



*ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В
РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ.*

*Электрический
ток
в среде*

```
graph TD; A[Электрический ток в среде] --- B[Проводники]; A --- C[Полупроводники]; A --- D[Диэлектрики];
```

Проводники

Полупроводники

Диэлектрики

Классификация веществ по отношению к электрическому току.

- Химическая принадлежность.
- Носители электрического заряда, обуславливающие электрический ток.
- Вольтамперная характеристика (ВАХ).
Основные законы тока.
- Зависимость сопротивления от температуры.
- Особые явления, наблюдаемые при прохождении (протекании) электрического тока.

Таблица.

Критерия для сравнения	Проводники		Полупроводники	Диэлектрики
1 вещество				
2 носители				
3 ВАХ				
4 сопротивление				
5 особенности				

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА

ПЕРИОДЫ	Г Р У П П Ы								Э Л Е М Е Н Т О В							
	I	II		III	IV		V	VI	VII		VIII					
1	H 1 1,008									(H)				2 4,003	He	
2	Li 3 6,94	Be 4 9,01	5 10,81	B 6 12,01	C 7 14,01	N 8 16,0	O 9 19,0	F 10 20,18								Ne
3	Na 11 22,99	Mg 12 24,3	13 26,98	Al 14 28,09	Si 15 30,97	P 16 32,06	S 17 35,45	Cl 18 39,95								Ar
4	K 19 39,10	Ca 20 40,1	Sc 21 44,96	Ti 22 47,9	V 23 50,9	Cr 24 52,0	Mn 25 54,94	Fe 26 55,85	Co 27 58,93	Ni 28 58,71						
	29 63,55	Cu 30 65,4	Zn 31 69,7	Ga 32 72,59	Ge 33 74,92	As 34 78,96	Se 35 79,9								36 83,80	Kr
5	Rb 37 85,47	Sr 38 87,6	Y 39 88,9	Zr 40 91,2	Nb 41 92,9	Mo 42 95,94	Tc 43 (99)	Ru 44 101,1	Rh 45 102,9	Pd 46 106,4						
	47 107,9	Ag 48 112,4	Cd 49 114,8	In 50 118,7	Sn 51 121,75	Sb 52 127,6	Te 53 126,9								54 131,3	Xe
6	Cs 55 132,9	Ba 56 137,3	* La 57 138,9	Hf 72 178,5	Ta 73 180,9	W 74 183,8	Re 75 186,2	Os 76 190,2	Ir 77 192,2	Pt 78 195,1						
	79 196,9	Au 80 200,6	Hg 81 204,4	Tl 82 207,2	Pb 83 208,9	Bi 84 (210)	Po 85 (210)								86 (222)	Rn
7	Fr 87 (223)	Ra 88 (226)	** Ac 89 (227)	Rf 104 (261)	Db 105 (262)	Sg 106 (263)	Bh 107 (264)	Hs 108 (269)	Mt 109 (266)							

* ЛАНТАНОИДЫ

** АКТИНОИДЫ

58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

Электронная теория металлов (проводники первого рода).

- Движение электронов подчиняются законам динамики Ньютона.
- Электроны и ионы кристаллической решетки взаимодействуют путем упругого соударения.
- Электроны моделируются как идеальный газ.



$$F = q_e E = ma \Rightarrow a = \frac{q_e E}{m} = \frac{v_{\max} - v_0}{t} \Rightarrow$$

$$v_{\max} = \frac{q_e E}{m} \bar{t}$$

$$\langle v \rangle = \bar{v} = \frac{v_{\max}}{2} = \frac{q_e E}{2m} \bar{t}$$

$$\bar{t} = \frac{\bar{l}}{v_T}$$

$$\langle v \rangle = \frac{q_e E \bar{l}}{2m v_T} = bE \Rightarrow b = \frac{q_e \bar{l}}{2m v_T}$$

$$i = \frac{I}{S} = q_e n \bar{v} = q_e n \frac{q_e \bar{l} E}{2m v_T} = \frac{n q_e^2 \bar{l}}{2m v_T} E$$

$$I \approx i, U \approx E \Rightarrow I = \lambda U$$

$$\lambda = \frac{n q_e^2 \bar{l}}{2m v_T} = n q_e b$$

$$i = \lambda E$$

Закон Ома в интегральной форме.

$$I = \int_S i dS = iS$$

$$U = \varphi_1 - \varphi_2 = \oint_l E dl = El$$

$$i = \lambda E$$

$$\frac{I}{S} = \lambda \frac{U}{l} \Rightarrow I = \frac{\lambda S}{l} U$$

$$\lambda = \frac{nq_e^2 \bar{l}}{2m\nu_T} = \frac{1}{\rho}$$

$$I = \frac{S}{\rho l} U \Rightarrow R = \frac{\rho l}{S}$$

$$I = \frac{U}{R}$$

Обобщенный закон Ома.

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$$

Сопротивление проводника.

Проводник имеет сопротивление 1 Ом, если при разности потенциалов 1В сила тока в нем 1 А.

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

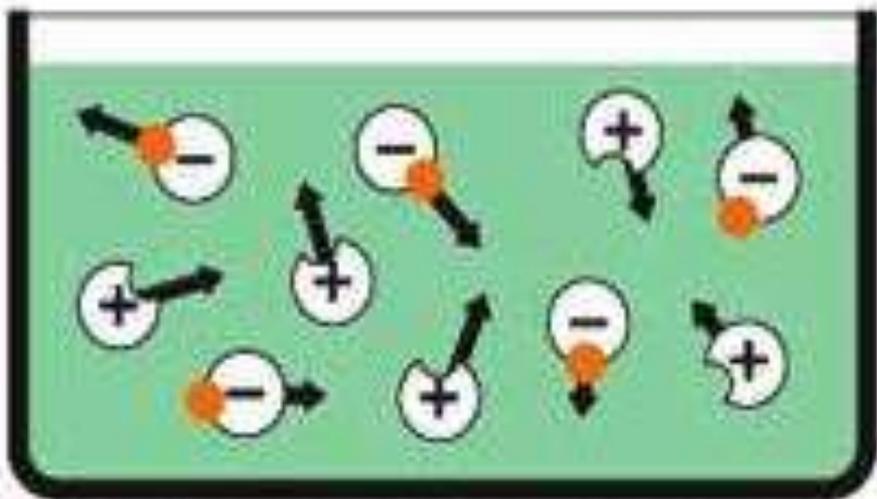
$$\alpha \approx \frac{1}{273} \text{ K}^{-1}$$

В 1911 г. голландский физик Камерлинг-Оннес открыл явление – **сверхпроводимость.**

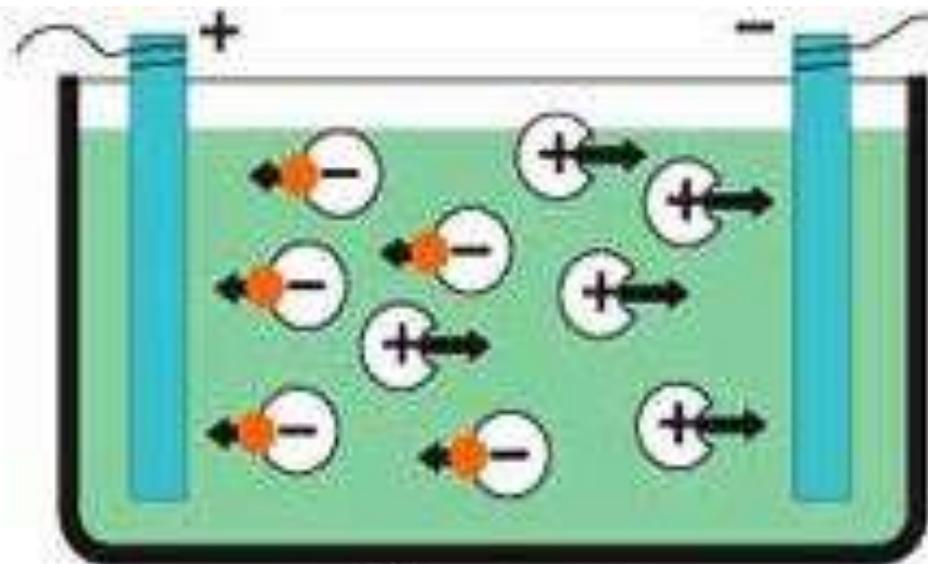
Проводники второго рода.

Электролиты: кислоты, щелочи и соли.

Электросплавы: расплавленный селен, расплавы сульфидов, стекло при высокой температуре.



Электролитическая диссоциация



Электролиз

Закон Ома для электролитов и электросплавов.

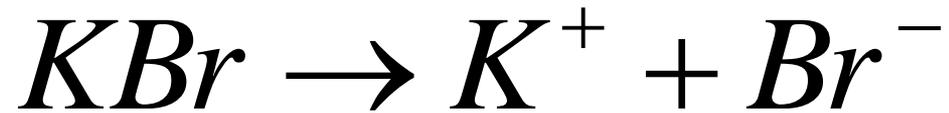
$$i = q_e n (b_+ + b_-) E$$

b_+ – подвижность положительных ионов

b_- – подвижность отрицательных ионов

Закон электролиза.

- **Электролиз** – процесс выделения на электродах веществ, связанный с окислительно-восстановительными реакциями.



Закон Фарадея.

Масса вещества, выделившегося на электроде за время Δt при прохождении электрического тока, пропорциональна силе тока и времени.

$$m = kI\Delta t = kq$$

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

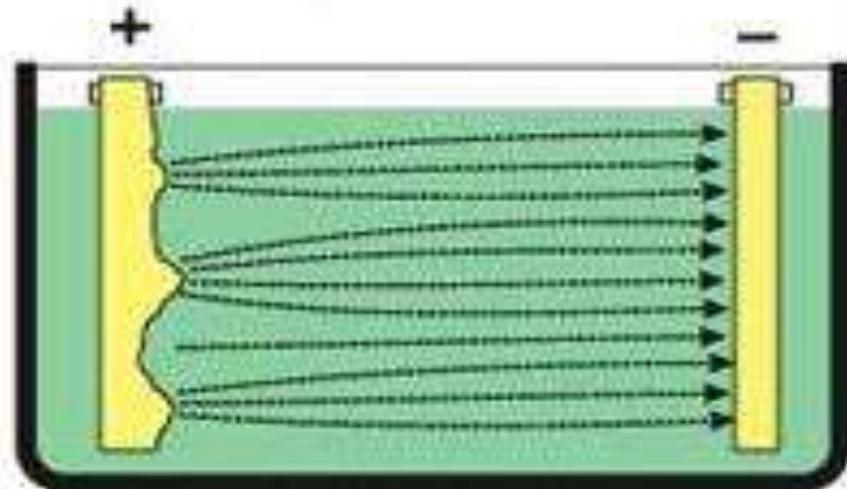
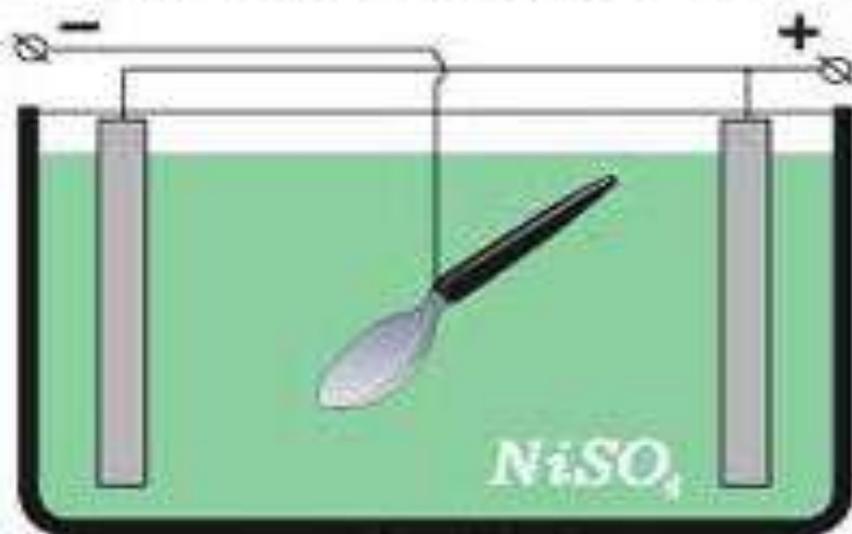
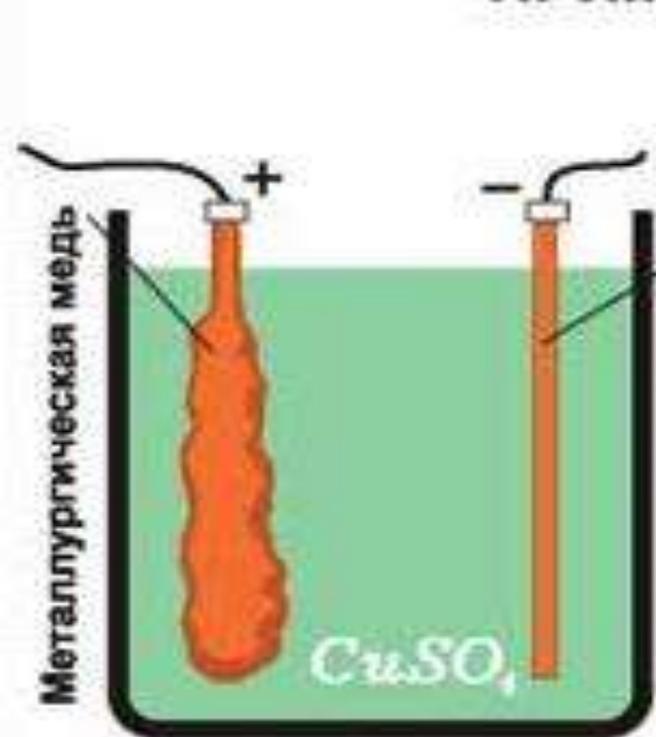
Заряд электрона.

В 1874 году было впервые получено значение элементарного электрического заряда.

$$e = \frac{\mu}{mnN_A} I \Delta t$$

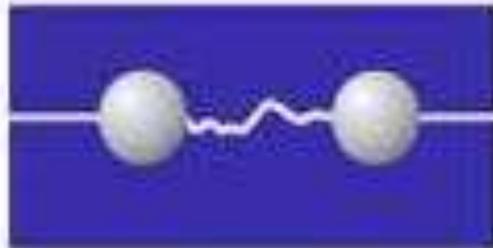
$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОЛИЗА



ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В ГАЗАХ – РАЗРЯД.

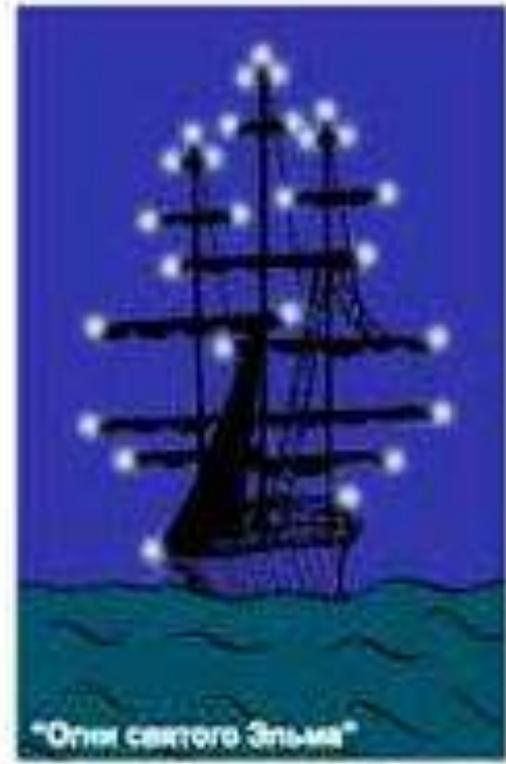
ВИДЫ РАЗРЯДОВ В ГАЗАХ



искровой



дуговой



коронный

Механизм возникновения зарядов в газе.

Ионизация –
образование
положительных и
отрицательных
ионов и электронов из
электрически нейтральных
атомов и молекул.

Ударная ионизация

Фотоионизация

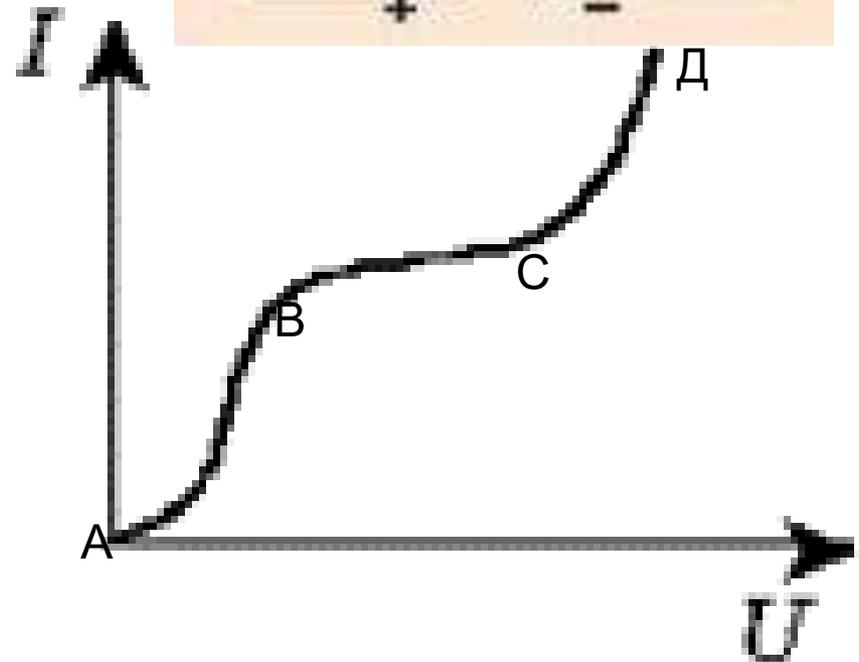
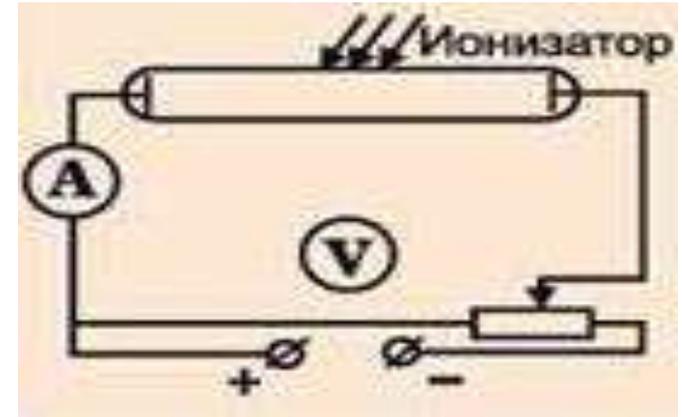
Термическая
ионизация

ВАХ газового разряда.

АВ – линейный участок
отвечающий закону
Ома.

ВС –
несамостоятельный
разряд, с током
насыщением.

СД – самостоятельный
разряд.



Законы тока в газе.

$$i_{нас} = qnd$$

n – число пар ионов

d – расстояние между электродами

$$I_A = BU^{\frac{3}{2}} \text{ – закон Богуславского – Легмяра}$$

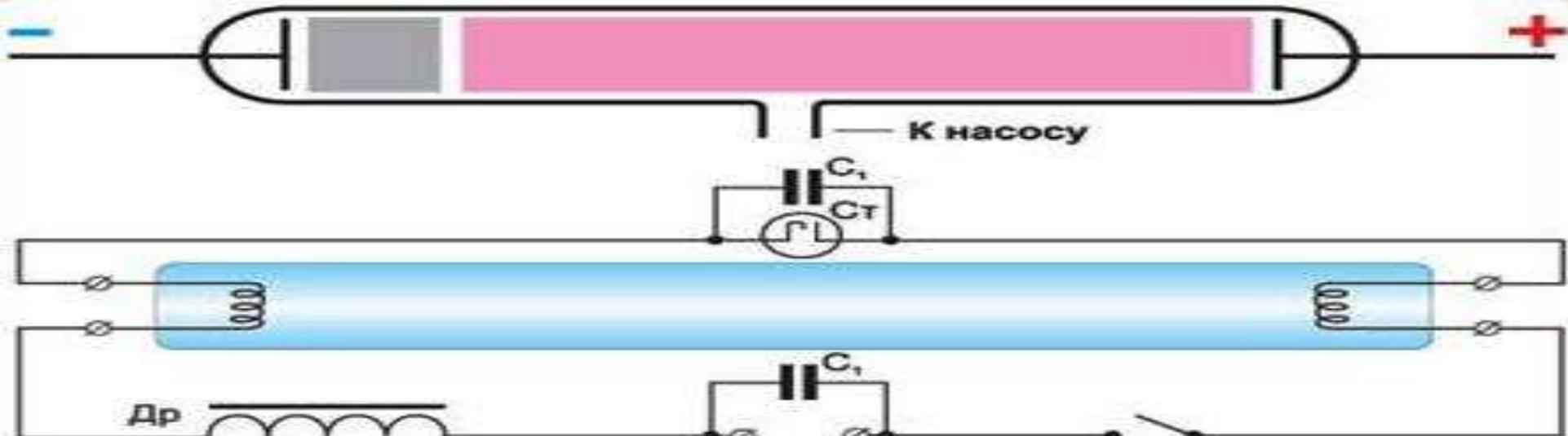
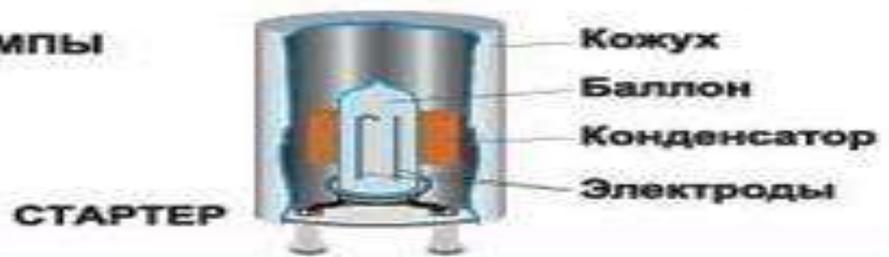


СХЕМА ВКЛЮЧЕНИЯ ЛЮМИНЕСЦЕНТНОЙ ЛАМПЫ



ЛЮМИНЕСЦЕНТНАЯ ЛАМПА

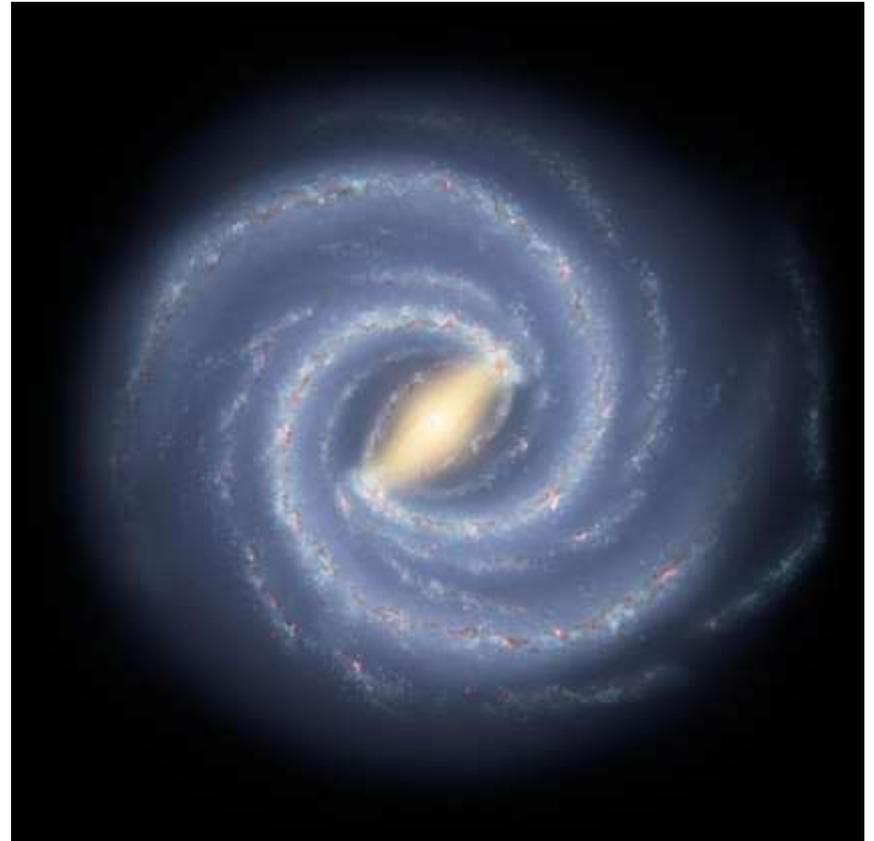


ПРИМЕНЕНИЕ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА

Плазма.

Плазма – это частично или полностью ионизованный газ, в котором плотности положительных и отрицательных зарядов практически совпадают.

В состоянии плазмы находится подавляющая (около 99%) часть вещества Вселенной: от ионосферы (слой атмосферы на высоте 100-300 км) до Солнце.



Электрический ток в вакууме.

Вакуум – состояние заключенного в сосуд газа при давлении меньше атмосферного давления.

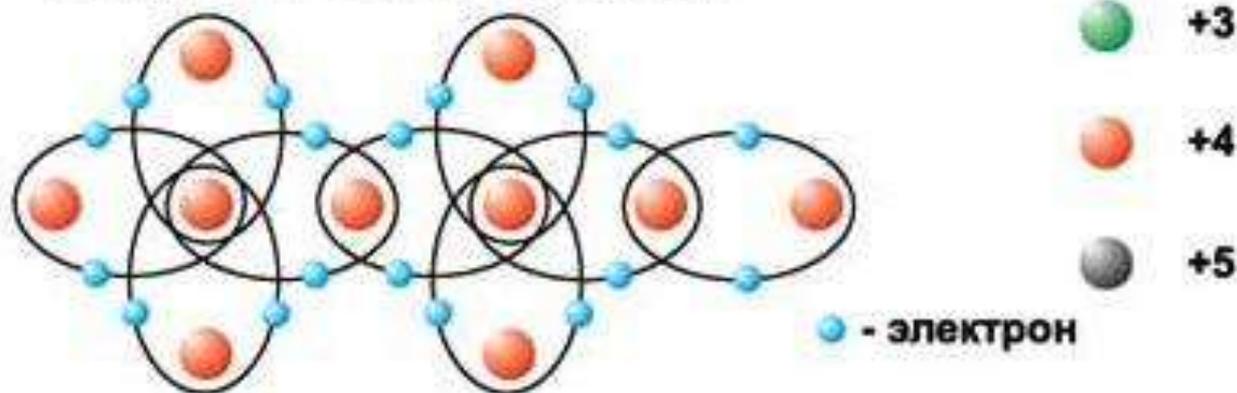
λ - длина свободного пробега.

L - линейные размеры сосуда.



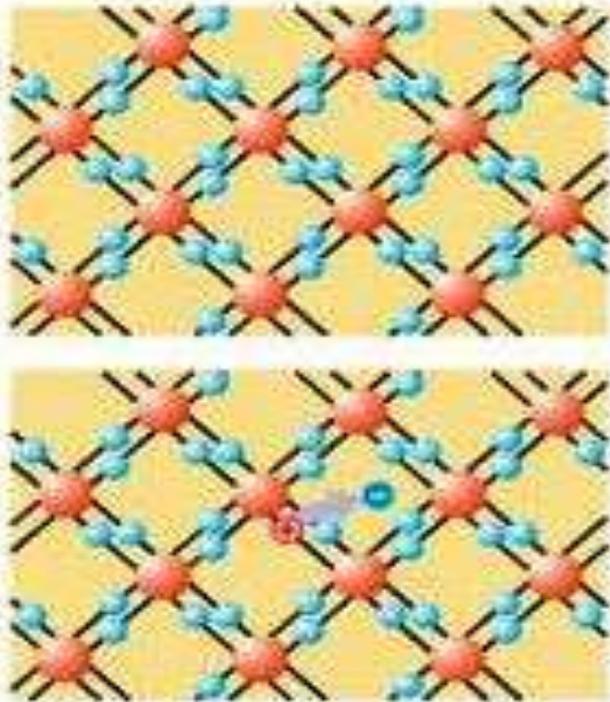
Полупроводники.

СХЕМА СТРОЕНИЯ КРЕМНИЯ

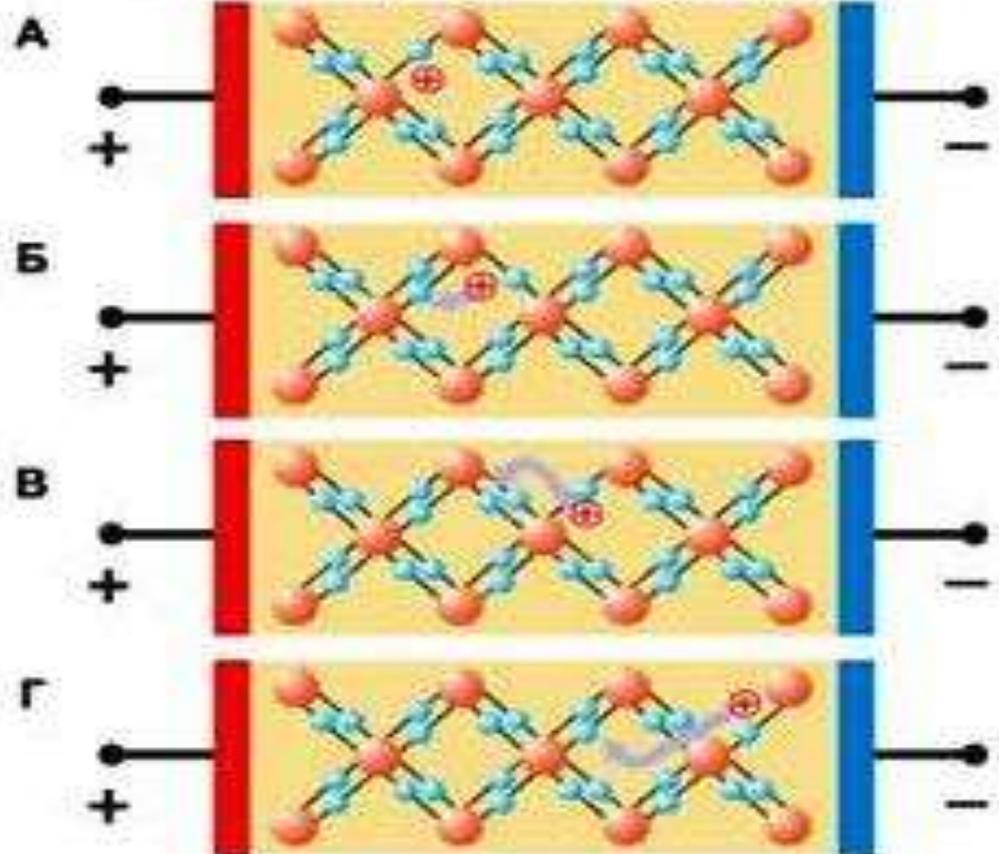


Чистые полупроводники обладают собственной электронно-дырочной проводимостью.

Механизм образования электронов и "дырок"



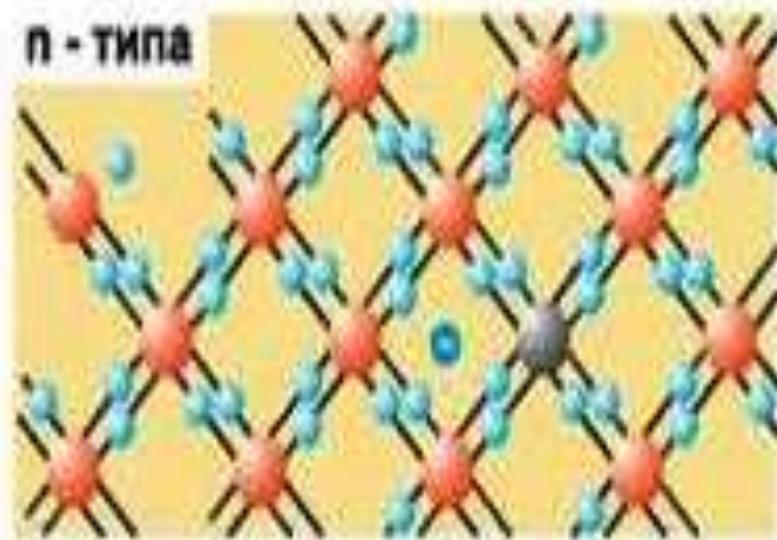
Механизм дырочной проводимости



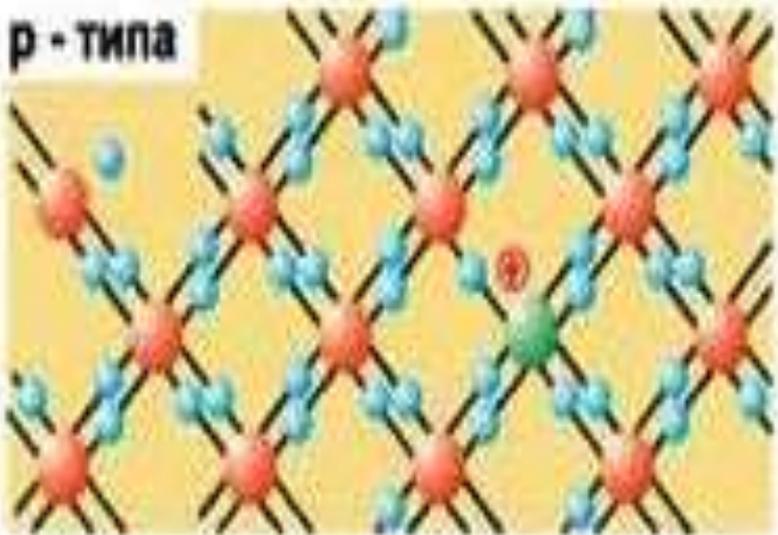
Существенная особенность полупроводников состоит в том, что в них при наличии примесей наряду с собственной проводимостью возникает дополнительная, **примесная проводимость**.

Донорные примесные полупроводники.

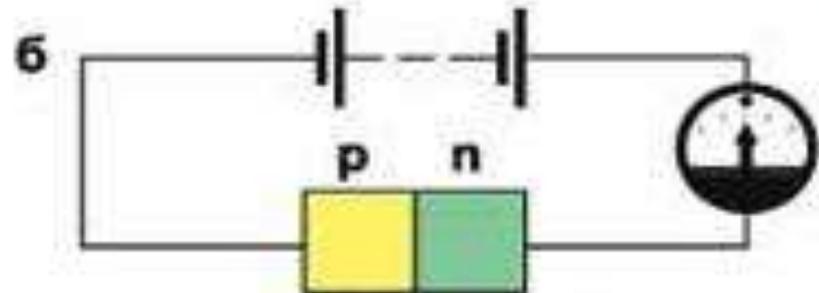
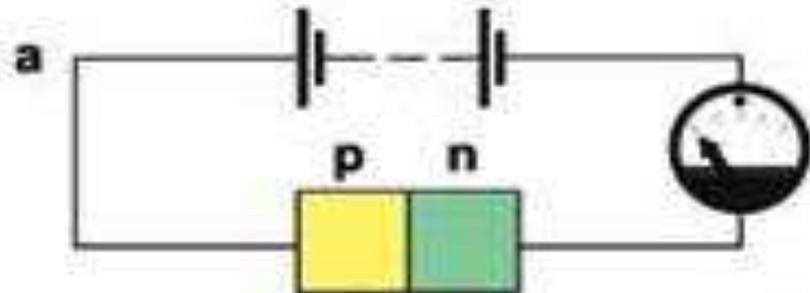
- Атомы примеси с большей валентностью, чем основных атомов полупроводника, называются **донорами**
- Доноры порождают **электронную проводимость типа (negativ)**.
- Ток обуславливается основными носителями электронами.



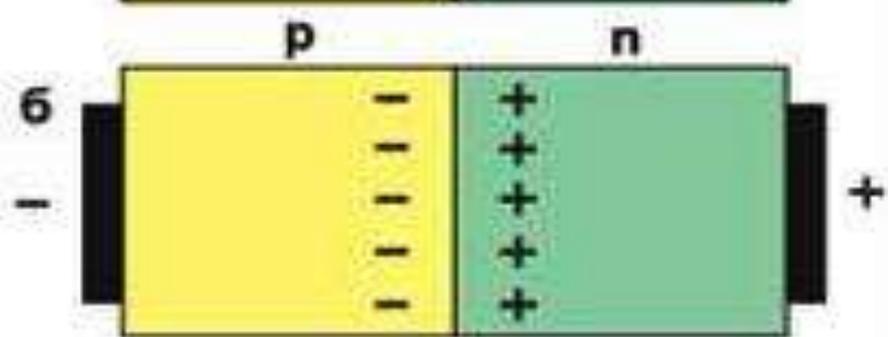
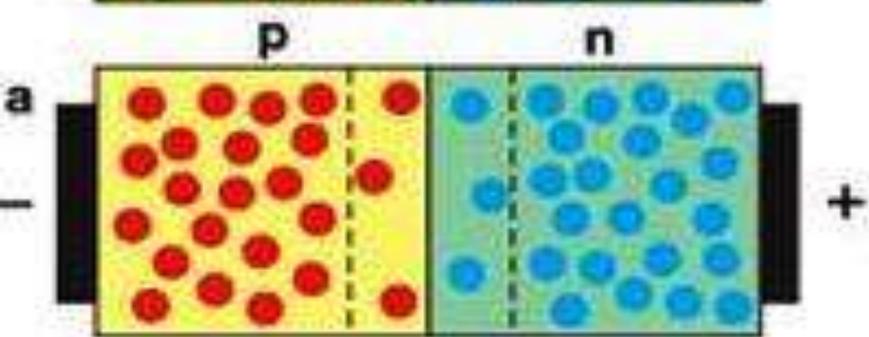
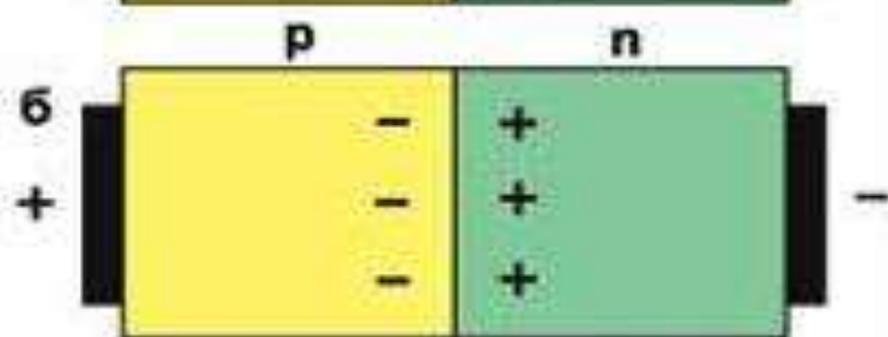
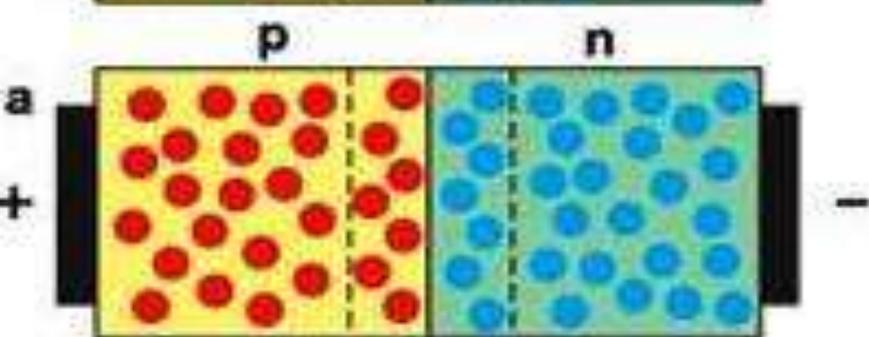
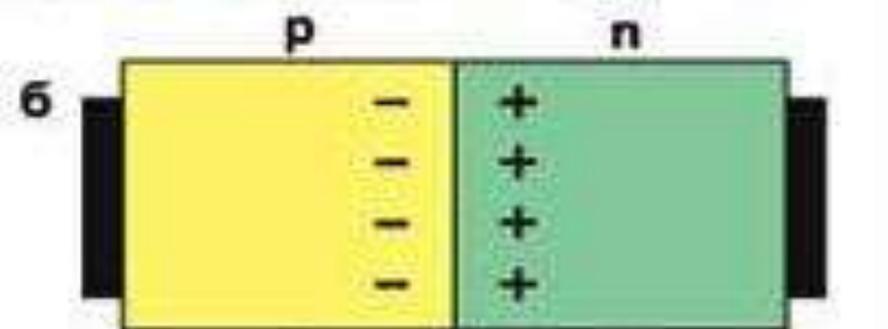
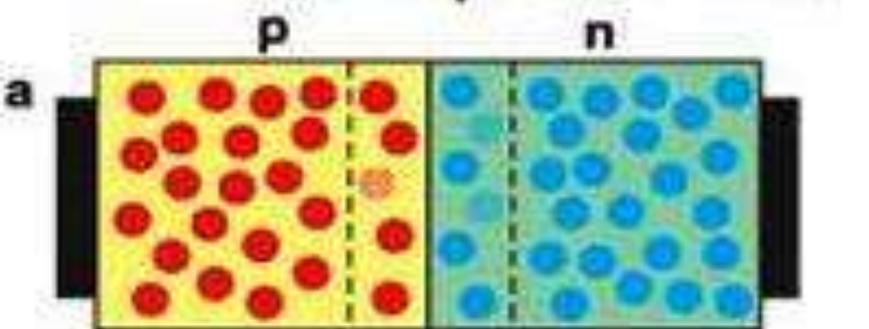
Акцепторные примесные полупроводники.



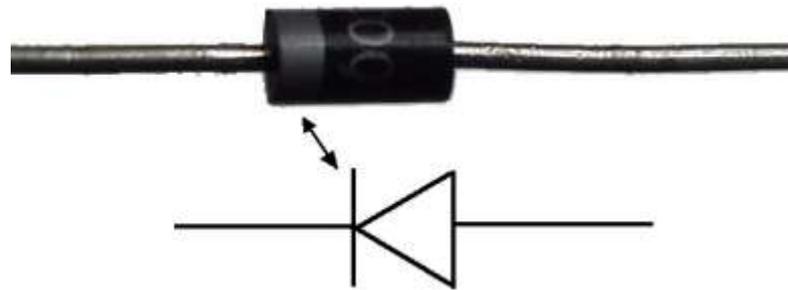
- Атомы примеси с меньшей валентностью, чем основных атомов полупроводника, называются **акцепторами**. Акцепторы порождают **дырочную проводимость р-типа** (positiv). Ток обуславливается основными носителями – «дырками».



ПРОЦЕССЫ В ПРИКОНТАКТНОМ СЛОЕ

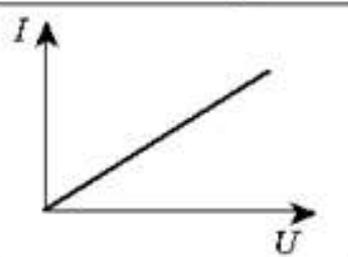
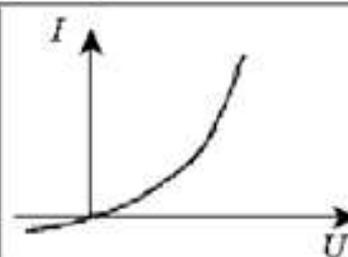
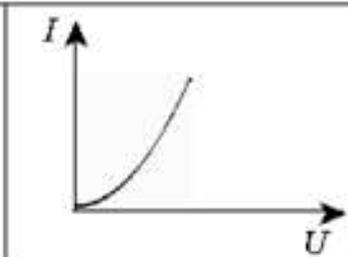
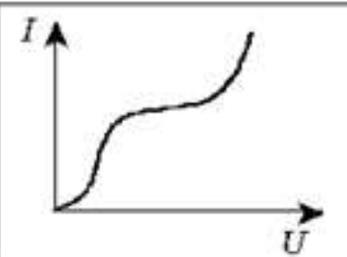
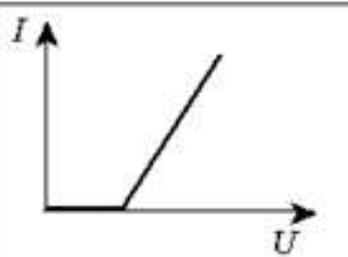
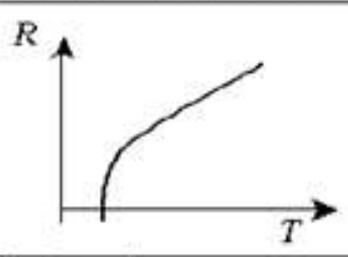
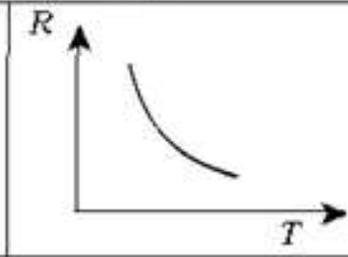
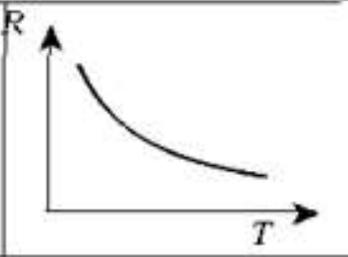
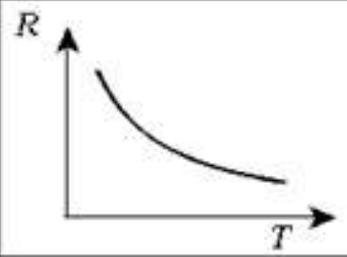
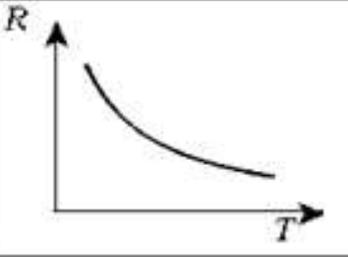


Полупроводниковые диоды – выпрямители.



p-n-переход обладает односторонней проводимостью. Это свойство используется в полупроводниковых диодах, применяемых для выпрямления переменного тока или детектирования.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В РАЗНЫХ СРЕДАХ

Металлы	Полупроводники	Вакуум	Газ	Жидкость
1. Носители				
Электроны	Электроны и дырки	Электроны	Ионы и электроны	Ионы
2. Способ образования носителей				
Обобществление валентных электронов	Разрыв ковалентных связей, внесение примеси	Термоэлектронная эмиссия	Ионизация и ударная ионизация	Электролитическая диссоциация
3. Вольт-амперная характеристика				
				
4. Зависимость от температуры				
				
5. Особенности протекания тока в среде				
Сверхпроводимость	Разнообразие приборов	Скорость движения электронов велика	Самостоятельный и несамостоятельный разряды, плазма	Перенос вещества
6. Применение в науке и технике				
Провода, проводники, нагревательные элементы	Диоды, транзисторы, микросхемы	Электронно-лучевая трубка, кинескоп	Коронный, искровой, дуговой и тлеющий разряды	Получение алюминия, гальваностегия, рафинирование меди