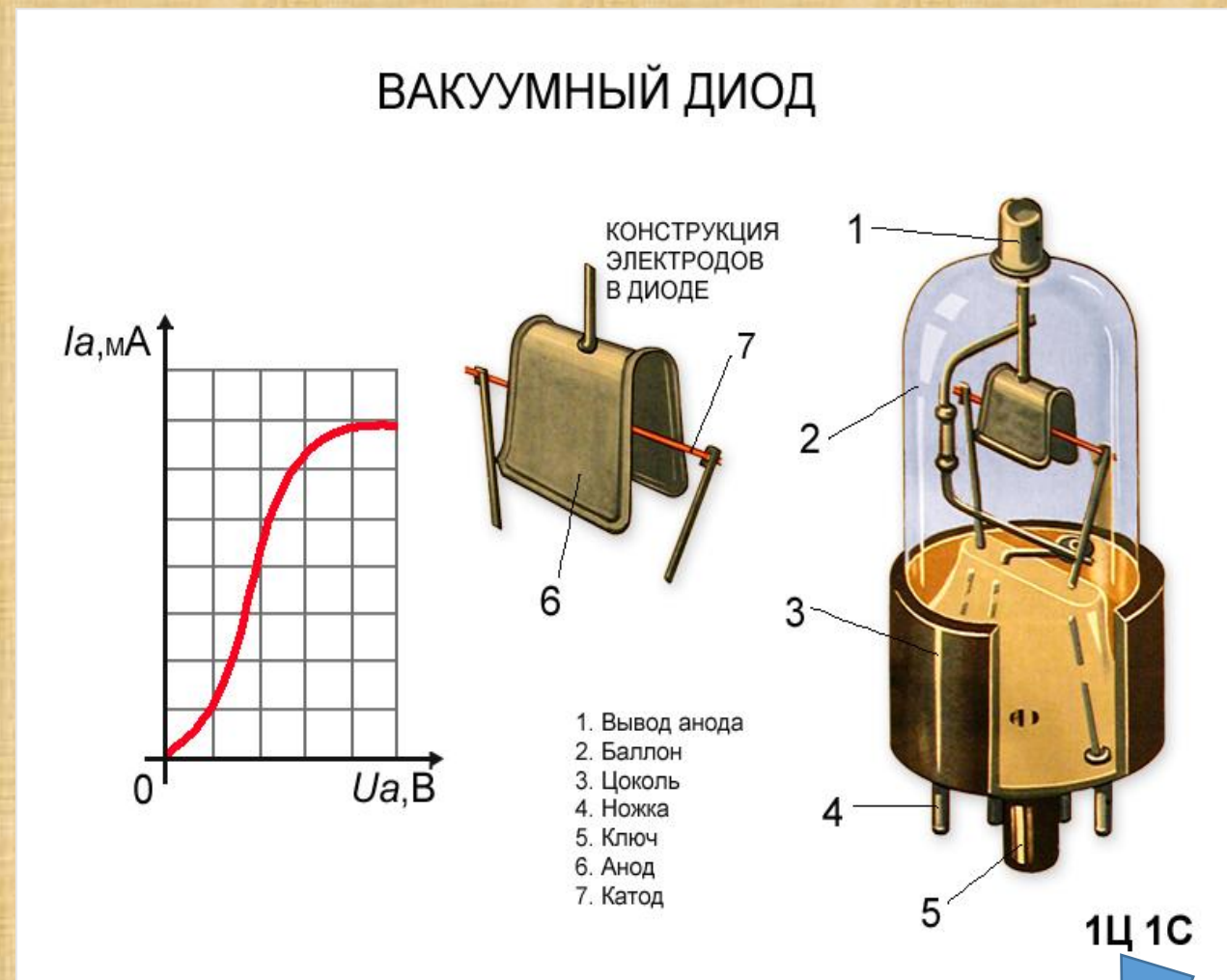
Диод – стеклянный баллон с двумя электродами.

Катод - металлический цилиндр, покрытый слоем оксидов щелочноземельных металлов (барий, стронций, кальций) - с их поверхности электроны уходят легко.

Нить накала - проводник в изоляционном слое. Нагревается переменным эл. током.

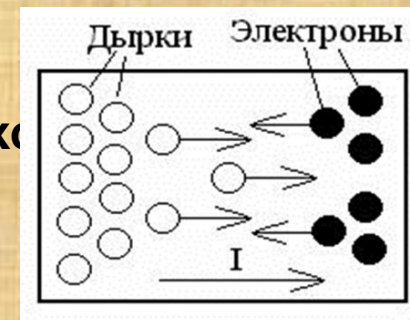
Анод - металлический цилиндр с общей осью с катодом.

Свойство односторонней проводимости используются в радиоприемниках для выпрямления переменного тока
В современном диоде давление 10^{-6} - 10^{-7} мм. рт. ст.



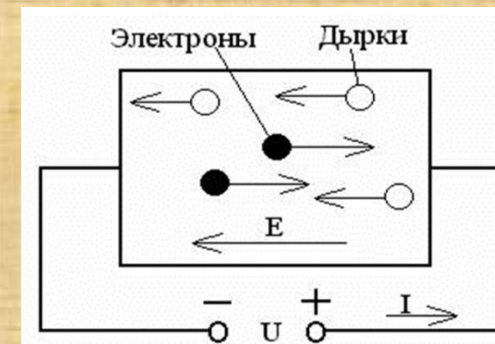
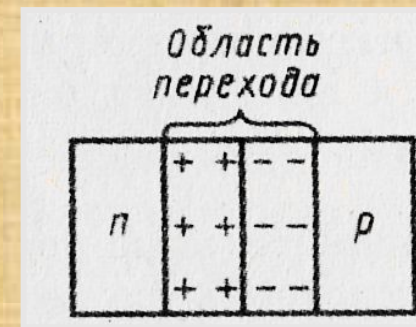
П/П приборы

Полупроводниковые приборы - принцип работы основан на p-n переходе



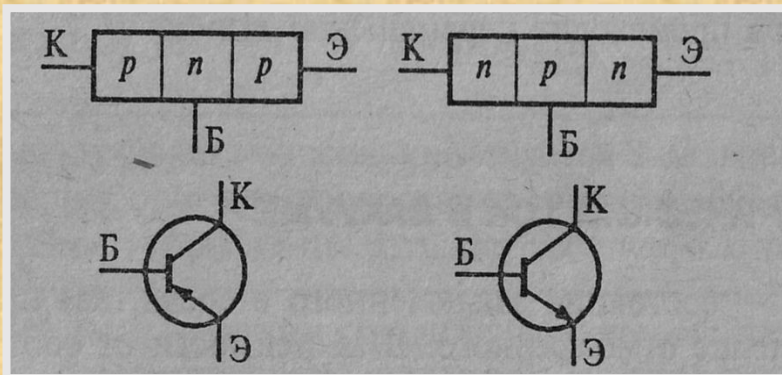
n-p- переход

- контакт двух п/п с разными проводимостями.
- через переход происходит диффузия основных носителей заряда (свободных электронов и «дырок»).
- в **n** - областях будет слой с избытком «+» ионов.
- в **p** - области слой с избытком «-» ионов.
- между и областями возникает запирающий слой - препятствующий дальнейшей диффузии основных носителей заряда.
- В зависимости о подключения **n-p- перехода** он пропускает электрический ток или нет. П/П диод обладает односторонней проводимостью. Он способен выпрямлять переменный ток, преобразуя его в пульсирующий.



Транзистор

- Состоит из двух p-n-переходов



- Три части транзистора:

Эмиттер – поставляет основные носители заряда (стрелка совпадает с направлением тока)

База – принимает переменный сигнал (ее толщина мала)

Коллектор – собирает основные носители заряда



В металле эл. ток **создается свободными электронами.**

Электроны рассматриваются как электронный газ, обладающий свойствами одноатомного идеального газа:

- выполняются законы Ньютона
- электроны взаимодействуют только с «+» ионами
- энергия электронов рассчитывается по уравнению Больцмана.
- Закон Ома. Вольт-амперная характеристика
- Закон Джоуля-Ленца
- зависимость сопротивления от геометрических размеров проводника; от температуры

Классическая теория не может объяснить факт не линейного возрастания сопротивления от температуры (сверхпроводимость) и то, что теплоемкость металлов и диэлектриков примерно равны. Данные факты объясняет **квантовая физика.**



Закон Ома.

Закон Ома для участка цепи:

- сила тока прямо пропорциональна напряжению U и обратно пропорциональна электрическому сопротивлению R участка цепи.

Закон Ома для полной цепи:

- сила тока в цепи пропорциональна действующей в цепи ЭДС и обратно пропорциональна сумме сопротивлений цепи и внутреннего сопротивления источника тока.

I - сила тока, А

U - напряжения, В

R - электрическое сопротивление, Ом

ε – ЭДС источника тока, В

r - сопротивление в источнике тока, Ом

$$I = \frac{U}{R} \quad I = \frac{\varepsilon}{R + r}.$$



Законы Фарадея.

I Закон Фарадея:

- Масса выделившегося вещества зависит от силы тока и от времени, за которое он прошёл через электролит.

m - масса вещества, кг

I - сила тока, А

t - время прохождения тока, с

k - электрохимический эквивалент, $\frac{\text{кг}}{\text{Кл}}$

$$m = kIt$$

II Закон Фарадея:

- Электрохимический эквивалент прямо пропорционален отношению атомной массе A к валентности n .

$$k = \frac{A}{n \cdot F}$$



Самостоятельный разряд.

Самостоятельный газовый разряд поддерживается за счёт ударной ионизации электронами, ускоряемыми электрическим полем.

Электроны под действием E движутся ускоренно, их кинетическая энергия возрастает за счёт работы сил электрического поля.

$$\frac{mv^2}{2} = \bar{e}E \langle \lambda \rangle$$

Здесь v - скорость электрона (м/с), m - масса электрона(кг), \bar{e} - заряд электрона(Кл), E - напряженность ЭП(Дж/Кл), λ - длина его свободного пробега(м), т.е. путь, проходимый электроном между двумя последовательными соударениями



Законов для расчета параметров электрического тока в вакууме нет. Мы можем рассчитать скорость вылетевшего электрона в результате термоэлектронной эмиссии.

Кинетическая энергия электрона в металле должна быть больше работы выхода $A_{\text{вых}}$. Электрон должен совершить работу против сил электрического поля за счет своей кинетической энергии.

A - работа выхода, аДж

\bar{e} – заряд электрона, Кл

$\bar{e} - 1,6 * 10^{-19}$, Кл

$\Delta\varphi$ - потенциальный барьер, В

$$A = e\Delta\varphi$$

$$E_k = \frac{mv^2}{2} \geq A$$

E_k - кинетическая энергия, Дж

m – масса электрона, кг

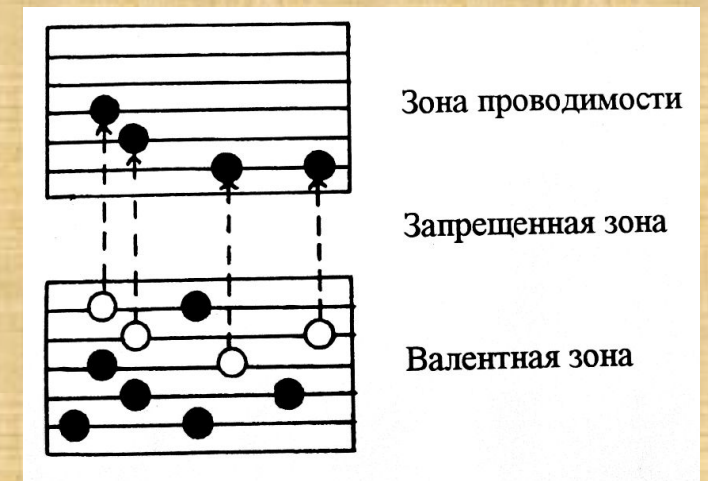
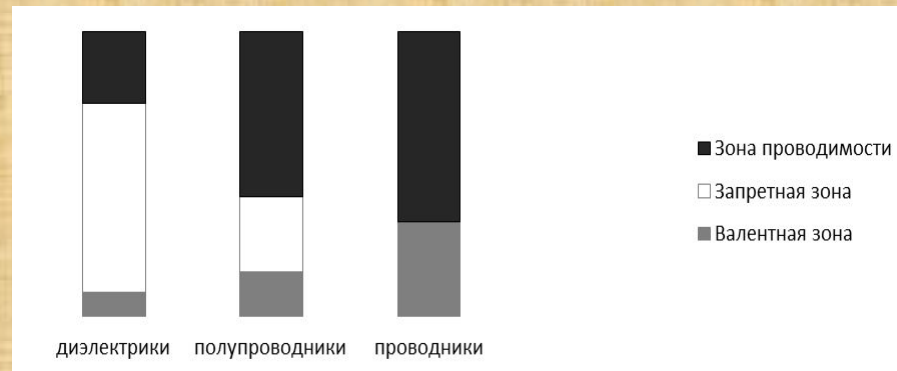
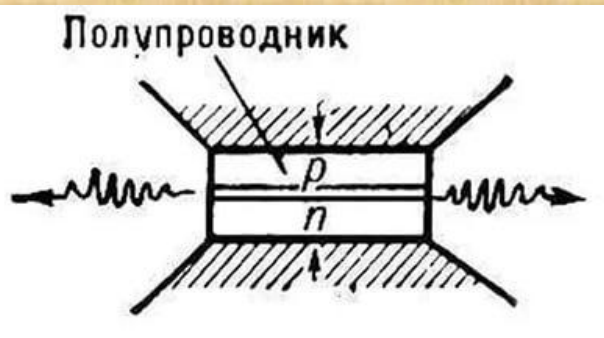
v - скорость электрона, м/с

A – работа выхода, Дж



Электрический ток в полупроводниках.

Электрический ток может протекать в полупроводниках, если валентные электроны перемещаются из валентной зоны в зону проводимости через запрещённые зоны, при этом в валентной зоне остаются «дырки», что приводит к движению оставшихся в валентной зоне электронов по уровням валентной зоны. Для удобства говорят не о движении электронов в валентных зонах, а о движении «дырок». Движение дырок эквивалентно движению положительно заряженных частиц с зарядом, равным заряду электронов. Электропроводимость полупроводников определяется концентрацией «дырок» и электронов и их подвижностью. Так на электропроводимость влияет освещение (в результате увеличения им концентрации электронов и дырок) и температура (при росте температуры подвижность электронов и «дырок» падает, а концентрация увеличивается). При этом не происходит перенос вещества.



Примеры решения задач по теме «электрический ток в различных средах».

[Задача №1](#)

[Задача №2](#)

[Задача №3](#)

[Задача №4](#)

[Задача №5](#)



В усилителе, собранном на транзисторе по схеме с общей базой, сила тока в цепи эмиттера равна 12 мА, в цепи базы 600 мкА. Найти силу тока в цепи коллектора.

Дано :	СИ	Решение:
$I_{\text{э}} = 12 \text{ мА}$ $I_{\text{б}} = 600 \text{ мкА}$	$12 * 10^{-3} \text{ А}$ $600 * 10^{-6} \text{ А}$	1) Транзистор. Сила тока. 2) $I_{\text{э}} = I_{\text{к}} + I_{\text{б}}$ $I_{\text{к}} = I_{\text{э}} - I_{\text{б}}$ $I_{\text{к}} = 12 * 10^{-3} \text{ А} - 600 * 10^{-6} \text{ А} = 12 * 10^{-3} \text{ А} - 0,6 * 10^{-3} \text{ А} =$ $= 11,4 \text{ мА}$
Найти :		
$I_{\text{к}} - ?$		

Ответ : 11,4 мА



Сила тока в лампочке карманного фонаря 0,32 А. Сколько электронов проходит через поперечное сечение нити накала за 0,1 с?

Дано:

$$I = 0,32 \text{ А}$$
$$t = 0,1 \text{ с}$$

Найти :

N - ?

Решение :

1) Свойство электрического заряда. Сила тока.

$$2) I = \frac{q}{t}$$

$$q = I * t$$

$$q = 0,32 \text{ А} * 0,1 \text{ с} = 32 \text{ мА}$$

3) Дискретность заряда

$$4) N = \frac{q}{e}$$

$$N = \frac{32 * 10^{-3} \text{ Кл}}{1,6 * 10^{-19} \text{ Кл}} = 20 * 10^{16} \text{ шт.} = 2 * 10^{17} \text{ шт.}$$

Ответ: $2 * 10^{17}$ шт.



Концентрация электронов проводимости в германии при комнатной температуре $n = 3 * 10^{19} \text{ м}^{-3}$. Какую часть составляет число электронов проводимости от общего числа атомов?

Дано:

$$n = 3 * 10^{19} \text{ м}^{-3}$$

Найти:

$$\frac{n}{N} - ?$$

Решение:

1) Концентрация частиц.

$$2) \rho = m_0 * n$$

$$n = \frac{m_0}{\rho} = \frac{N_A}{\mu}$$

$$\rho = \frac{\mu}{N_A} * n \quad \frac{n}{N_A} = \frac{\rho}{\mu} \quad N = N_A * \mu$$

$$\frac{n}{N} = \frac{n * \rho}{N_A * \mu} = \frac{3 * 10^{19} \text{ м}^{-3} * 7,3 * 10^{-3}}{6,022 * 10^{23} \text{ моль}^{-1} * 5,4 * 10^{-3}}$$

$$= 6,7 * 10^{-10}$$

Ответ: $6,7 * 10^{-10}$



В вакуумном диоде электрон подходит к аноду со скоростью 8 Мм/с. Найти анодное напряжение.

Дано :	СИ	Решение:
$v = 8 \text{ Мм/с}$	$8 * 10^6 \text{ м/с}$	1) Кинетическая энергия частицы. Энергия ЭП.
Найти :		2) $E_{\text{кин}} = \frac{m*v^2}{2}$
$U - ?$		$E_{\text{кин}} = \frac{9,1 * 10^{-31} \text{ кг} * (8 * 10^6)^2 \text{ м}^2/\text{с}^2}{2} = 291,2 * 10^{-19} \text{ Дж}$
		$W_p = \bar{e}U \quad U = \frac{W_p}{\bar{e}} \quad U = \frac{291,2 * 10^{-19} \text{ Дж}}{1,6 * 10^{-19} \text{ Кл}} = 182 \text{ В}$

Ответ : 182 В



При какой наименьшей скорости электрон может вылететь из платины?

Дано:

$$A_{\text{в}} = 5,3 * 10^{-18} \text{ Дж}$$

(взято из таблицы « Работа выхода электронов »)

Найти:

$$v_{\text{мин}} - ?$$

Решение:

1) Совершения работы выхода частицей из вещества.

$$2) E_{\text{кин}} = \frac{m * v^2}{2}$$

3) Чтобы вылететь, электрону нужно совершить работу.

$$A = E_{\text{кин}} \quad A = \frac{m * v^2}{2} \quad v = \sqrt{\frac{2 * A}{m}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 * 5,3 * 10^{-18} \text{ Дж}}{9,1 * 10^{-31} \text{ Кл}}} \approx 3,4 * 10^6 \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 3,4 \frac{\text{Мм}}{\text{с}}$$

Ответ : 3,4 Мм/с

