



План

1. **Электрический ток в металлах**
2. **Электролитическая диссоциация. Электролиз**
3. **Законы Фарадея**
4. **Применение электролиза в технике**

Вещества

Разные вещества имеют различные электрические свойства, однако по электрической проводимости их можно разделить на 3 основные группы:

Электрические свойства веществ

```
graph TD; A[Электрические свойства веществ] --> B[Проводники]; A --> C[Полупроводники]; A --> D[Диэлектрики];
```

Проводники

Хорошо проводят электрический ток

К ним относятся металлы, электролиты, плазма ...

Наиболее используемые проводники – **Au, Ag, Cu, Al, Fe** ...

Полупроводники

Занимают по проводимости **промежуточное положение** между проводниками и диэлектриками

Si, Ge, Se, In, As

Диэлектрики

Практически не проводят электрический ток

К ним относятся пластмассы, резина, стекло, фарфор, сухое дерево, бумага ...



Электрический ток в металлах



Природа электрического тока в металлах

Электрический ток в металлических проводниках никаких изменений в этих проводниках, кроме их нагревания не вызывает.

Концентрация электронов проводимости в металле очень велика: по порядку величины она равна числу атомов в единице объёма металла. Электроны в металлах находятся в непрерывном движении. Их беспорядочное движение напоминает движение молекул идеального газа. Это дало основание считать, что электроны в металлах образуют своеобразный электронный газ. Но скорость беспорядочного движения электронов в металле значительно больше скорости молекул в газе (она составляет примерно 10^5 м/с).



Электрический ток в металлах

Наиболее убедительное доказательство электронной природы тока в металлах было получено в опытах с инерцией электронов. Идея таких опытов и первые качественные результаты принадлежат русским физикам Л. И. Мандельштаму и Н. Д. Папалекси (1913 г.).

В 1916 году американский физик Р. Толмен и шотландский физик Б. Стюарт усовершенствовали методику этих опытов и выполнили количественные измерения, неопровержимо доказавшие, что ток в металлических проводниках обусловлен движением электронов.

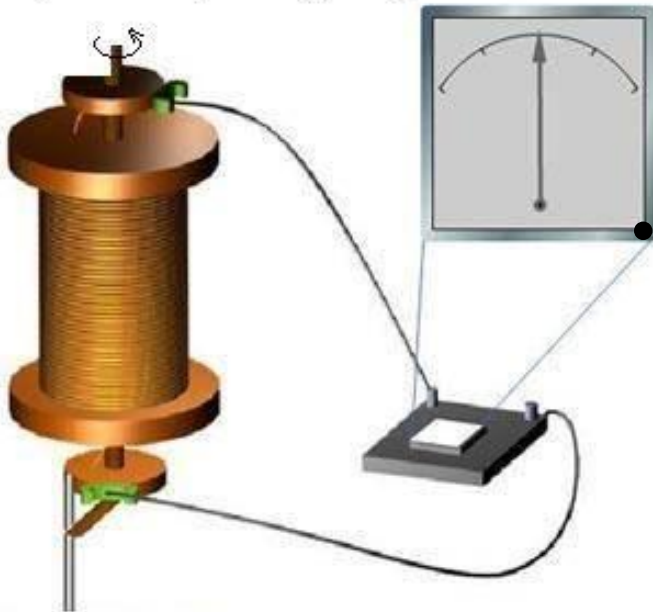


Опыт Папалекси-Мандельштама

- Описание опыта :
- Цель: выяснить какова проводимость металлов.
- Установка: катушка на стержне со скользящими контактами, присоединены к гальванометру.
- Ход эксперимента: катушка раскручивалась с большой скоростью, затем резко останавливалась, при этом наблюдался отброс стрелки гальванометра.
- Вывод: проводимость металлов - электронная.

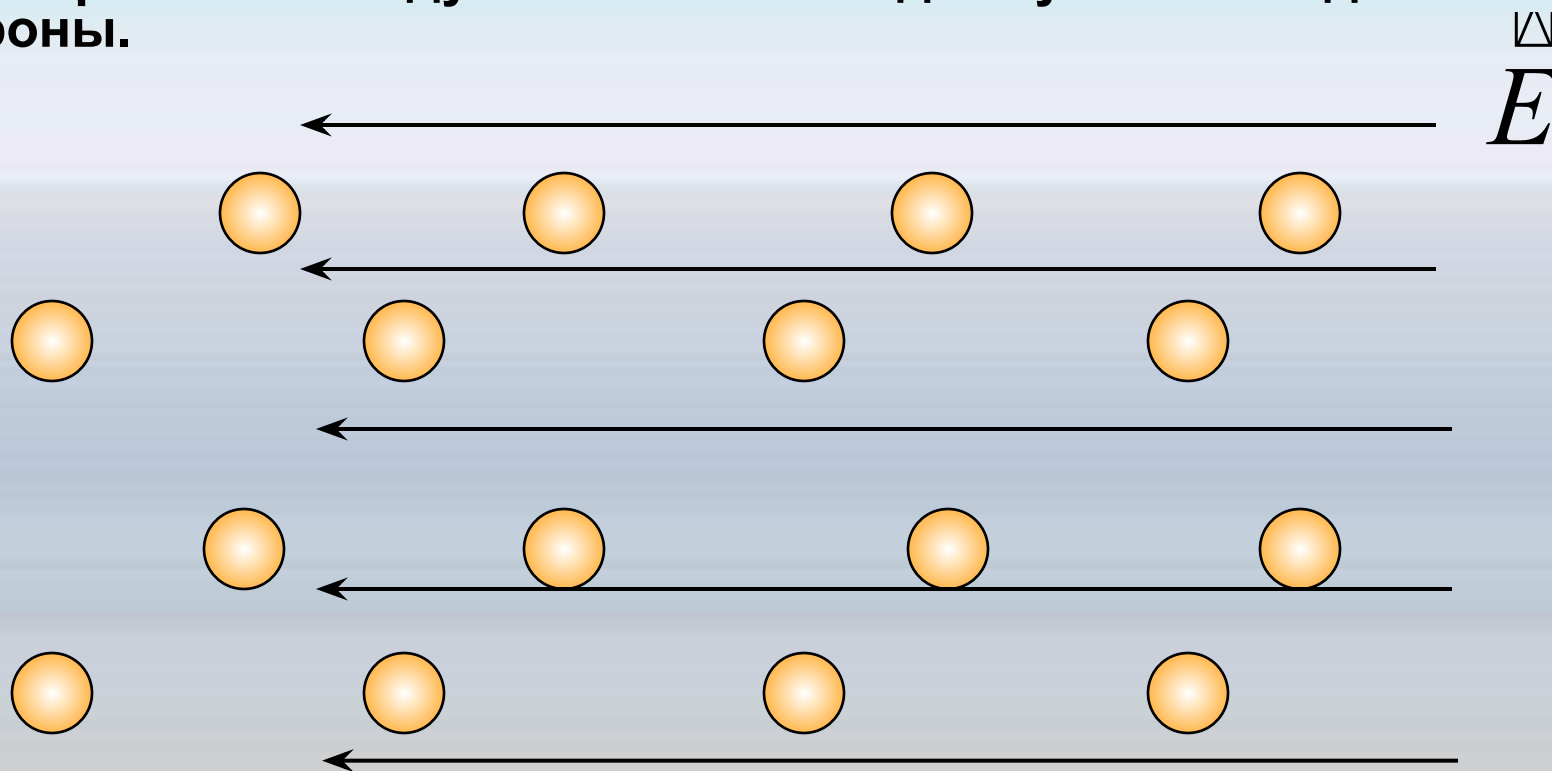
Опыт Мандельштама - Папалекси (1913)
и Толмена - Стюарта (1916)

Удельный заряд электрона $\frac{e}{m} = 1,76 \cdot 10^{11} \text{ Кл / кг}$



Электрический ток в металлах

Металлы имеют кристаллическое строение . В узлах кристаллической решетки расположены положительные ионы, совершающие тепловые колебания вблизи положения равновесия, а в пространстве между ними хаотично движутся свободные электроны.



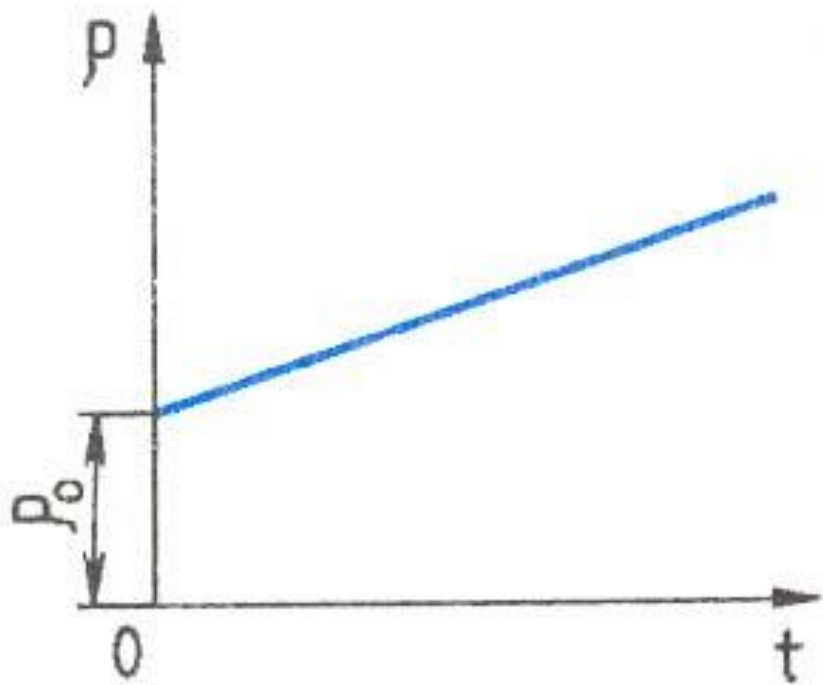
Электрическое поле сообщает им ускорение в направлении, противоположном направлению вектора напряженности поля. Поэтому в электрическом поле беспорядочно движущиеся электроны смещаются в одном направлении, т.е. движутся упорядоченно.



Основные положения классической теории электронной проводимости

- 1). Носителями тока в металлах являются электроны, движение которых подчиняется законом классической механики.**
- 2). Поведение электронов подобно поведению молекул идеального газа (электронный газ).**
- 3). При движении электронов в кристаллической решетке можно не учитывать столкновения электронов друг с другом.**
- 4). При упругом столкновении электронов с ионами электроны полностью передают им накопленную в электрическом поле энергию.**

Зависимость сопротивления проводника от температуры



$$\rho = \rho_0(1 + \alpha t)$$

- При повышении температуры удельное сопротивление проводника возрастает.
- Коэффициент сопротивления равен относительному изменению сопротивления проводника при нагревании на 1К.



Сверхпроводимость

Сверхпроводимость — физическое явление, заключающееся в скачкообразном падении до нуля сопротивления вещества.

В то время, как в обычных проводниках под влиянием магнитного поля ток в металле смещается, в сверхпроводниках это явление отсутствует. Ток в сверхпроводнике как бы закреплен на своем месте.

Сверхпроводимость исчезает под действием следующих факторов:

- **повышение температуры;**
- **действие достаточно сильного магнитного поля;**
- **достаточно большая плотность тока в образце;**

Переход от сверхпроводящего состояния в нормальное можно осуществить путем повышения магнитного поля при температуре ниже критической T_c .



Сверхпроводимость

В 1911 г. голландский физик Камерлинг-Оннес обнаружил, что при охлаждении ртути в жидком гелии её сопротивление сначала меняется постепенно, а затем при температуре 4,2 К очень резко падает до нуля. Это явление было названо **сверхпроводимостью**.

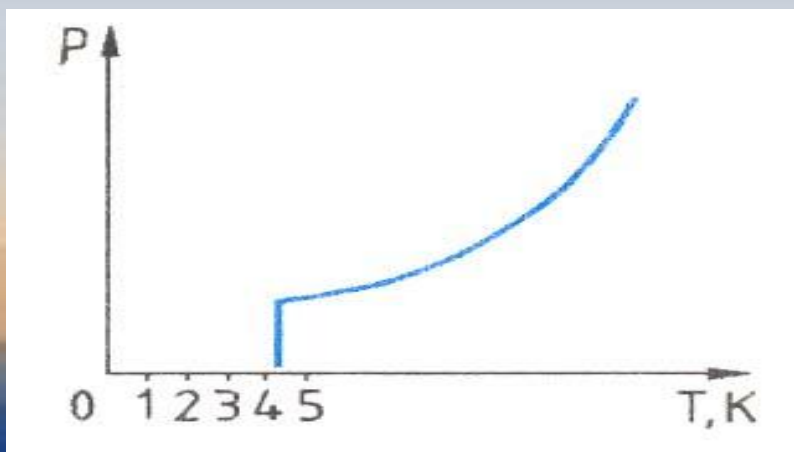
Температура T_k , при которой происходит переход в сверхпроводящее состояние, называется *критической температурой перехода*. Для таллия, олова и свинца она равна соответственно 2,35 К, 3,73 К и 7,19 К. Впоследствии было открыто много других сверхпроводников.



КАМЕРЛИНГ-ОННЕС

21.09.1853 – 21.02.1926

Нобелевская премия по
физике,
1913 г.

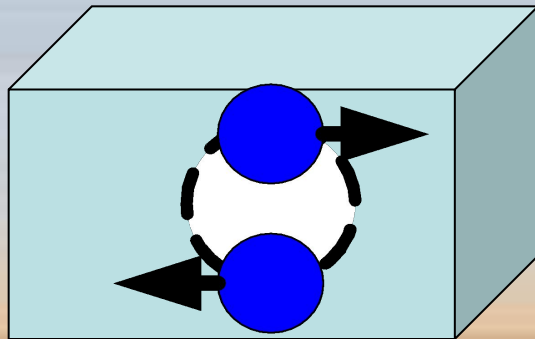


Мультиэлектрон

Мультиэлектрон (me) – это новая, ранее неизвестная, квантовая частица, которая образуется из двух и более электронов в силовом поле атома.

Сила притяжения между электронами аналогична силе, связывающей протоны и нейтроны в ядре атома (сила Юкавы).

Эта сила уравнивает отталкивание между отрицательно заряженными электронами и приводит к **взаимному вращению** электронов вокруг общей оси.



Движение электронов в обычном проводнике



Электроны сталкиваются с кристаллической решеткой и теряют свою кинетическую энергию, которая идет на нагрев решетки. Поэтому возникает электрическое сопротивление.



Движение мультиэлектрона в сверхпроводнике



Кинетическая энергия электронов, составляющих **мультиэлектрон** переходит во вращательную энергию частицы. Поэтому мультиэлектрон не сталкивается с кристаллической решеткой и не испытывает сопротивления. Так возникает **сверхпроводимость**.



Использование сверхпроводимости

Применение	Примечания
<u>крупномасштабное</u> а) экранирование	Сверхпроводник не пропускает магнитный поток, следовательно, он экранирует электромагнитное излучение. Используется в микроволновых устройствах, защита от излучения при ядерном взрыве.
<u>сильноточные устройства</u> а) магниты - научно-исследовательское оборудование - магнитная левитация	Магниты используются в ускорителях частиц и установках термоядерного синтеза. Интенсивно проводятся работы по созданию поездов на магнитной подушке.
<u>другие применения</u> а) передача энергии б) аккумулирование в) вращающиеся электрические машины	Возможность аккумулировать электроэнергию в виде циркулирующего тока. Комбинация полупроводниковых и сверхпроводящих приборов открывает новые возможности в



ЭЛЕКТРОУЧЕТЫ МОЖНО В ЭЛЕКТРОПЛИТАХ

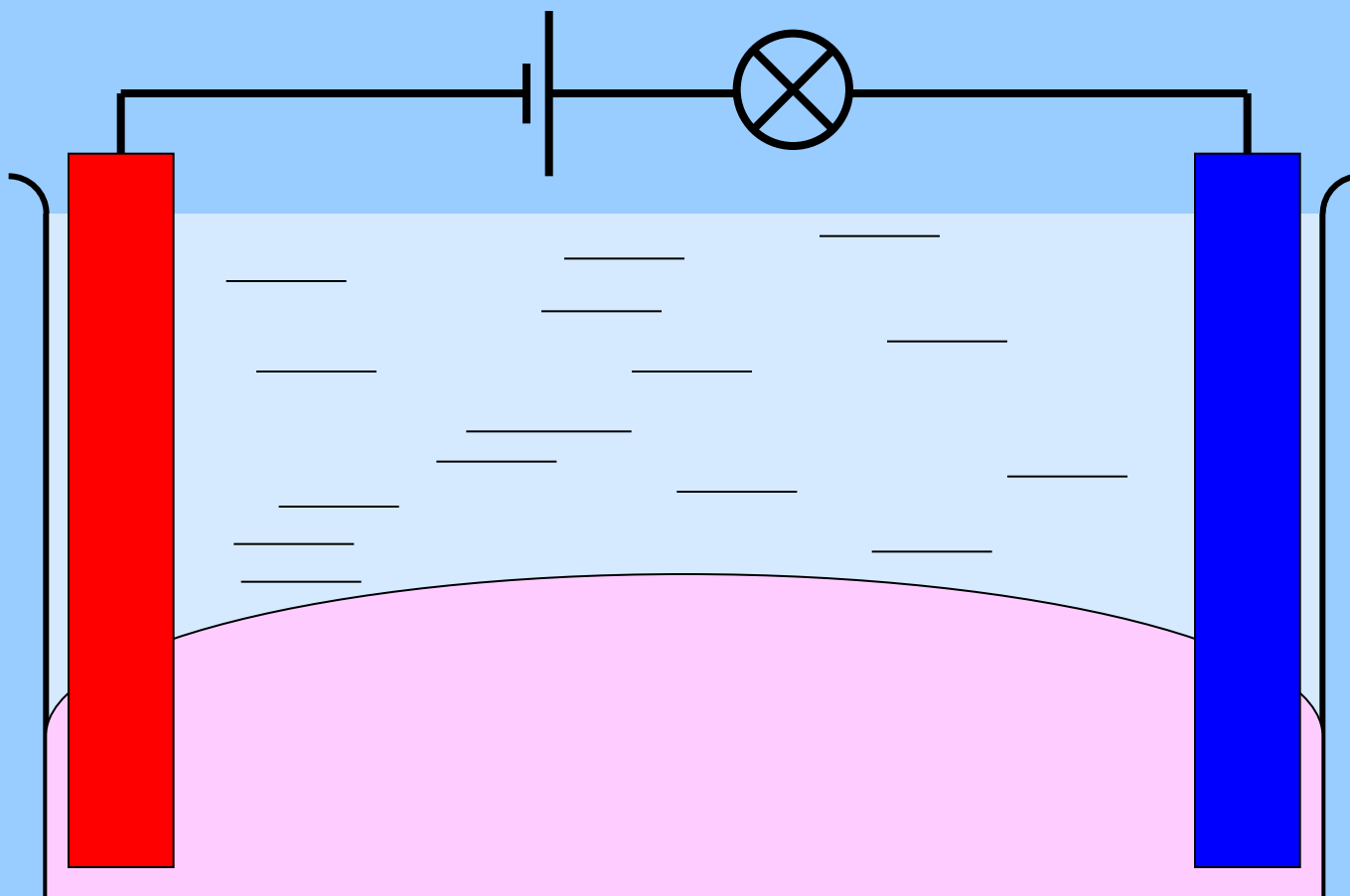


Электролитическая диссоциация. Электролиз.

Электролиты – это вещества, растворы или расплавы которых проводят электрический ток:

- расплавленные металлы и соли;
- растворы кислот, солей, щелочей.

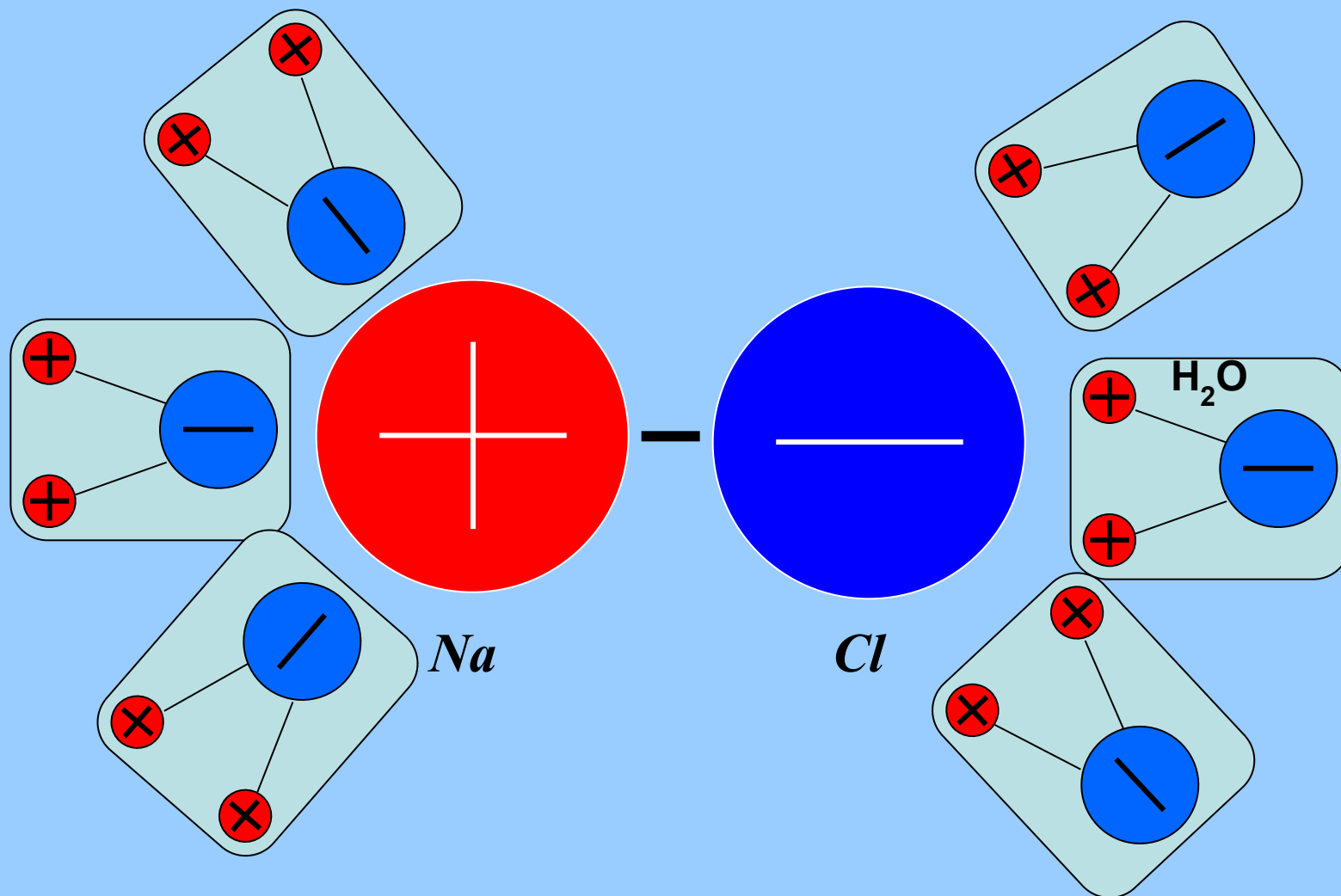
Электролитическая диссоциация. Электролиз.



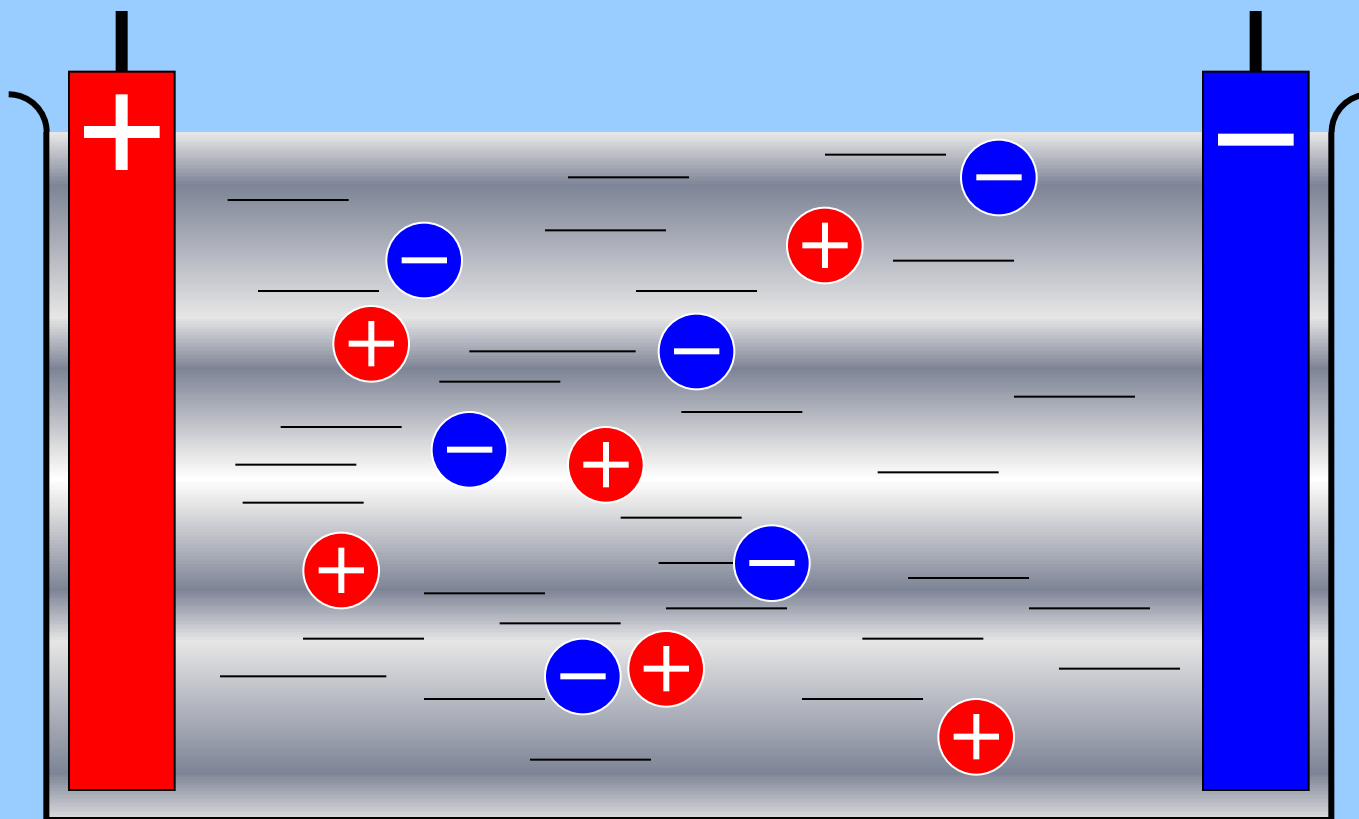
Электролитическая диссоциация. Электролиз.

Электролитическая диссоциация – это распад молекул растворенного вещества (электролита) на заряженные ионы.

Электролитическая диссоциация. Электролиз.



Электролитическая диссоциация. Электролиз.



Электролитическая диссоциация. Электролиз.

Электролиз – это изменение химического состава раствора или расплава при прохождении через него электрического тока.

Электролитическая диссоциация. Электролиз.



**Майкл Фарадей (1791-1867) –
английский физик, автор
законов электролиза**

Законы Фарадея

Законы Фарадея

Первый закон Фарадея

Масса вещества, выделившегося на электроде, пропорциональна электрическому заряду, прошедшему через электролит.

Законы Фарадея

$$m = k \cdot q$$

$$q = I \cdot \Delta t$$

$$m = k \cdot I \cdot \Delta t$$

k – электрохимический эквивалент

Законы Фарадея

Электрохимические эквиваленты некоторых веществ

<i>Вещество</i>	$k, 10^{-6} \text{ кг/Кл}$
Серебро	1,11800
Водород	0,01045
Медь	0,32940
Цинк	0,03880

Законы Фарадея

Второй закон Фарадея (закон электролиза)

Электрохимический эквивалент вещества прямо пропорционален отношению молекулярной массы к его валентности.

Законы Фарадея

$$k = \frac{1}{F} \cdot \frac{M}{n}$$

F - постоянная Фарадея

$$F = 96,5 \cdot 10^3 \text{ Кл/моль}$$

Законы Фарадея

$$m = m_{0i} \cdot N_i$$

$$m_{0i} = \frac{M}{N_A}$$

$$N_i = \frac{\Delta q}{q_{0i}} = \frac{I \cdot \Delta t}{n \cdot e}$$

$$m = \frac{M}{n \cdot e \cdot N_A} I \cdot \Delta t$$

$$m = k \cdot I \cdot \Delta t$$

$$k = \frac{M}{n \cdot e \cdot N_A} \quad [k] = \frac{\kappa\mathcal{Z}}{K\mathcal{L}}$$

Законы Фарадея

$$m = \frac{M}{n \cdot e \cdot N_A} I \cdot \Delta t$$

$$e = \frac{M}{n \cdot m \cdot N_A} I \cdot \Delta t$$

Заряд электрона $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл

Пример и разбор решения задач:

1. Источник тока присоединили к двум пластинам, опущенным в раствор поваренной соли. Сила тока в цепи равна 0,3 А. Какой заряд проходит между пластинами в ванне за 7 минут?

Решение: Сила тока равна отношению заряда ко времени, в течение которого этот электрический заряд прошёл по цепи:

$$I = \frac{q}{\Delta t}$$

Подставив числовые значения, переведя время в СИ, получим $q = 126$ Кл.

Правильный ответ: $q = 126$ Кл.

2. В процессе электролиза из водного раствора хлорида железа-2 выделилось 840 мг железа. Какой заряд прошёл через электролитическую ванну?

$$m = k \cdot q$$

$$q = \frac{m}{k} = \frac{m \cdot e \cdot n \cdot N_A}{M}$$

Решение:

$$q = 840 \cdot 10^{-6} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 2 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} / 0,056 = 2880 \text{ Кл.}$$

Ответ: $q = 2880$ Кл.

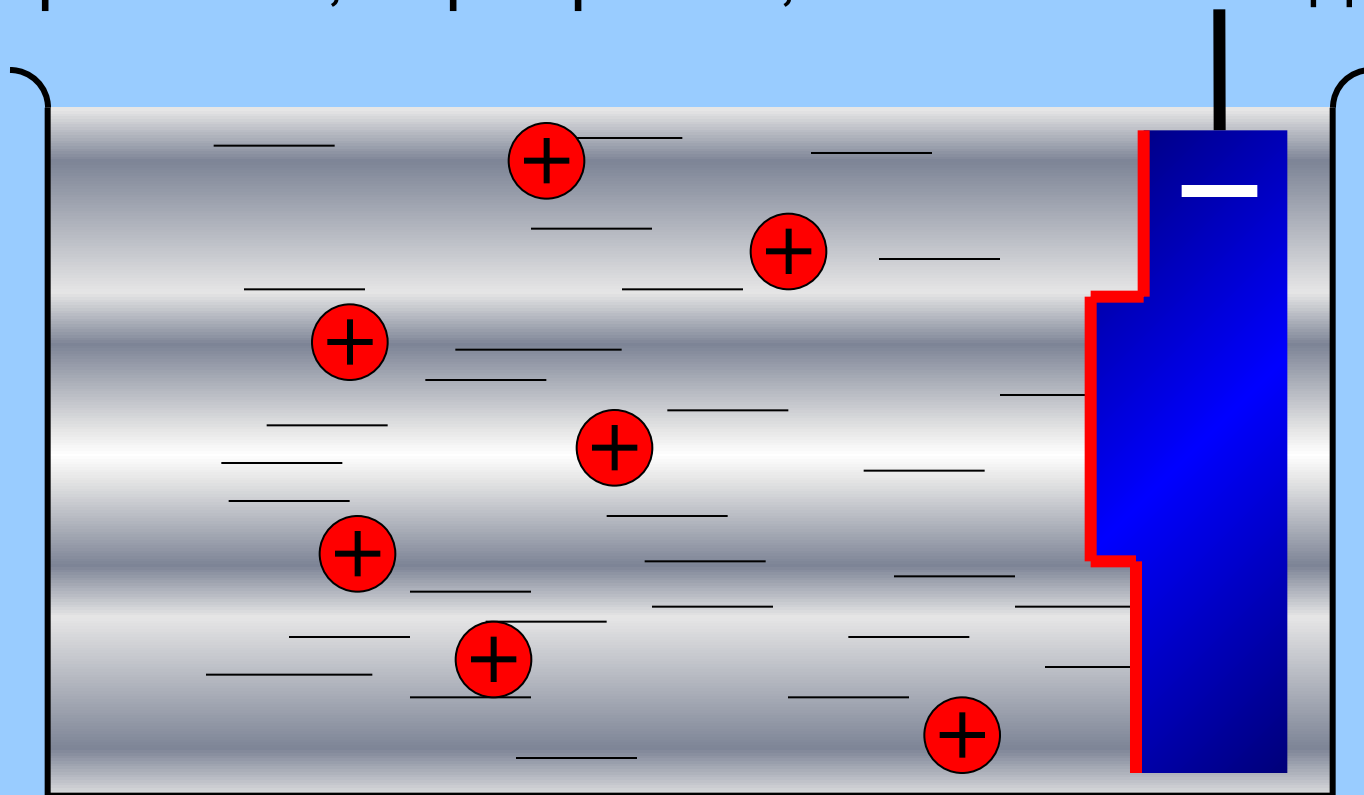
Применение электролиза в технике

Применение электролиза в технике

1. Гальваностегия
2. Гальванопластика
3. Получение и очистка металлов

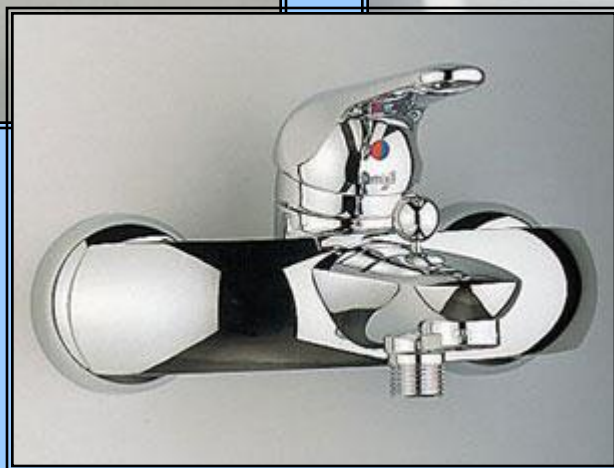
Применение электролиза в технике

1. **Гальваностегия** – покрытие изделий тонким слоем другого металла (никелирование, хромирование, серебрение, золочение и т.д.)



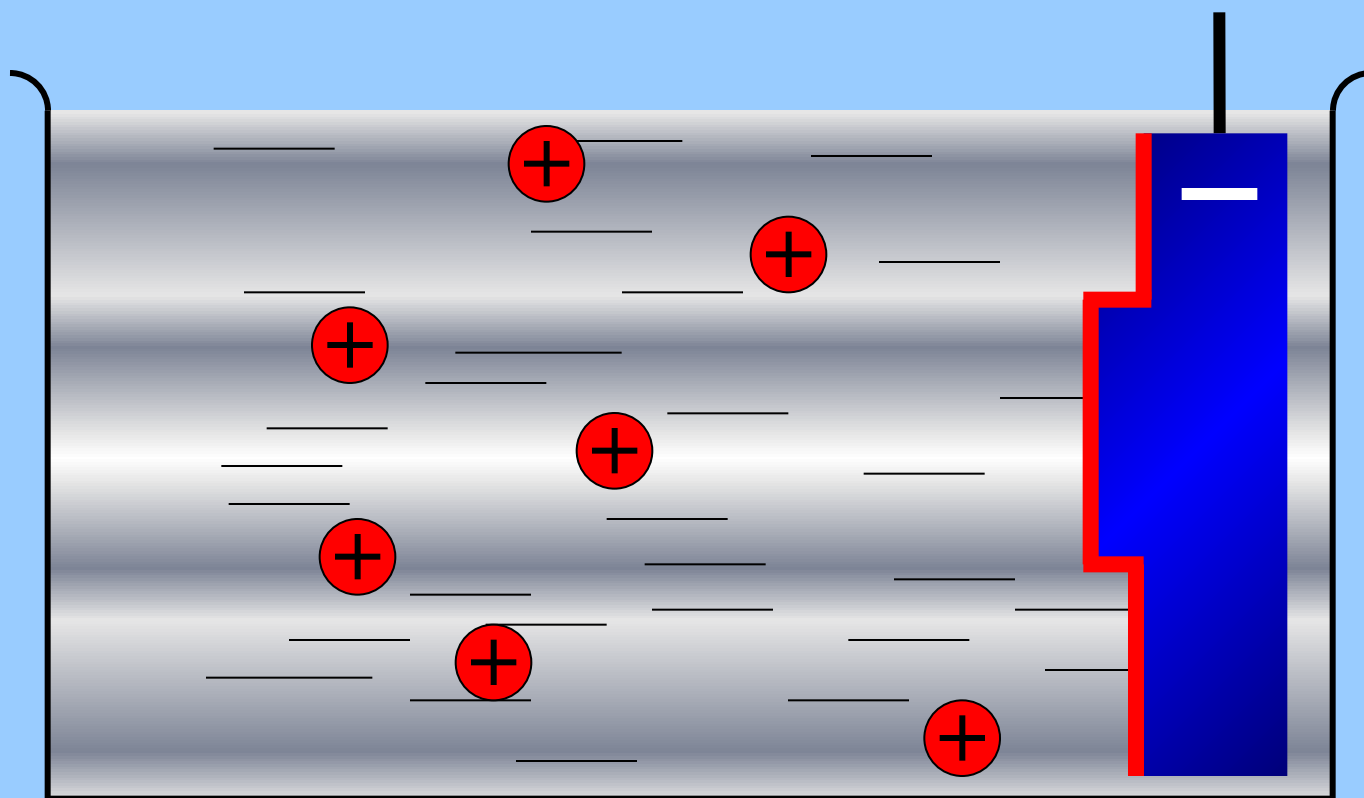
Применение электролиза в технике

1. Гальваностегия – покрытие изделий тонким слоем другого металла (никелирование, хромирование, серебрение, золочение и т.д.)



Применение электролиза в технике

2. Гальванопластика – электролитическое изготовление копий с рельефных предметов



Применение электролиза в технике

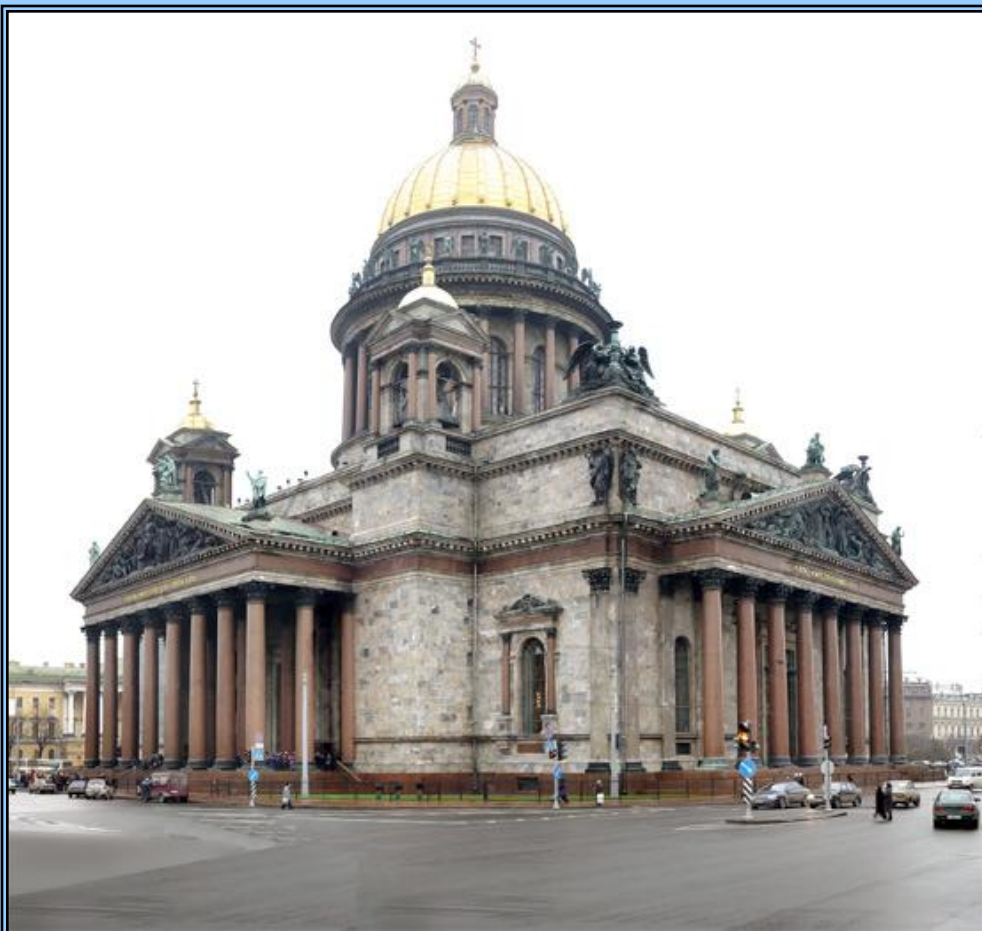
2. Гальванопластика – электролитическое изготовление копий с рельефных предметов



Якоби Борис Семенович (1801-1874) –
изобретатель процесса гальванопластики

Применение электролиза в технике

2. Гальванопластика – электролитическое изготовление копий с рельефных предметов



Исаакиевский собор,
Санкт-Петербург

Применение электролиза в технике

2. Гальванопластика – электролитическое изготовление копий с рельефных предметов



Применение электролиза в технике

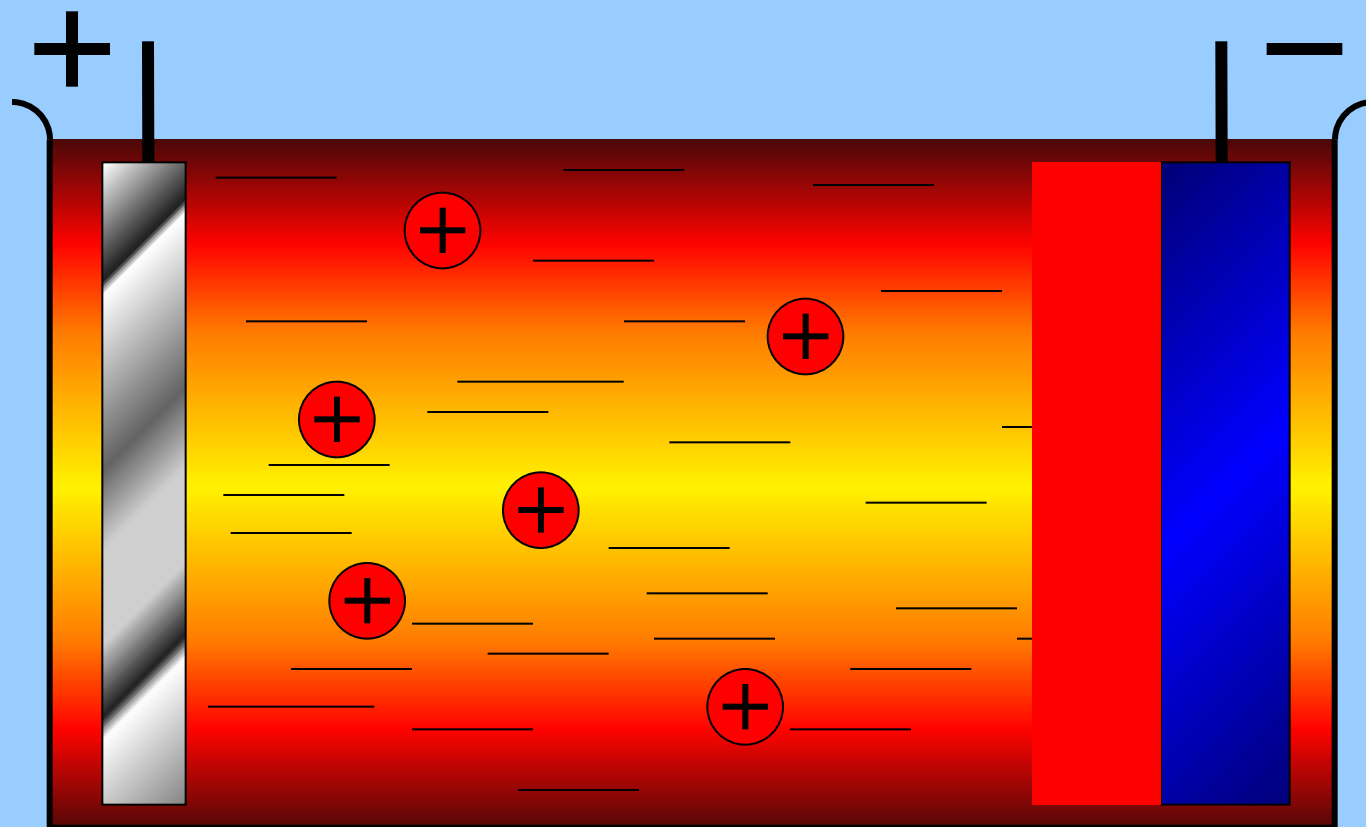
3. Получение и очистка металлов

Получение металлов обычно осуществляется электролизом расплавов с выделением получаемого металла на катоде

Очистка металлов осуществляется электролитическим растворением анода из загрязненного металла, на катоде выделяется чистый металл, а примеси выпадают в осадок

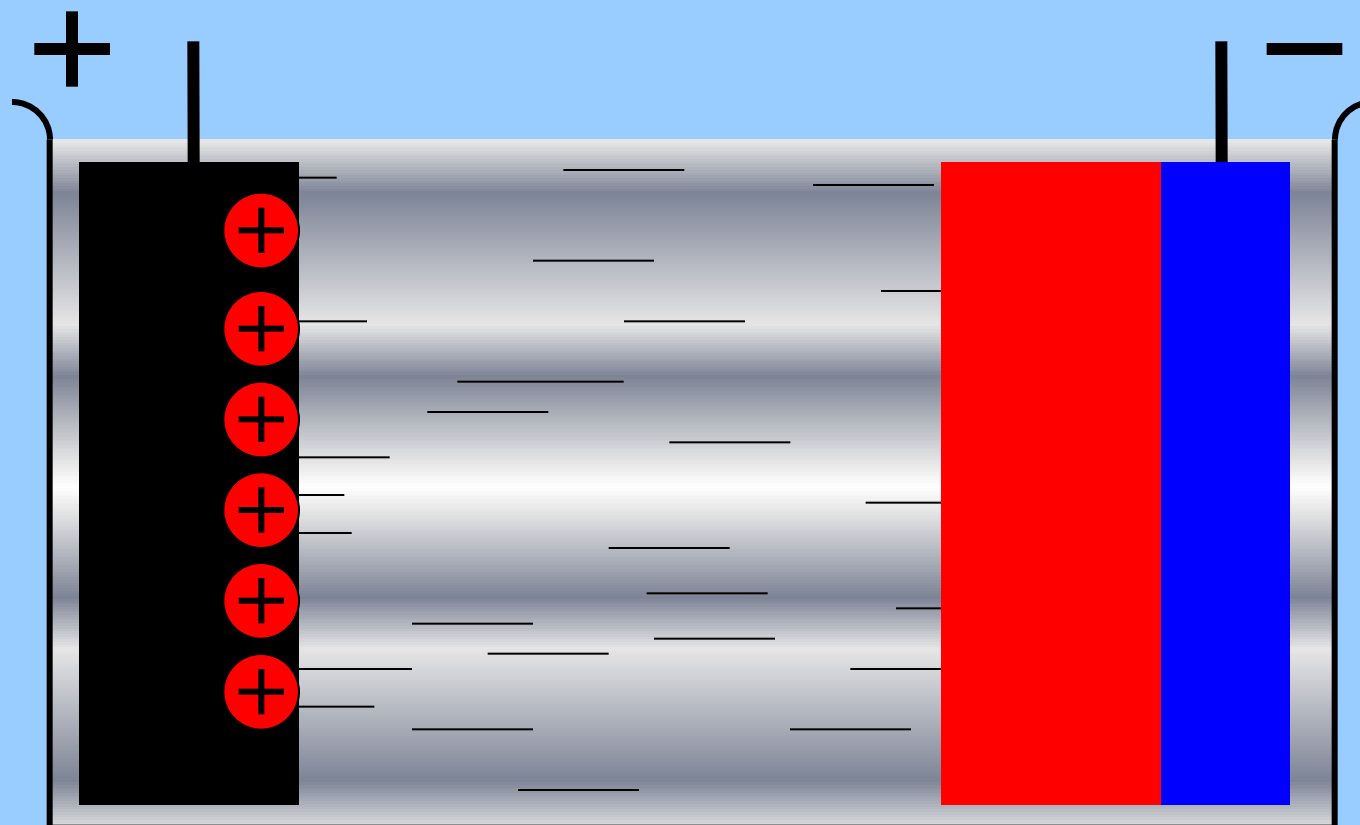
Применение электролиза в технике

3. Получение и очистка металлов



Применение электролиза в технике

3. Получение и очистка металлов



Применение электролиза в технике

3. Получение и очистка металлов

Рафинирование меди



Получение алюминия

