

# Материалы – прошлое, настоящее, будущее



## ЛЕКЦИЯ №8

**Ольга Владимировна Бойцова**

**Факультет наук о материалах  
МГУ им.М.В.Ломоносова**

**Москва - 2020**

# PERIODIC TABLE OF THE ELEMENTS

<http://www.ktf-split.hr/periodni/en/>

| GROUP  | 1                                  | 2                                   | 3                                   | 4                                       | 5                                  | 6                                    | 7                                   | 8                                   | 9                                    | 10                                  | 11                                   | 12                                  | 13                                 | 14                                     | 15                                 | 16                                  | 17                                | 18                               |
|--------|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| PERIOD | 1                                  | 2                                   | 3                                   | 4                                       | 5                                  | 6                                    | 7                                   | 8                                   | 9                                    | 10                                  | 11                                   | 12                                  | 13                                 | 14                                     | 15                                 | 16                                  | 17                                | 18                               |
| 1      | 1.0079<br><b>H</b><br>HYDROGEN     |                                     |                                     |                                         |                                    |                                      |                                     |                                     |                                      |                                     |                                      |                                     |                                    |                                        |                                    |                                     |                                   | 2 4.0026<br><b>He</b><br>HELIUM  |
| 2      | 3 6.941<br><b>Li</b><br>LITHIUM    | 4 9.0122<br><b>Be</b><br>BERYLLIUM  |                                     |                                         |                                    |                                      |                                     |                                     |                                      |                                     |                                      |                                     |                                    |                                        |                                    |                                     |                                   |                                  |
| 3      | 11 22.990<br><b>Na</b><br>SODIUM   | 12 24.305<br><b>Mg</b><br>MAGNESIUM |                                     |                                         |                                    |                                      |                                     |                                     |                                      |                                     |                                      |                                     |                                    |                                        |                                    |                                     |                                   |                                  |
| 4      | 19 39.098<br><b>K</b><br>POTASSIUM | 20 40.078<br><b>Ca</b><br>CALCIUM   | 21 44.956<br><b>Sc</b><br>SCANDIUM  | 22 47.867<br><b>Ti</b><br>TITANIUM      | 23 50.942<br><b>V</b><br>VANADIUM  | 24 51.996<br><b>Cr</b><br>CHROMIUM   | 25 54.938<br><b>Mn</b><br>MANGANESE | 26 55.845<br><b>Fe</b><br>IRON      | 27 58.933<br><b>Co</b><br>COBALT     | 28 58.693<br><b>Ni</b><br>NICKEL    | 29 63.546<br><b>Cu</b><br>COPPER     | 30 65.39<br><b>Zn</b><br>ZINC       | 31 69.723<br><b>Ga</b><br>GALLIUM  | 32 72.64<br><b>Ge</b><br>GERMANIUM     | 33 74.922<br><b>As</b><br>ARSENIC  | 34 78.96<br><b>Se</b><br>SELENIUM   | 35 79.904<br><b>Br</b><br>BROMINE | 36 83.80<br><b>Kr</b><br>KRYPTON |
| 5      | 37 85.468<br><b>Rb</b><br>RUBIDIUM | 38 87.62<br><b>Sr</b><br>STRONTIUM  | 39 88.906<br><b>Y</b><br>YTTRIUM    | 40 91.224<br><b>Zr</b><br>ZIRCONIUM     | 41 92.906<br><b>Nb</b><br>NIOBIUM  | 42 95.94<br><b>Mo</b><br>MOLYBDENUM  | 43 (98)<br><b>Tc</b><br>TECHNETIUM  | 44 101.07<br><b>Ru</b><br>RUTHENIUM | 45 102.91<br><b>Rh</b><br>RHODIUM    | 46 106.42<br><b>Pd</b><br>PALLADIUM | 47 107.87<br><b>Ag</b><br>SILVER     | 48 112.41<br><b>Cd</b><br>CADMIUM   | 49 114.82<br><b>In</b><br>INDIUM   | 50 118.71<br><b>Sn</b><br>TIN          | 51 121.76<br><b>Sb</b><br>ANTIMONY | 52 127.60<br><b>Te</b><br>TELLURIUM | 53 126.90<br><b>I</b><br>IODINE   | 54 131.29<br><b>Xe</b><br>XENON  |
| 6      | 55 132.91<br><b>Cs</b><br>CAESIUM  | 56 137.33<br><b>Ba</b><br>BARIUM    | 57-71<br><b>La-Lu</b><br>Lanthanide | 72 178.49<br><b>Hf</b><br>HAFNIUM       | 73 180.95<br><b>Ta</b><br>TANTALUM | 74 183.84<br><b>W</b><br>TUNGSTEN    | 75 186.21<br><b>Re</b><br>RHENIUM   | 76 190.23<br><b>Os</b><br>OSMIUM    | 77 192.22<br><b>Ir</b><br>IRIDIUM    | 78 195.08<br><b>Pt</b><br>PLATINUM  | 79 196.97<br><b>Au</b><br>GOLD       | 80 200.59<br><b>Hg</b><br>MERCURY   | 81 204.38<br><b>Tl</b><br>THALLIUM | 82 207.2<br><b>Pb</b><br>LEAD          | 83 208.98<br><b>Bi</b><br>BISMUTH  | 84 (209)<br><b>Po</b><br>POLONIUM   | 85 (210)<br><b>At</b><br>ASTATINE | 86 (222)<br><b>Rn</b><br>RADON   |
| 7      | 87 (223)<br><b>Fr</b><br>FRANCIUM  | 88 (226)<br><b>Ra</b><br>RADIUM     | 89-103<br><b>Ac-Lr</b><br>Actinide  | 104 (261)<br><b>Rf</b><br>RUTHERFORDIUM | 105 (262)<br><b>Db</b><br>DUBNIUM  | 106 (266)<br><b>Sg</b><br>SEABORGIUM | 107 (264)<br><b>Bh</b><br>BOHRNIUM  | 108 (277)<br><b>Hs</b><br>HASSIUM   | 109 (268)<br><b>Mt</b><br>MEITNERIUM | 110 (281)<br><b>Uun</b><br>UNUNNIUM | 111 (272)<br><b>Uuu</b><br>UNUNUNIUM | 112 (285)<br><b>Uub</b><br>UNUNBIUM |                                    | 114 (289)<br><b>Uuq</b><br>UNUNQUADIUM |                                    |                                     |                                   |                                  |

d-элементы

p-элементы

s-элементы

f-элементы

(1) Pure Appl. Chem., 73, No. 4, 667-683 (2001)  
Relative atomic mass is shown with five significant figures. For elements having no stable nuclides, the value enclosed in brackets indicates the mass number of the longest-lived isotope of the element.

However three such elements (Th, Pa, and U) do have a characteristic terrestrial isotopic composition, and for these an atomic weight is tabulated.

Editor: Aditya Vardhan (adivar@netlinx.com)

| LANTHANIDE                          |                                   |                                        |                                     |                                     |                                    |                                    |                                      |                                    |                                      |                                      |                                   |                                       |                                     | I-ЭЛЕМЕНТЫ                           |  |  |  |  |  |  | Copyright © 1998-2003 EniG. (eni@ktf-split.hr) |  |  |  |  |  |  |
|-------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--|--|--|--|--|--|------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|
| 57 138.91<br><b>La</b><br>LANTHANUM | 58 140.12<br><b>Ce</b><br>CERIUM  | 59 140.91<br><b>Pr</b><br>PRASEODYMIUM | 60 144.24<br><b>Nd</b><br>NEODYMIUM | 61 (145)<br><b>Pm</b><br>PROMETHIUM | 62 150.36<br><b>Sm</b><br>SAMARIUM | 63 151.96<br><b>Eu</b><br>EUROPIUM | 64 157.25<br><b>Gd</b><br>GADOLINIUM | 65 158.93<br><b>Tb</b><br>TERBIUM  | 66 162.50<br><b>Dy</b><br>DYSPROSIUM | 67 164.93<br><b>Ho</b><br>HOLMIUM    | 68 167.26<br><b>Er</b><br>ERBIUM  | 69 168.93<br><b>Tm</b><br>THULIUM     | 70 173.04<br><b>Yb</b><br>YTTERBIUM | 71 174.97<br><b>Lu</b><br>LUTETIUM   |  |  |  |  |  |  |                                                |  |  |  |  |  |  |
| ACTINIDE                            |                                   |                                        |                                     |                                     |                                    |                                    |                                      |                                    |                                      |                                      |                                   |                                       |                                     |                                      |  |  |  |  |  |  |                                                |  |  |  |  |  |  |
| 89 (227)<br><b>Ac</b><br>ACTINIUM   | 90 232.04<br><b>Th</b><br>THORIUM | 91 231.04<br><b>Pa</b><br>PROTACTINIUM | 92 238.03<br><b>U</b><br>URANIUM    | 93 (237)<br><b>Np</b><br>NEPTUNIUM  | 94 (244)<br><b>Pu</b><br>PLUTONIUM | 95 (243)<br><b>Am</b><br>AMERICIUM | 96 (247)<br><b>Cm</b><br>CURIUM      | 97 (247)<br><b>Bk</b><br>BERKELIUM | 98 (251)<br><b>Cf</b><br>CALIFORNIUM | 99 (252)<br><b>Es</b><br>EINSTEINIUM | 100 (257)<br><b>Fm</b><br>FERMIUM | 101 (258)<br><b>Md</b><br>MENDELEVIUM | 102 (259)<br><b>No</b><br>NOBELIUM  | 103 (262)<br><b>Lr</b><br>LAWRENCIUM |  |  |  |  |  |  |                                                |  |  |  |  |  |  |



**The Elements**

1 Hydrogen  
2 Helium  
3 Lithium  
4 Beryllium  
5 Boron  
6 Carbon  
7 Nitrogen  
8 Oxygen  
9 Fluorine  
10 Neon  
11 Sodium  
12 Magnesium  
13 Aluminum  
14 Silicon  
15 Phosphorus  
16 Sulfur  
17 Chlorine  
18 Argon  
19 Potassium  
20 Calcium  
21 Scandium  
22 Titanium  
23 Vanadium  
24 Chromium  
25 Manganese  
26 Iron  
27 Cobalt  
28 Nickel  
29 Copper  
30 Zinc  
31 Gallium  
32 Germanium  
33 Arsenic  
34 Selenium  
35 Bromine  
36 Krypton  
37 Rubidium  
38 Strontium  
39 Yttrium  
40 Zirconium  
41 Niobium  
42 Molybdenum  
43 Technetium  
44 Ruthenium  
45 Rhodium  
46 Palladium  
47 Silver  
48 Cadmium  
49 Indium  
50 Tin  
51 Antimony  
52 Tellurium  
53 Iodine  
54 Xenon  
55 Cesium  
56 Barium  
57 Lanthanum  
58 Cerium  
59 Praseodymium  
60 Neodymium  
61 Promethium  
62 Samarium  
63 Europium  
64 Gadolinium  
65 Terbium  
66 Dysprosium  
67 Holmium  
68 Erbium  
69 Thulium  
70 Ytterbium  
71 Lutetium  
72 Hafnium  
73 Tantalum  
74 Tungsten  
75 Rhenium  
76 Osmium  
77 Iridium  
78 Platinum  
79 Gold  
80 Mercury  
81 Thallium  
82 Lead  
83 Bismuth  
84 Polonium  
85 Astatine  
86 Radon  
87 Francium  
88 Radium  
89 Actinium  
90 Thorium  
91 Protactinium  
92 Uranium  
93 Neptunium  
94 Plutonium  
95 Americium  
96 Curium  
97 Berkelium  
98 Californium  
99 Einsteinium  
100 Fermium  
101 Mendelevium  
102 Nobelium  
103 Lawrencium  
104 Rutherfordium  
105 Dubnium  
106 Seaborgium  
107 Bohrium  
108 Hassium  
109 Meitnerium  
110 Darmstadtium  
111 Roentgenium  
112 Ununbium  
113 Ununtrium  
114 Ununquadium  
115 Ununpentium  
116 Ununhexium  
117 Ununseptium  
118 Ununoctium

Radioactive elements

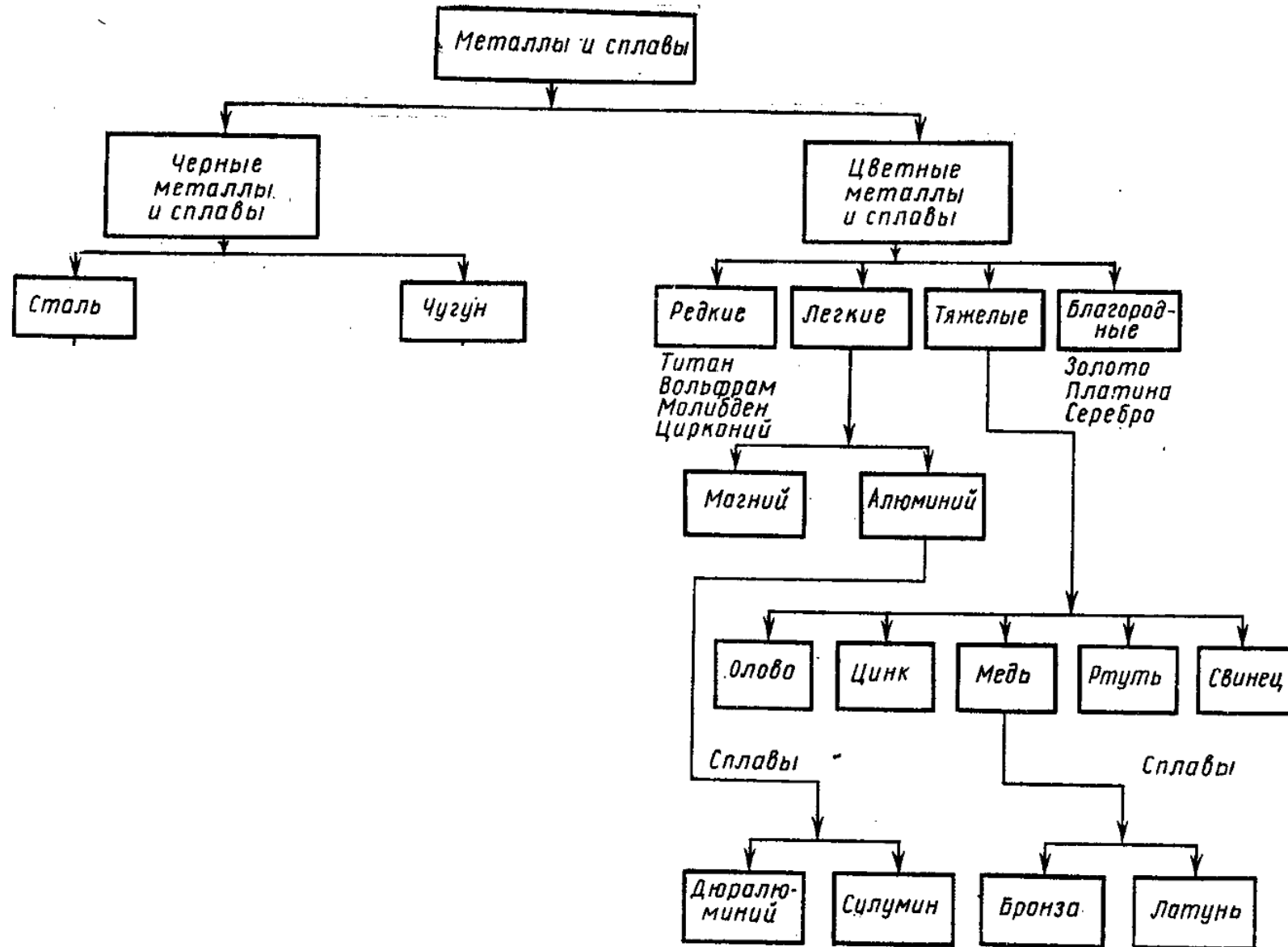
Photographs show samples of the pure or nearly pure element stored in the following: Al, Fe, Cu, Pt, and Au show reflective surfaces; K, Rb, Cs, and Fr show metallic luster; Na, Li, and Be show silvery metallic luster; Hg shows a silvery metallic luster; Po, Ra, and Am show artificial objects containing invisible amounts of the element. Technetium shows a 50-50 ratio of the element. Hydrogen shows a blue gas; Helium shows a blue gas; Neon shows a red gas; Argon shows a yellow gas; Krypton shows a yellow gas; Xenon shows a yellow gas; Francium shows a yellow gas; Radium shows a yellow gas; Actinium shows a yellow gas; Protactinium shows a yellow gas; Uranium shows a yellow gas; Neptunium shows a yellow gas; Plutonium shows a yellow gas; Americium shows a yellow gas; Curium shows a yellow gas; Berkelium shows a yellow gas; Californium shows a yellow gas; Einsteinium shows a yellow gas; Fermium shows a yellow gas; Mendelevium shows a yellow gas; Nobelium shows a yellow gas; Lawrencium shows a yellow gas.

Poster Copyright © 2006 Theodore W. Gray. All rights reserved.

Other uses of this poster: periodictable.com

Real samples like these: element-collection.com

# Классификация металлов и сплавов



# Металлы

Сопротивление металлов (Ом·м) · 10<sup>-8</sup>

|    |     |    |      |
|----|-----|----|------|
| Ag | 1.6 | Fe | 9.7  |
| Cu | 1.7 | Sn | 12.8 |
| Au | 2.3 | Pb | 20.6 |
| Al | 2.7 | U  | 29   |
| Mg | 4.4 | Zr | 41   |
| W  | 5.5 | Mn | 44   |
| Zn | 5.9 | Ti | 55   |
| Co | 6.2 | La | 59   |
| Ni | 6.8 | Ce | 78   |

Сопротивление металлов **увеличивается** при нагревании  
(подвижность носителей уменьшается под действием  
колебаний решетки)

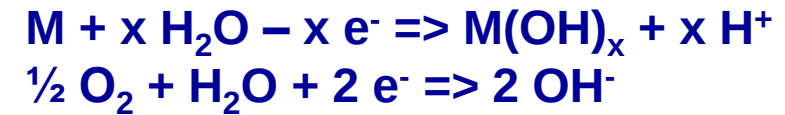
# Коррозия

взаимодействие с веществом окружающей среды, ухудшающее свойства материала

Химическая



Электрохимическая



коррозия

почвенная

атмосферная

кислотная

щелочная

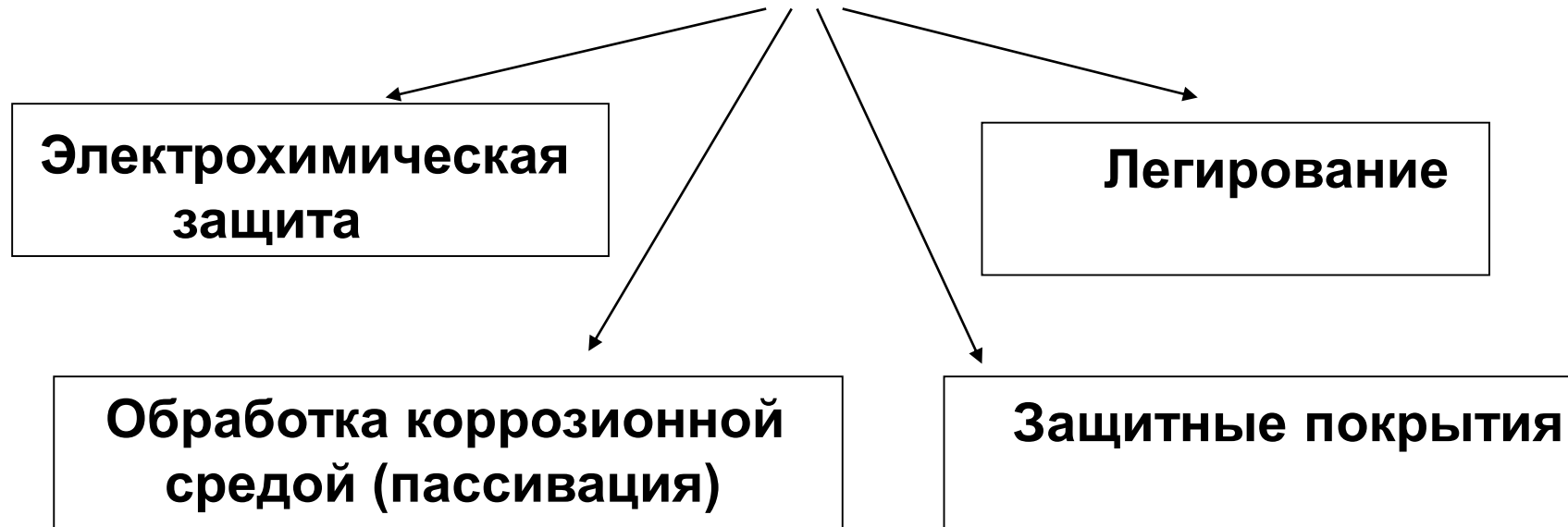
контактная

электрокоррозия

биокоррозия

коррозия при трении

# Защита от коррозии



оксидирование (анодирование)  
фосфатирование (Fe, Mn)  
сульфидирование (Fe)

# Физические свойства металлов

1. Температура плавления: от - 38,87 °C (Hg) до 3380 °C (W)
2. Плотность : от 0,531 г/см<sup>3</sup> (Li) до 22,5 г/см<sup>3</sup> (Os).
3. Теплопроводность (от Ag до Bi)
4. Температурный коэф. линейного расширения металлов в интервале 0-100°C : от  $4,57 \cdot 10^{-6}$  (Os) до  $10^{-4}$  K<sup>-1</sup> (Sr).
5. Пластичность и вязкость в сочетании со значит. прочностью, твердостью и упругостью. Эти свойства зависят от состава (чистоты металла) и от совершенства кристаллич. решетки (наличия дефектов).



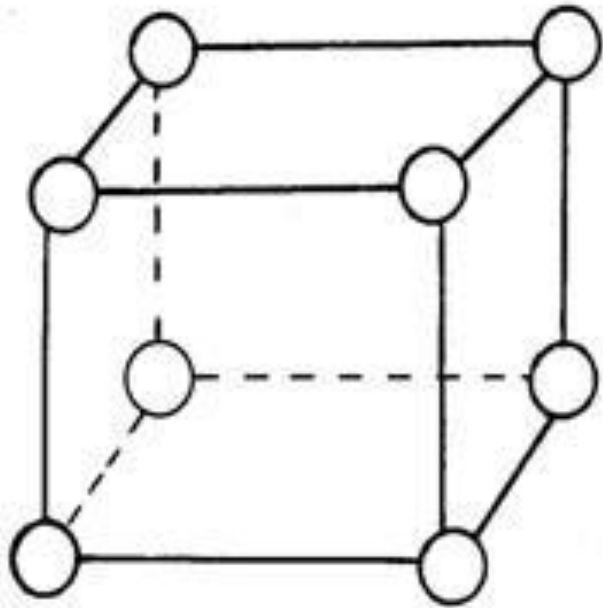
# Физические свойства металлов

**Скалярные** свойства кристаллов (не зависят от выбора направления, теплоемкость, теплота плавления, температура плавления и т.д.)

**Векторные** свойства кристаллов (электропроводность, теплопроводность, механические, оптические, магнитные свойства)

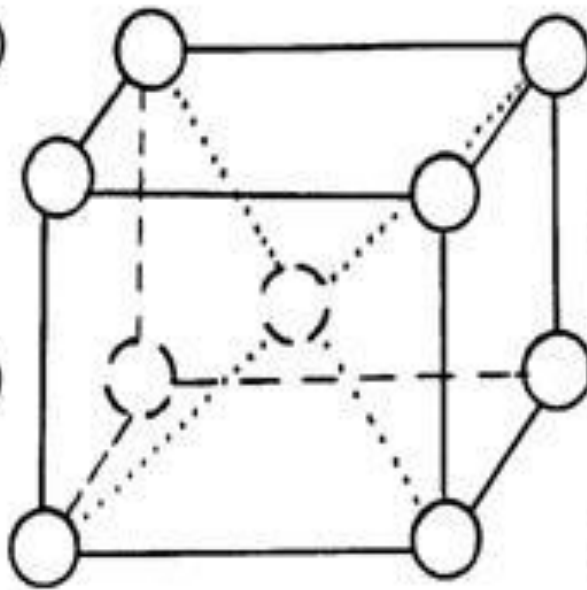
**Элементарная ячейка кристалла** - часть кристаллической решётки, параллельные переносы которой в трёх измерениях (трансляции) позволяют построить всю кристаллическую решётку.

# Решетки кубической сингонии



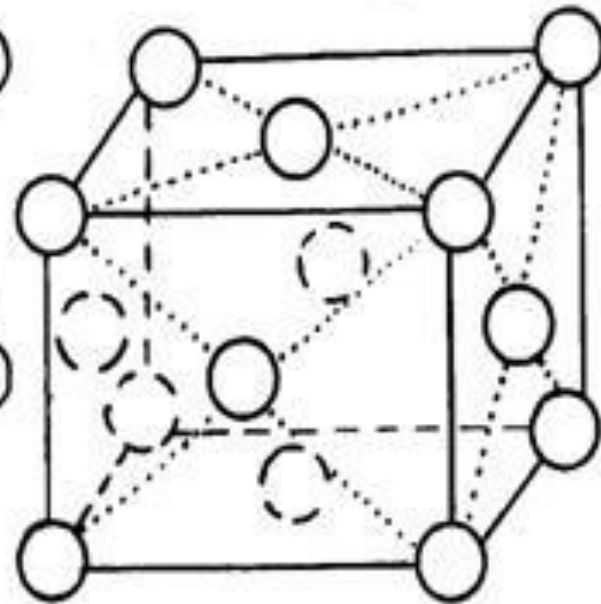
**простая**

Po



**ОЦК**

Na, V, W, Ti

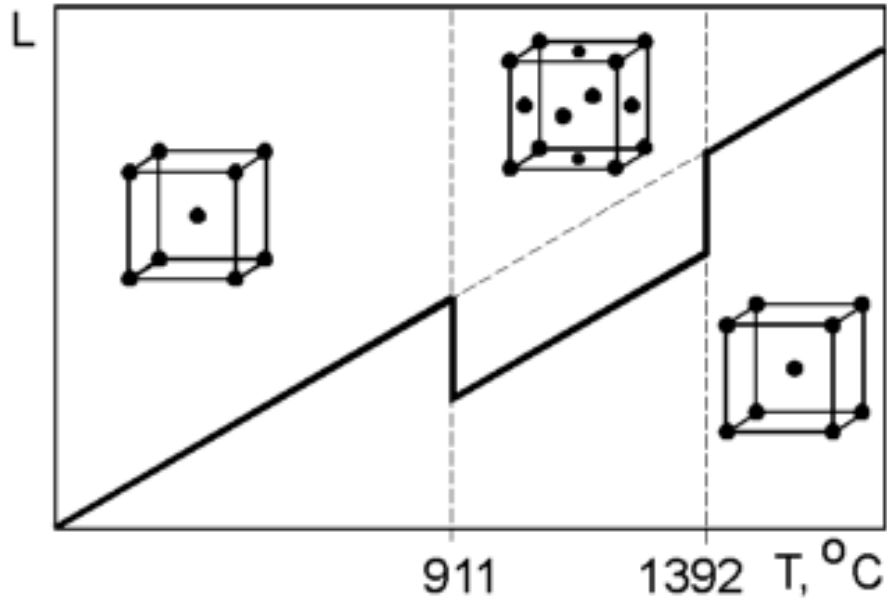


**ГЦК**

Ag, Au

# Полиморфизм металлов

## Железо



## «Оловянная чума»

При температуре ниже  $13,2^{\circ}\text{C}$  происходит увеличение удельного объёма чистого олова на 25,6 %, и оно спонтанно переходит в серое олово



# Металлы



| Атомный номер | Название      | Электронная конфигурация | $\rho$<br>г/см <sup>3</sup> | $t^\circ$<br>пл.<br>°C | $t^\circ$<br>кип.<br>°C |
|---------------|---------------|--------------------------|-----------------------------|------------------------|-------------------------|
| 3             | Литий<br>Li   | [He] 2s <sup>1</sup>     | 0,531                       | 180,5                  | 1347                    |
| 11            | Натрий<br>Na  | [Ne] 3s <sup>1</sup>     | 0,97                        | 97,9                   | 882,9                   |
| 19            | Калий<br>K    | [Ar] 4s <sup>1</sup>     | 0,859                       | 63,65                  | 774                     |
| 27            | Рубидий<br>Rb | [Kr] 5s <sup>1</sup>     | 1.53                        | 38,4                   | 688                     |
| 55            | Цезий<br>Cs   | [Xe] 6s <sup>1</sup>     | 1,88                        | 28.4                   | 678                     |
| 87            | Франций<br>Fr | [Rn] 7s <sup>1</sup>     | –                           | –                      | –                       |

- Т-ры плавления Щ. м. уменьшаются от Li к Cs. Щ. м. очень легкие, самый легкий среди всех известных металлов - Li, он плавает в керосине, а Na и K легче воды.

# Цвета пламени

**Li** – карминово-красный

**Na** – ЖЕЛТЫЙ

**K** – фиолетово-розовый

**Rb** – розовый

**Cs** - фиолетово-розовый

«Вуд и кухарка»



Литий (Li)



Натрий (Na)



Калий (K)



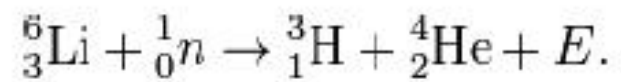
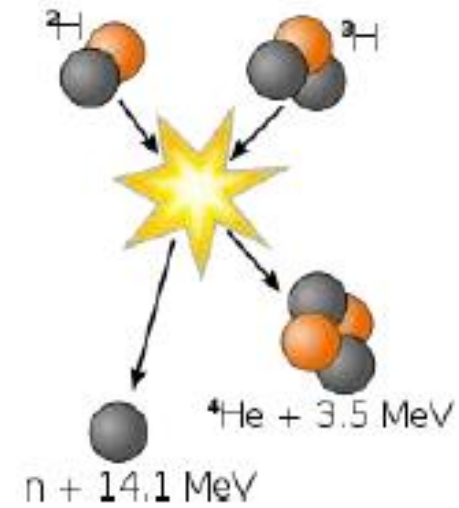
Медь (Cu)



# Применения материалов на основе щелочных металлов

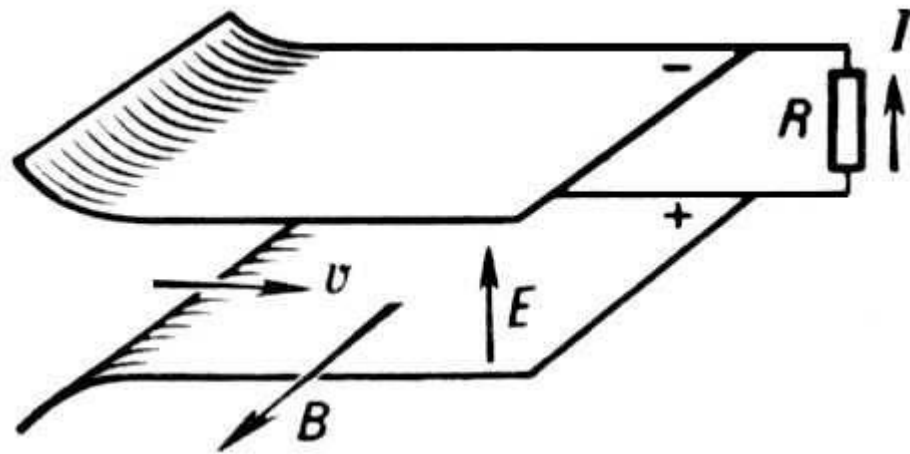
- Эвтектика Na-K в охлаждающих контурах  
(-12.5°C, 65ат. % K, АЭС), сплав Na 12 %, K 47 %, Cs 41 % имеет температуру плавления -78 °C
- Регенерация кислорода (подводные лодки, изолирующий противогаз),  
$$4\text{KO}_2 + 2\text{CO}_2 = 2\text{K}_2\text{CO}_3 + 3\text{O}_2$$
- Na, K являются важнейшими биологически активными элементами
- Натриевые лампы (уличное освещение)
- Термоядерная бомба (производство трития из Li-6)
- Цезиевые фотоэлементы

# Термоядерная бомба

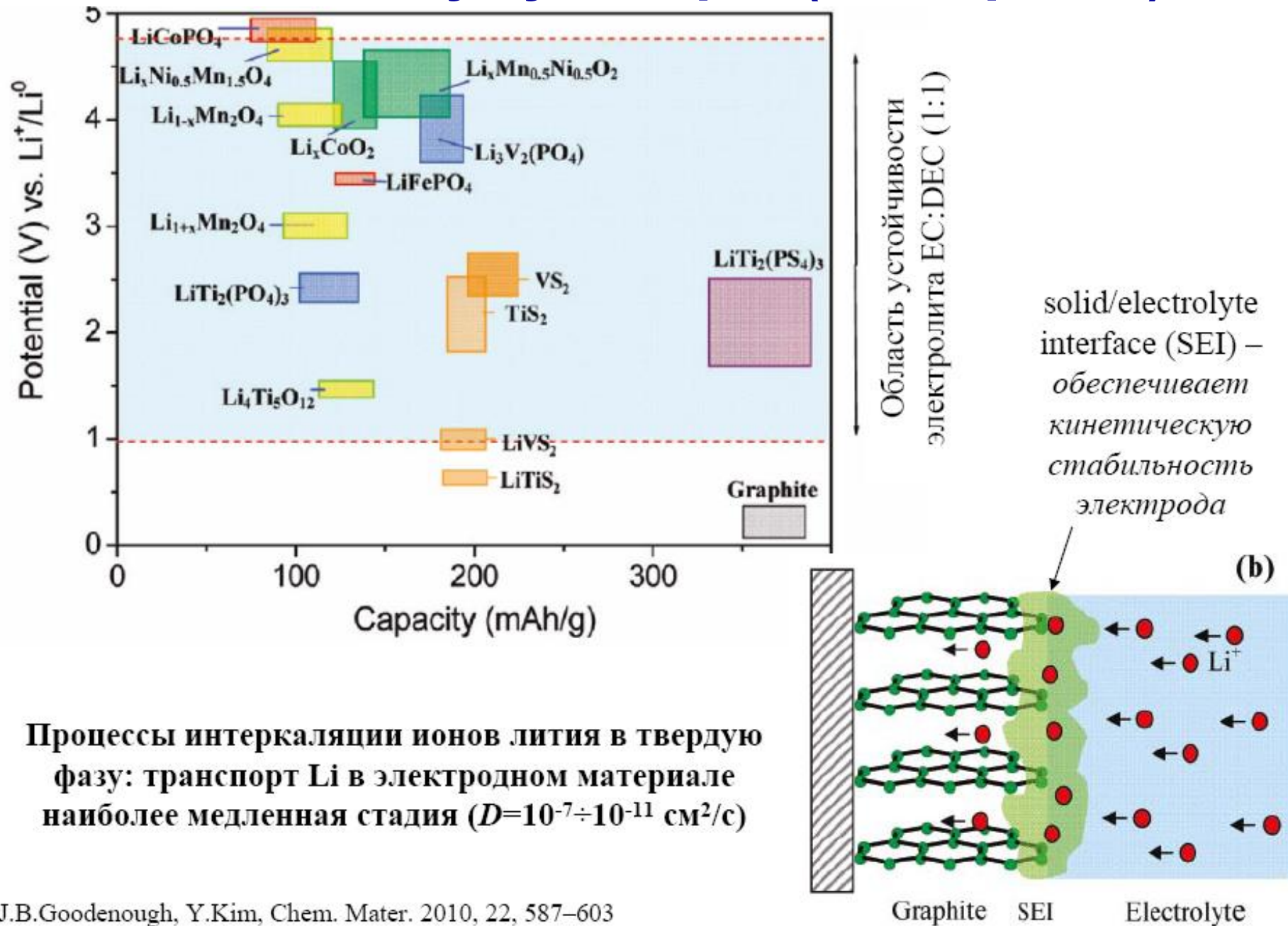


# Магнитогидродинамический генератор

- Низкотемпературная плазма ( $T \sim 10^3$  K)
- Цезиевая плазма

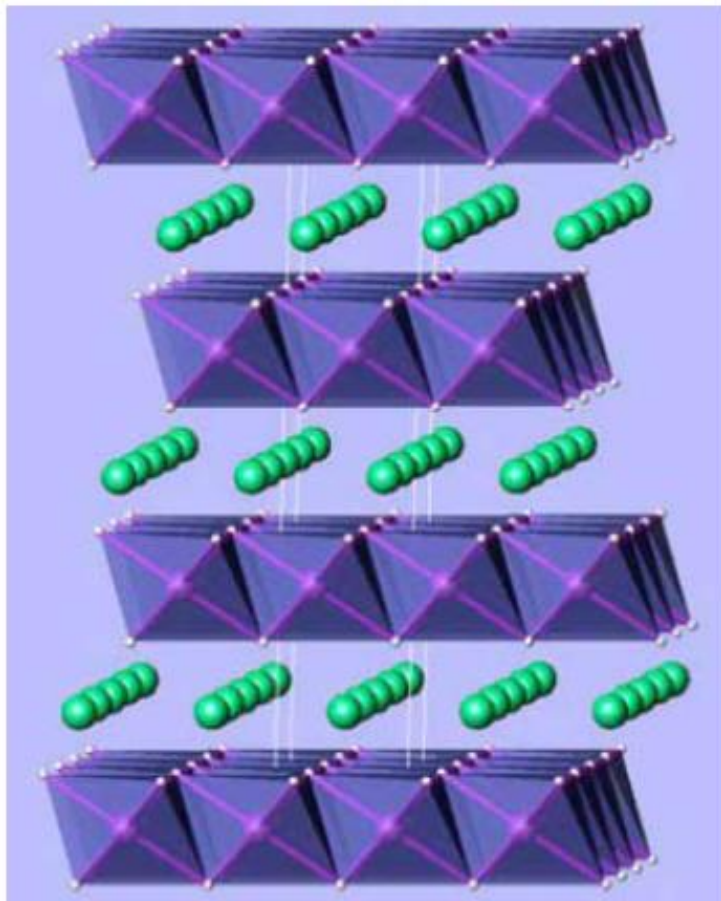


# Литиевые аккумуляторы (электроды)

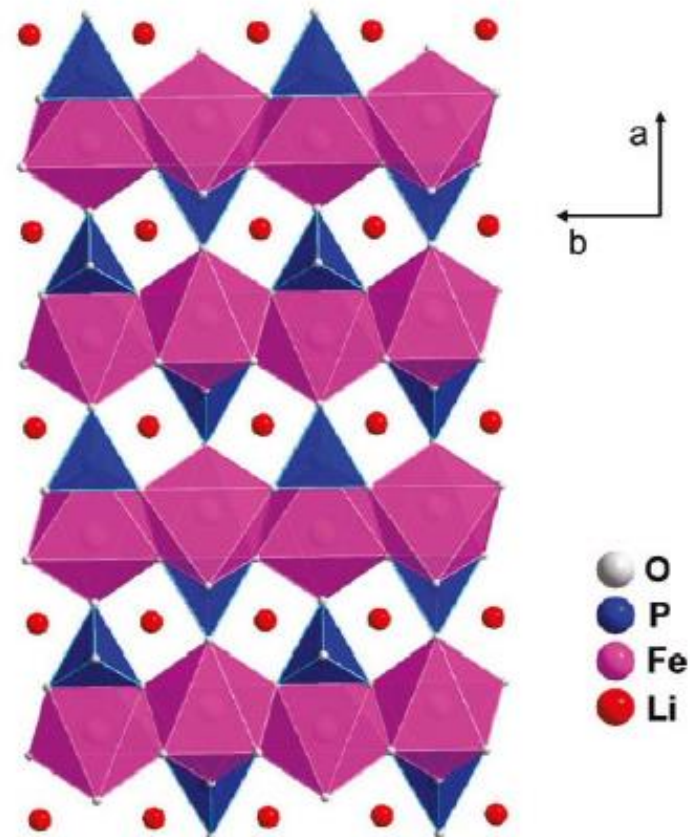




# Катодные материалы



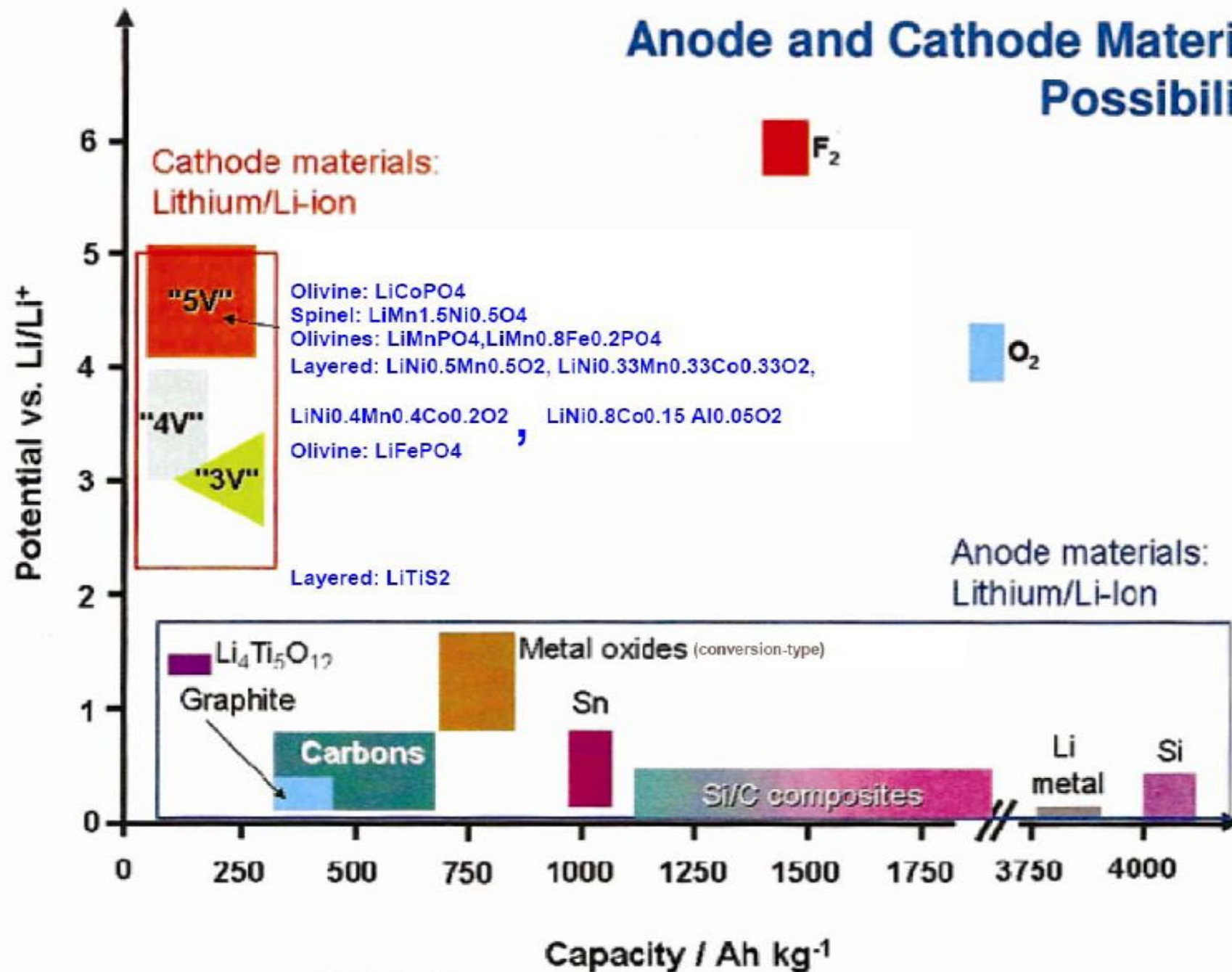
- Теоретическая емкость: 280 мА•ч/г
- Реальная емкость: ~145 мА•ч/г (до  $x \sim 0.5$ , структурная неустойчивость)
- $D \sim 10^{-9} \text{ см}^2/\text{с}$
- $\sigma \sim 10^{-3} \text{ См/см}$
- $E \sim 4.2 \text{ В}$



- Теоретическая емкость: 170 мА•ч/г
- $D \sim 10^{-15} \text{ см}^2/\text{с}$
- $\sigma \sim 10^{-9} \text{ См/см}$
- $E \sim 3.5 \text{ В}$



# Anode and Cathode Materials: Possibilities



# Щелочноземельные металлы

**Be** – «глициний», от мин. «берилл», 1798 г. Л.Н.Воклен (Франция), 1828 г. Ф.Велер (Германия), А.Бюсси (Франция)

**Mg** – от г.Магнезия, Г.Дэви, 1829 г., А.Бюсси

**Ca** – calx (лат.), «известь», Г.Дэви, 1808 г.

**Sr** - г. Строншиан (мин. стронцианит), Г.Дэви, 1808 г.

**Ba** – barys (греч.), «тяжелый», 1774 г., К.Шееле, Г.Дэви, 1808 г.

# The Elements

|                                                                                                        |                                                                                                      |                                                                                                           |                                                                                                      |                                                                                                            |                                                                                                           |                                                                                                          |                                                                                                           |                                                                                                          |                                                                                                            |                                                                                                             |                                                                                                            |                                                                                                            |                                                                                                         |                                                                                                           |                                                                                                        |                                                                                                          |                                                                                                         |                                                                                                        |                                                                                                    |                                                                                                       |                                                                                                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| <br>H<br>Hydrogen     |                                                                                                      |                                                                                                           |                                                                                                      |                                                                                                            |                                                                                                           |                                                                                                          |                                                                                                           |                                                                                                          |                                                                                                            |                                                                                                             |                                                                                                            |                                                                                                            |                                                                                                         |                                                                                                           |                                                                                                        | <br>He<br>Helium      |                                                                                                         |                                                                                                        |                                                                                                    |                                                                                                       |                                                                                                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <br>Li<br>Lithium     |                                                                                                      | <br>Be<br>Beryllium      |                                                                                                      |                                                                                                            |                                                                                                           |                                                                                                          |                                                                                                           |                                                                                                          |                                                                                                            |                                                                                                             |                                                                                                            |                                                                                                            |                                                                                                         |                                                                                                           |                                                                                                        | <br>B<br>Boron        | <br>C<br>Carbon      | <br>N<br>Nitrogen   | <br>O<br>Oxygen | <br>F<br>Fluorine  | <br>Ne<br>Neon  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <br>Na<br>Sodium      |                                                                                                      | <br>Mg<br>Magnesium      |                                                                                                      |                                                                                                            |                                                                                                           |                                                                                                          |                                                                                                           |                                                                                                          |                                                                                                            |                                                                                                             |                                                                                                            |                                                                                                            |                                                                                                         |                                                                                                           |                                                                                                        | <br>Al<br>Aluminum    | <br>Si<br>Silicon    | <br>P<br>Phosphorus | <br>S<br>Sulfur | <br>Cl<br>Chlorine | <br>Ar<br>Argon |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <br>K<br>Potassium    | <br>Ca<br>Calcium   | <br>Sc<br>Scandium       | <br>Ti<br>Titanium  | <br>V<br>Vanadium         | <br>Cr<br>Chromium      | <br>Mn<br>Manganese   | <br>Fe<br>Iron         | <br>Co<br>Cobalt      | <br>Ni<br>Nickel        | <br>Cu<br>Copper         | <br>Zn<br>Zinc          | <br>Ga<br>Gallium       | <br>Ge<br>Germanium  | <br>As<br>Arsenic      | <br>Se<br>Selenium  | <br>Br<br>Bromine     | <br>Kr<br>Krypton    |                                                                                                        |                                                                                                    |                                                                                                       |                                                                                                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <br>Rb<br>Rubidium    | <br>Sr<br>Strontium | <br>Y<br>Yttrium         | <br>Zr<br>Zirconium | <br>Nb<br>Niobium         | <br>Mo<br>Molybdenum    | <br>Tc<br>Technetium  | <br>Ru<br>Ruthenium    | <br>Rh<br>Rhodium     | <br>Pd<br>Palladium     | <br>Ag<br>Silver         | <br>Cd<br>Cadmium       | <br>In<br>Indium        | <br>Sn<br>Tin        | <br>Sb<br>Antimony     | <br>Te<br>Tellurium | <br>I<br>Iodine       | <br>Xe<br>Xenon      |                                                                                                        |                                                                                                    |                                                                                                       |                                                                                                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <br>Cs<br>Cesium     | <br>Ba<br>Barium   | <br>La<br>Lanthanum     |                                                                                                      | <br>Hf<br>Hafnium        | <br>Ta<br>Tantalum      | <br>W<br>Tungsten     | <br>Re<br>Rhenium     | <br>Os<br>Osmium     | <br>Ir<br>Iridium      | <br>Pt<br>Platinum      | <br>Au<br>Gold         | <br>Hg<br>Mercury      | <br>Tl<br>Thallium  | <br>Pb<br>Lead        | <br>Bi<br>Bismuth  | <br>Po<br>Polonium   | <br>At<br>Astatine  | <br>Rn<br>Radon    |                                                                                                    |                                                                                                       |                                                                                                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <br>Fr<br>Francium  | <br>Ra<br>Radium  | <br>Ac<br>Actinium     |                                                                                                      | <br>Rf<br>Rutherfordium | <br>Db<br>Dubnium      | <br>Sg<br>Seaborgium | <br>Bh<br>Bohrium    | <br>Hs<br>Hassium   | <br>Mt<br>Meitnerium  | <br>Ds<br>Darmstadtium | <br>Rg<br>Roentgenium | <br>Uub<br>Uubium     | <br>Uut<br>Uutium  | <br>Uuq<br>Uuqium    | <br>Uup<br>Uupium | <br>Uuh<br>Uuhium   | <br>Uua            | <br>Uuo           |                                                                                                    |                                                                                                       |                                                                                                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <br>La<br>Lanthanum |                                                                                                      |                                                                                                           |                                                                                                      | <br>Ce<br>Cerium        | <br>Pr<br>Praseodymium | <br>Nd<br>Neodymium  | <br>Pm<br>Promethium | <br>Sm<br>Samarium  | <br>Eu<br>Europium    | <br>Gd<br>Gadolinium   | <br>Tb<br>Terbium     | <br>Dy<br>Dysprosium  | <br>Ho<br>Holmium  | <br>Er<br>Erbium     | <br>Tm<br>Thulium | <br>Yb<br>Ytterbium | <br>Lu<br>Lutetium |                                                                                                        |                                                                                                    |                                                                                                       |                                                                                                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <br>Ac<br>Actinium  | <br>Th<br>Thorium | <br>Pa<br>Protactinium | <br>U<br>Uranium  | <br>Np<br>Neptunium     | <br>Pu<br>Plutonium   | <br>Am<br>Americium | <br>Cm<br>Curium     | <br>Bk<br>Berkelium | <br>Cf<br>Californium | <br>Es<br>Einsteinium  | <br>Fm<br>Fermium     | <br>Md<br>Mendelevium | <br>No<br>Nobelium | <br>Lr<br>Lawrencium |                                                                                                        |                                                                                                          |                                                                                                         |                                                                                                        |                                                                                                    |                                                                                                       |                                                                                                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |



# Минералы



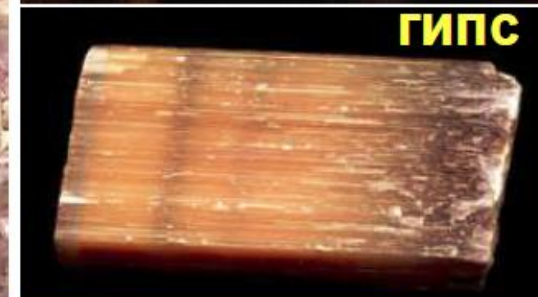
изумруд



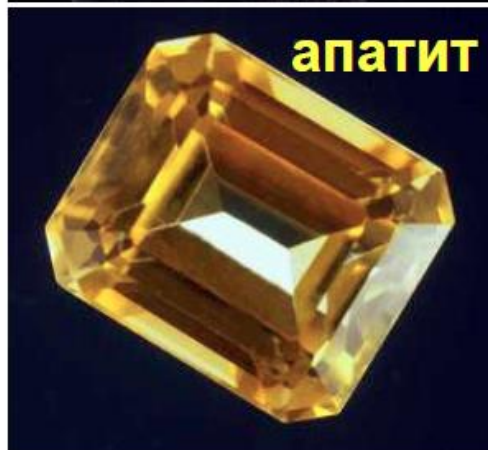
ДОЛОМИТ



кальцит



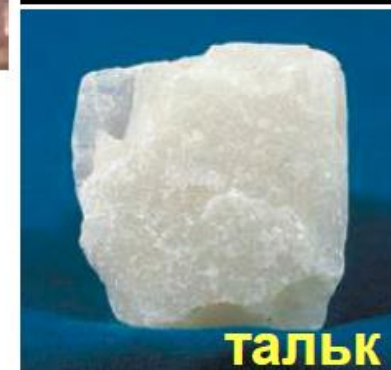
ГИПС



апатит



флюорит



тальк



# Цвета пламени

**Ca** — розовато-оранжевый

**Sr** — красно малиновый (нитрат - в пиротехнике)

**Ba** — зеленый





# Применение бериллия

В 1.5 раза легче алюминия, очень устойчив против коррозии, большая теплопроводность (в 4 раза выше, чем у стали), большая теплоемкость и жаропрочность

Легирование сплавов

(Be бронзы (медь +1-3% Be))

пружины, рессоры, амортизаторы, и пр.  
Бериллиевые моторы (F-1, McLaren до 2001)





# Применение бериллия

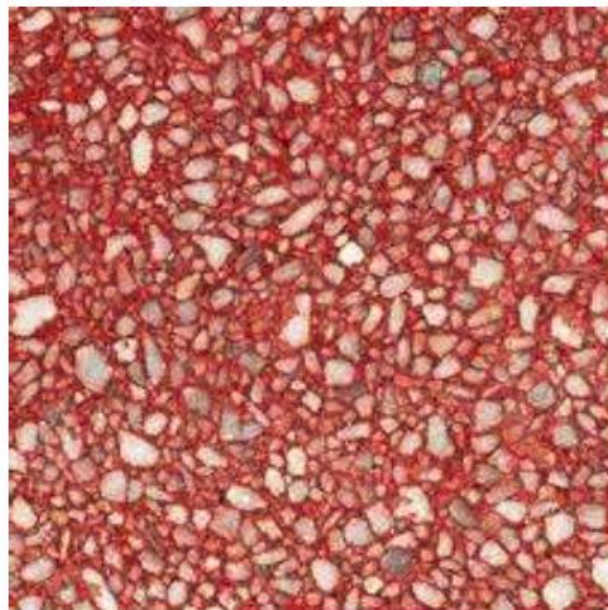
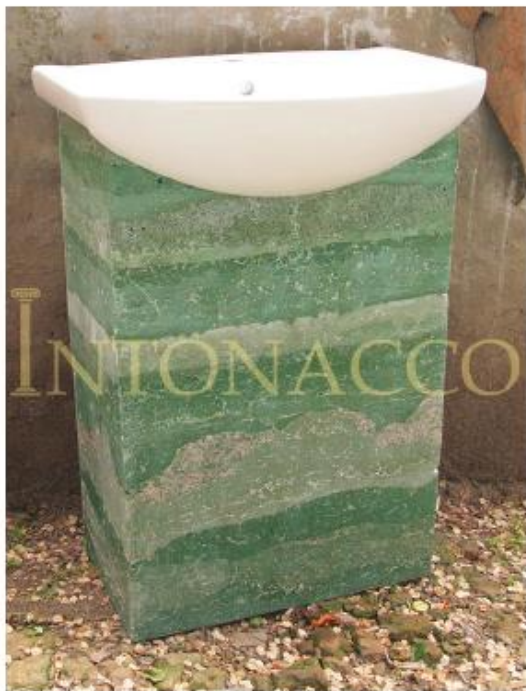
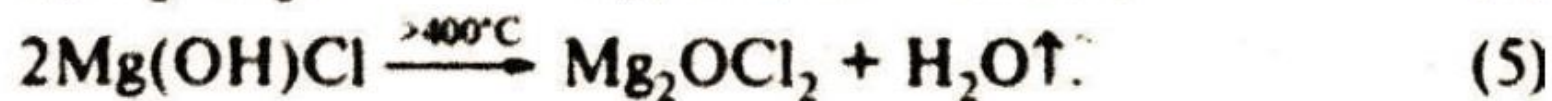
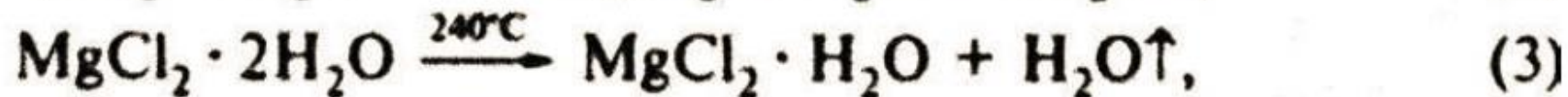
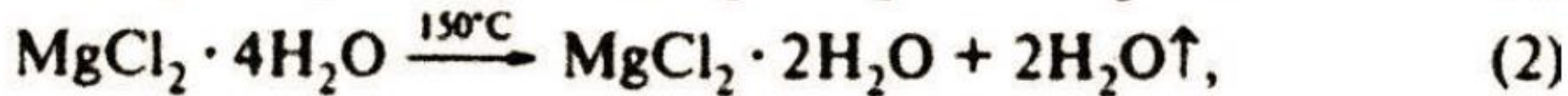
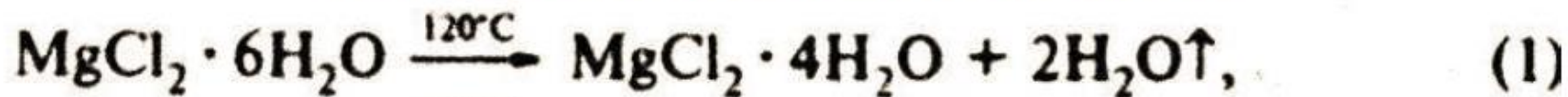
2. **Бериллизация** (стальную деталь опускают в **Ве** порошок и выдерживают в нем при 900-1100°C в течение 10-15 часов. Поверхность детали покрывается твердым химическим соединением бериллия с железом и углеродом. Этот прочный панцирь (0,15-0,4 мм) придает деталям жаростойкость и устойчивость к морской воде и  $\text{HNO}_3$ ).
3. **Рентгенотехника** (слабо поглощает рентгеновское излучение, окна для рентгеновских трубок)
4. **Ядерная энергетика** (замедлитель нейтронов)
5. **Аэрокосмическая техника** (внешняя тепловая защита капсулы космического корабля «Friendship-7», Джон Гленн (20.02.1962))

**Недостатки: хрупкость, токсичность, высокая стоимость**

# Применение магния

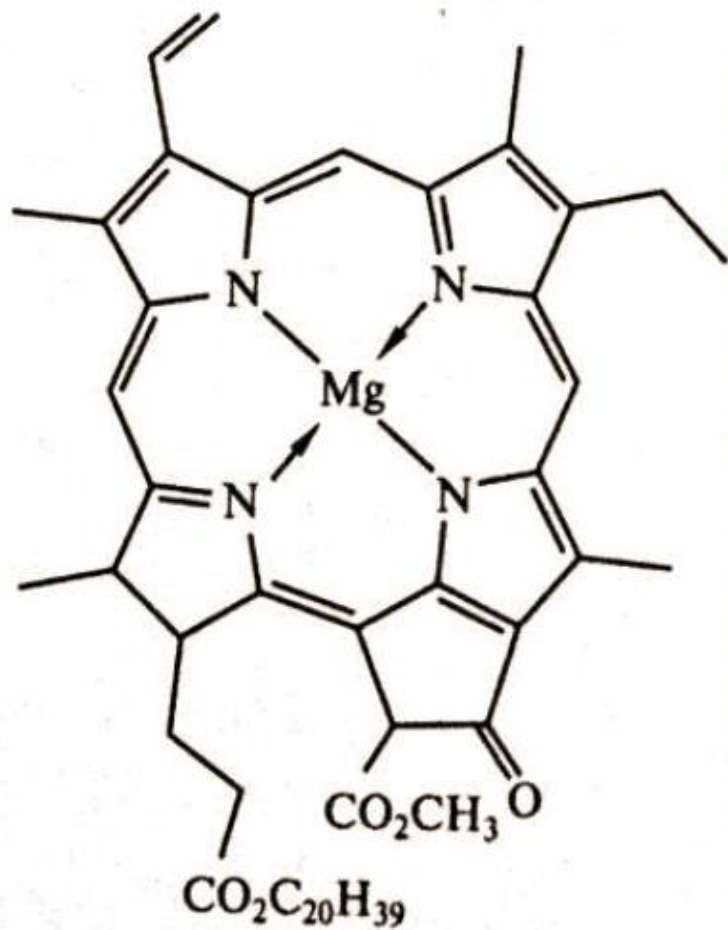
1. Сплавы с Al, Zn и Mn (Al и Zn увеличивают прочность сплава, Mn повышает его антикоррозионную стойкость, Mg придает сплаву легкость – детали из Mg- сплава на 20-30% легче алюминиевых и на 50-75% – чугуновых и стальных.)
2. Восстановитель в производстве V, Cr, Ti, Zr.
3. В военной технике для изготовления осветительных и сигнальных ракет, трассирующих пуль и снарядов, зажигательных бомб.

# Магнезиальный цемент





# Хлорофилл





# Жесткость воды

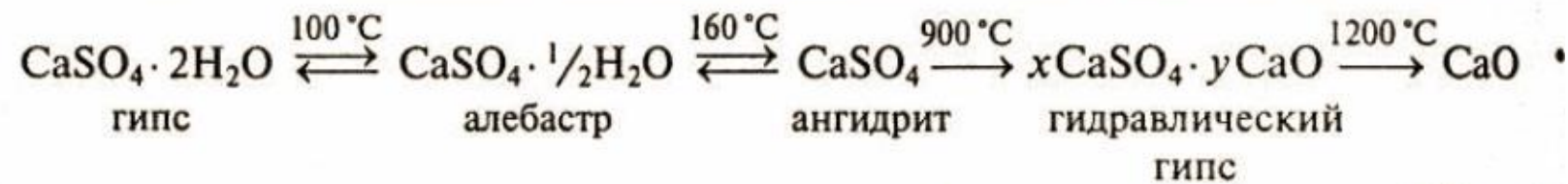


- Временная жесткость – присутствие гидрокарбонатов (устраняется кипячением):  
$$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2.$$
- Постоянная жесткость – сульфаты и хлориды ЩЗЭ – использование средств «умягчения» и ионнообменных смол



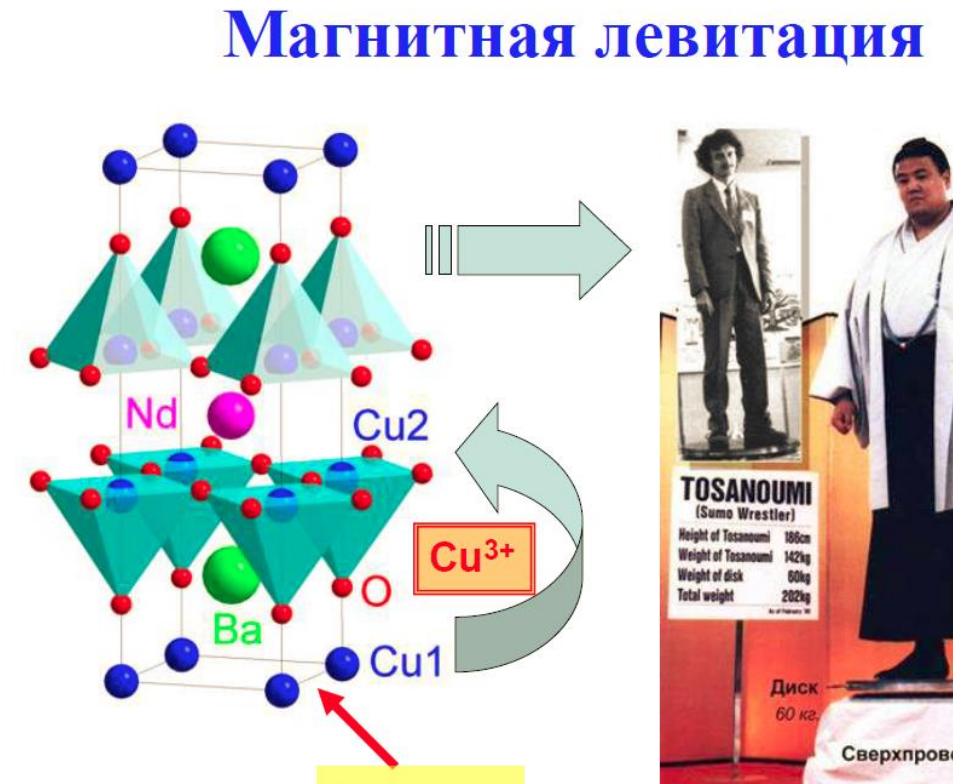
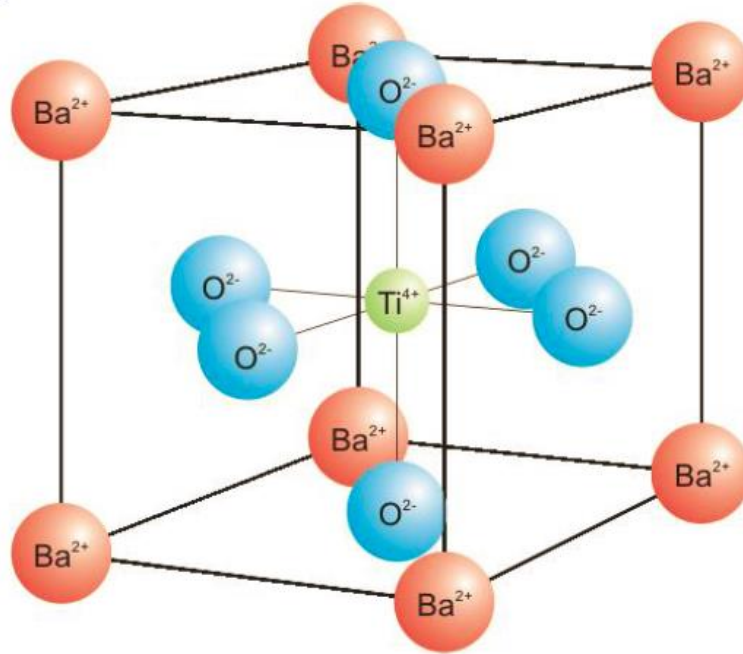
Извините, накипело

# Материалы, содержащие соединения кальция



# Применения соединений бария

1.  $\text{BaSO}_4$  (медицина, дорогие сорта бумаги)
2. Пиротехника (зеленое пламя)
3.  $\text{BaTiO}_3$  (сегнетоэлектрик)



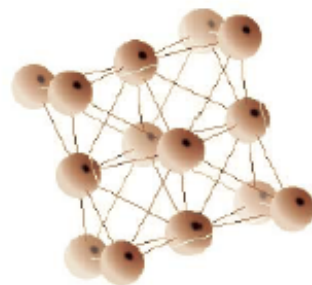


# p-Металлы

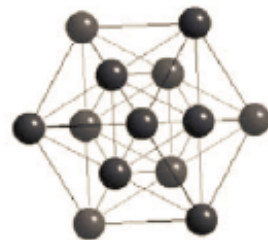
|    |    |                 |    |    |    |    |     |    |
|----|----|-----------------|----|----|----|----|-----|----|
| 1  | 2  |                 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17  | 18 |
| H  |    |                 |    |    |    |    | (H) | He |
| Li | Be |                 | B  | C  | N  | O  | F   | Ne |
| Na | Mg |                 | Al | Si | P  | S  | Cl  | Ar |
| K  | Ca | <i>d</i> -block | Ga | Ge | As | Se | Br  | Kr |
| Rb | Sr |                 | In | Sn | Sb | Te | I   | Xe |
| Cs | Ba |                 | Tl | Pb | Bi | Po | At  | Rn |
| Fr | Ra |                 |    |    |    |    |     |    |

**p-металлы**

Al

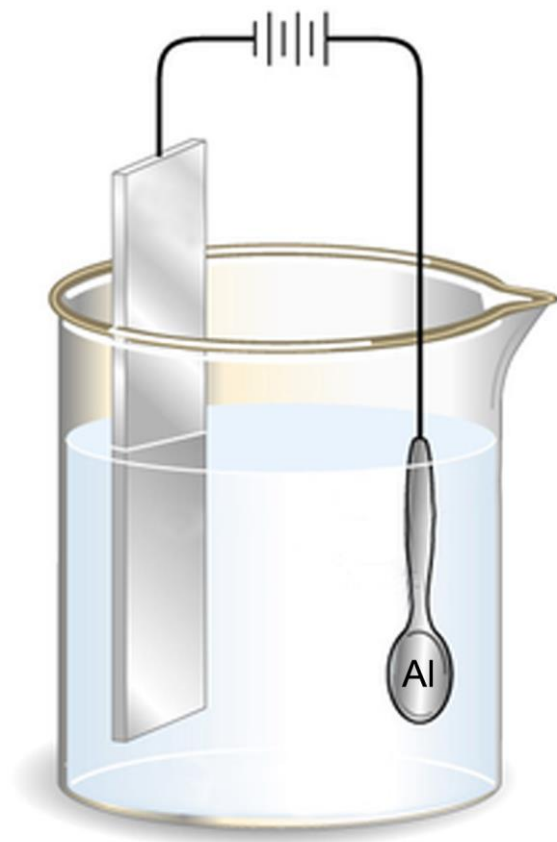


Pb

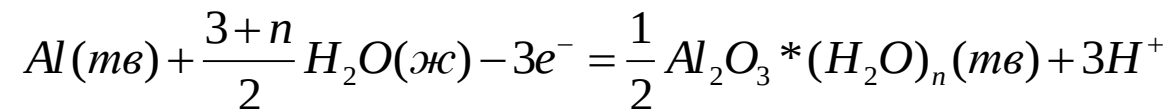




# Анодирование алюминия



*На аноде:*



- *увеличение коррозионной устойчивости*
- *улучшение износостойкости*
- *увеличение адгезии (клеи, краски)*
- *декорирование*
- *создание диэлектрического покрытия (конденсаторы)*



# Материалы на основе элементов 14 группы

**C:**

Алмаз: украшения, абразивы

Графит: смазка, электроды, тугоплавкие материалы, замедлители нейтронов, покрытия, анодный материал для литий-ионных батарей

Сажа: краски, резина

Активированный уголь: адсорбент, в медицине

Волокна: усилители полимеров

**Si:** полупроводники, фотовольтаики, преобразователи солнечной энергии,

$\text{SiO}_2$ : оптика, стекло, пьезодатчики, сенсоры, катализ, искусственные цеолиты

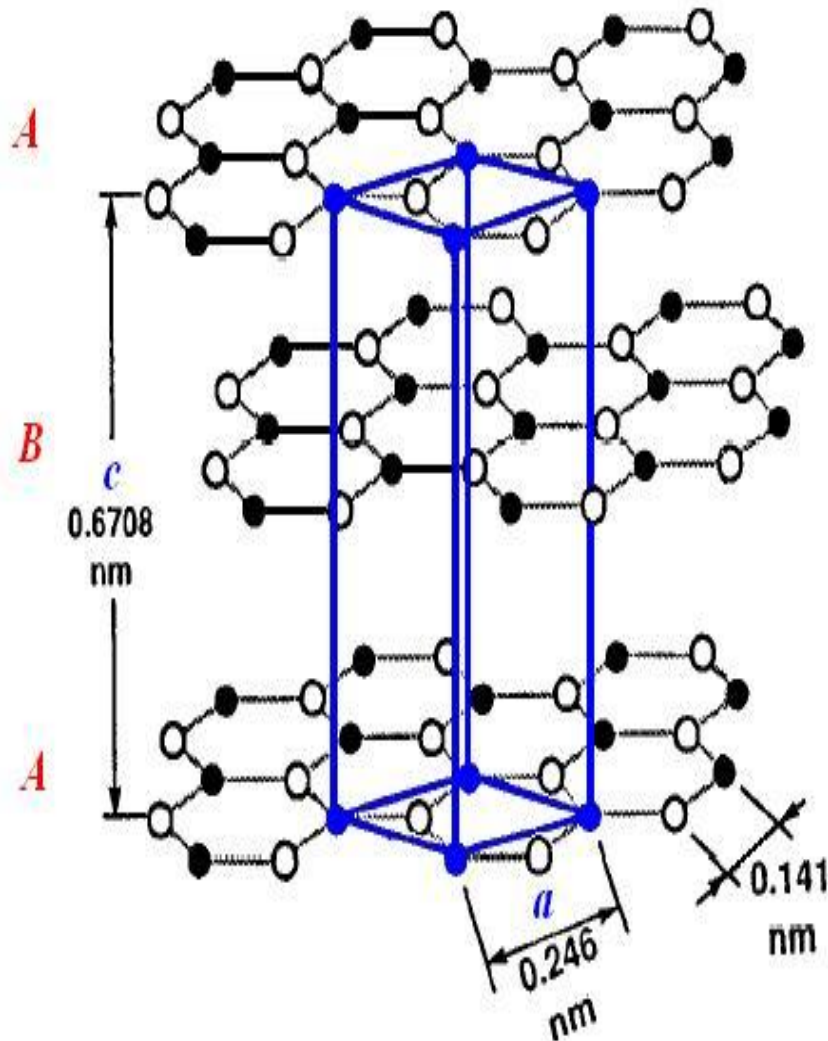
**Ge:** полупроводники, ИК-оптика

**Sn:** покрытия, производство сплавов (бронза, припой), аналитические цели, полупроводники

$\text{SnO}_2$ : пигмент, сенсоры

**Pb:** пигменты, свинцовые аккумуляторы

# Графит



1. Для изготовления плавильных тиглей, футеровочных плит (высокая температурная стойкость графита (в отсутствие кислорода), химическая стойкость к расплавленным металлам).
2. Для изготовления электродов, нагревательных элементов (высокая электропроводность и химическая стойкость к практически любым агрессивным водным растворам).
3. Для получения химически активных металлов методом электролиза расплавленных соединений (хорошая электропроводность и газообразность продукта реакции, протекающей на электроде ( $\text{CO}_2$ )).
4. Смазочный материал в комбинированных жидких и пастообразных смазках.
5. Замедлитель нейтронов в ядерных реакторах.
6. Компонент состава для изготовления стержней для чёрных графитовых карандашей.
7. Для получения синтетических алмазов.

# Интеркалирование графита

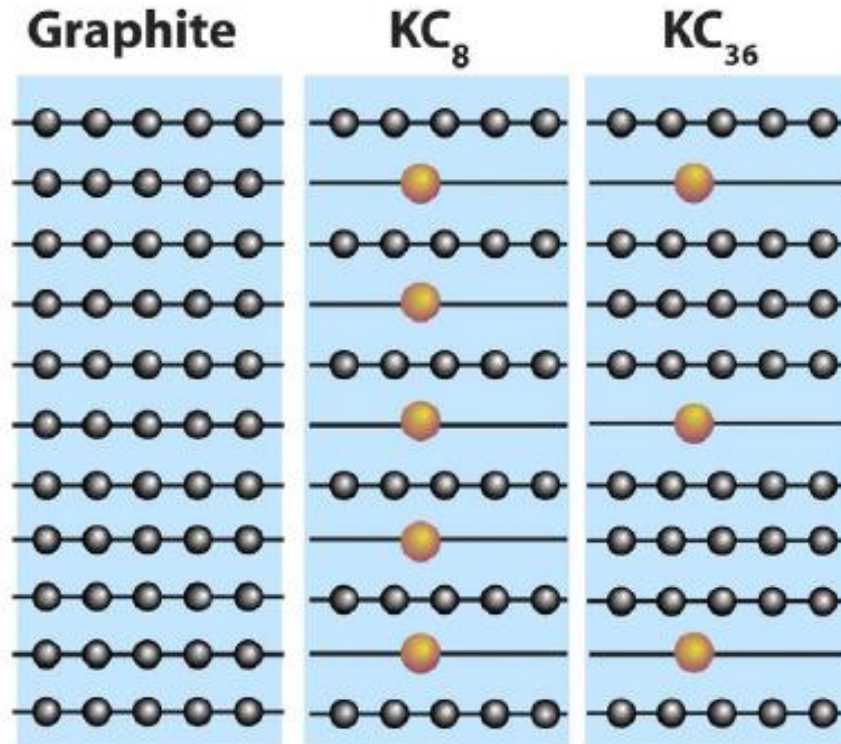


Figure 13-3  
Shriver & Atkins Inorganic Chemistry, Fourth Edition  
© 2006 by D. F. Shriver, P. W. Atkins, T. L. Overton, J. P. Rourke, M. T. Weller, and F. A. Armstrong

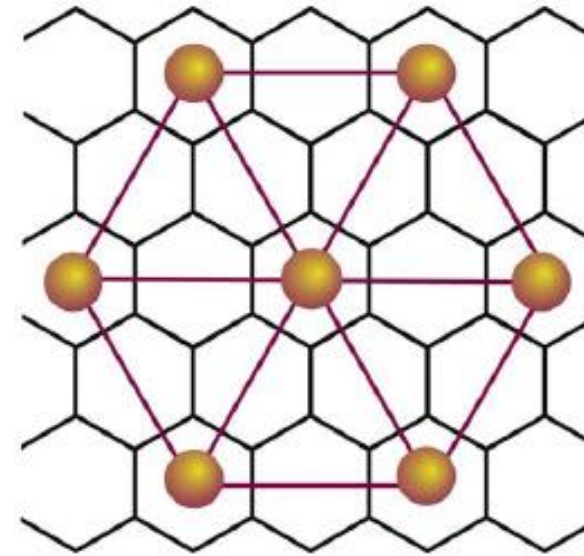
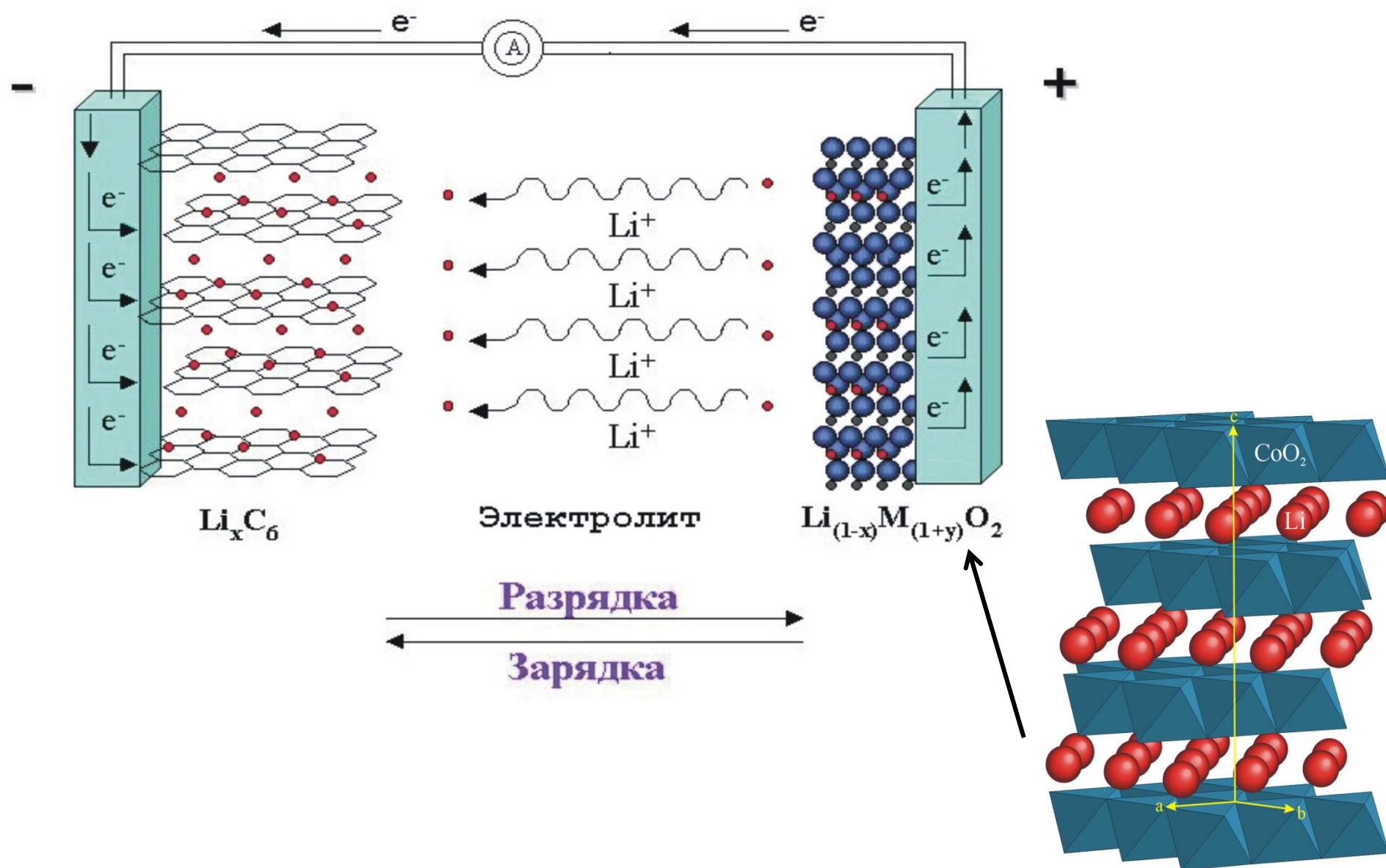


Figure 13-12  
Shriver & Atkins Inorganic Chemistry, Fourth Edition  
© 2006 by D. F. Shriver, P. W. Atkins, T. L. Overton, J. P. Rourke, M. T. Weller, and F. A. Armstrong

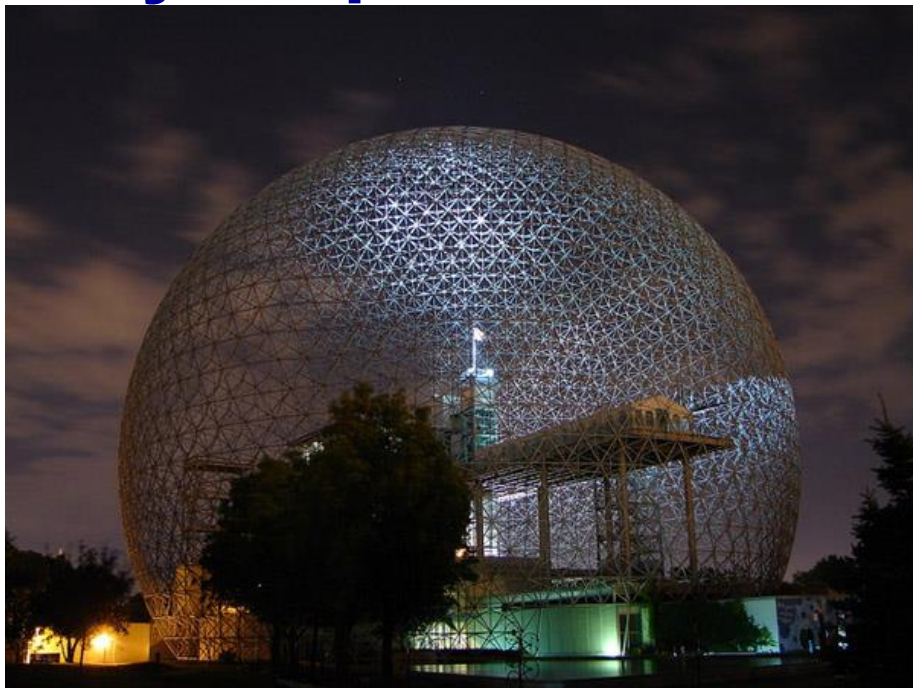




# Литий-ионные аккумуляторы

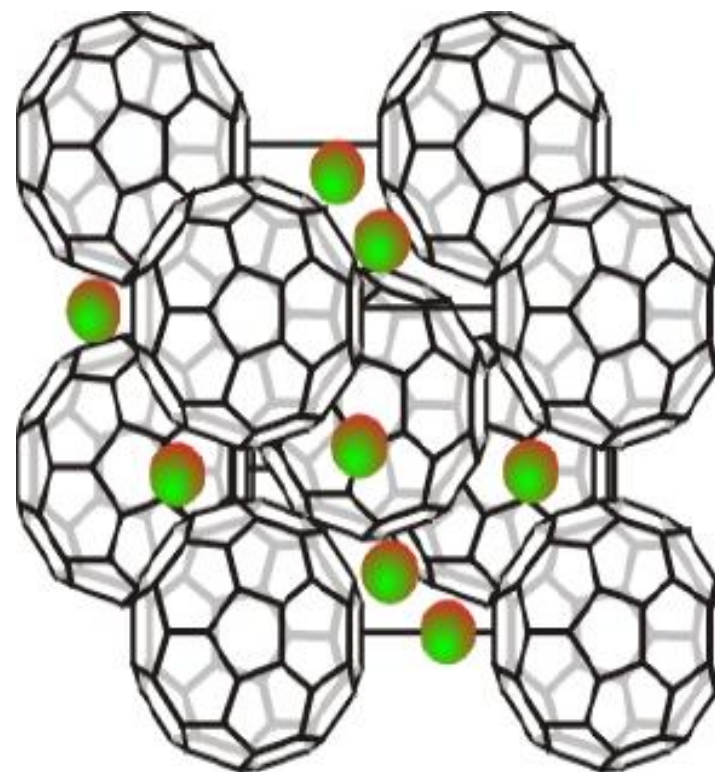
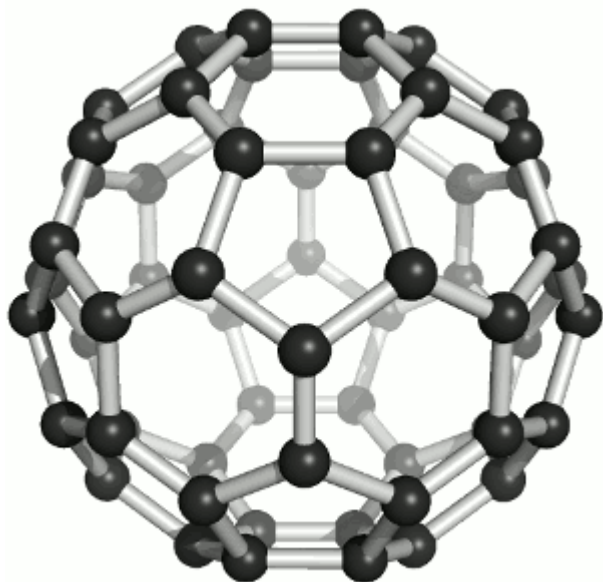


# Фуллерены

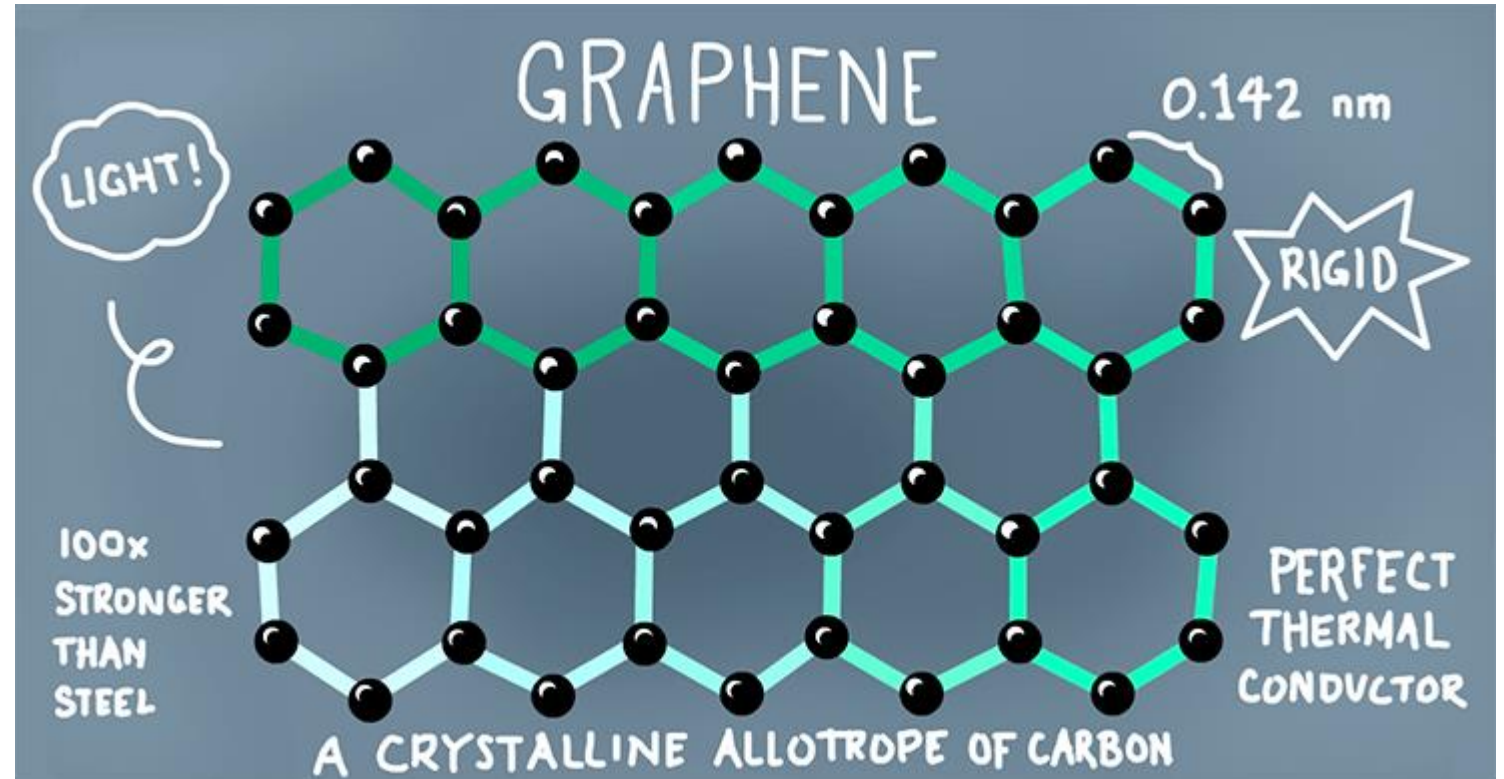


Richard Buckminster Fuller  
(1895-1983)

1. Сверхпроводник  $K_3C_{60}$  ( $T_c = 19\text{ K}$ )  
( $RbCs_2C_{60}$ ,  $T_c = 33\text{ K}$ )



# Графен. Оксид Графена



# Материалы на основе $\text{SnO}_2$

## 1. Сенсоры на основе $\text{SnO}_2$



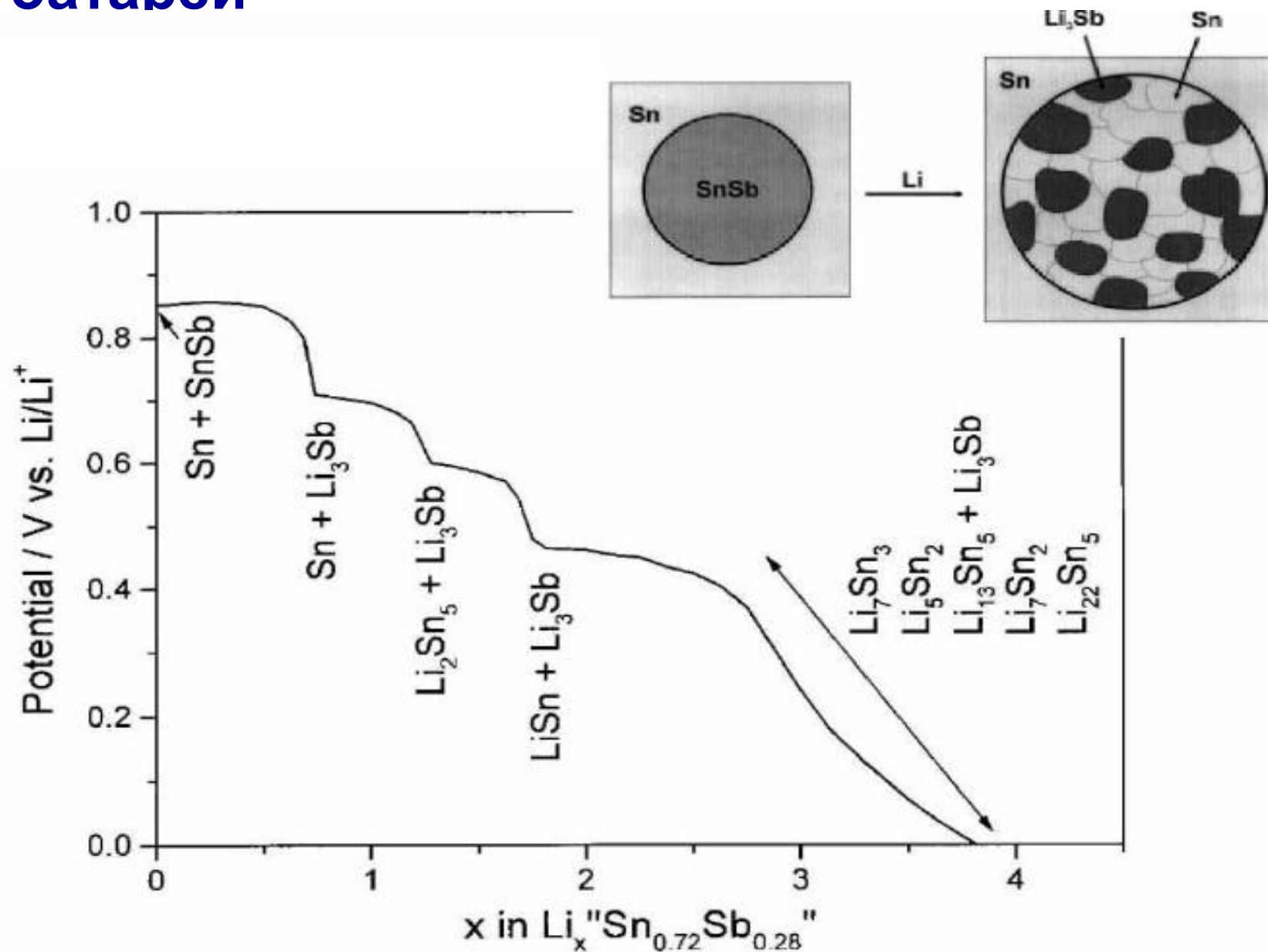
Детектируемый газ –  $\text{CH}_4$

## 2. Анодные материалы для Li-ионных батарей

при циклировании восстановление до аморфного  $\text{Li}_2\text{O}$  и Sn, далее Li взаимодействует с Sn согласно фазовой диаграмме Li-Sn. Емкость >700 мАч/г (после 800 циклов, 0.2-0.9 В)



# Анодные материалы для литий-ионных батарей



# Соединения свинца

- $\text{PbO}$  (пигмент, стекловарение)
- $\text{Pb}_3\text{O}_4$  (оранжевый пигмент, антикоррозийная краска, стекловарение (хрусталь, оптическое стекло))
- $\text{PbO}_2$  (свинцовые аккумуляторы)
- Свинцовые белила  $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$
- $\text{PbS}$  (полупроводник, ИК-детекторы)

# Свинцовые аккумуляторы

- Катод  $PbO_2 + SO_4^{2-} + 4H^+ + 2e^- \longrightarrow PbSO_4 + 2H_2O$
- Анод  $Pb + SO_4^{2-} - 2e^- \longrightarrow PbSO_4$



Теоретическая энергоемкость:

около 133 Вт·ч/кг.

Удельная энергоемкость (Вт·ч/кг):

30-60 Вт·ч/кг .

ЭДС заряженного аккумулятора = 2,11 В,

рабочее напряжение = 2,1 В (6 секций в итоге дают 12,7 В).

Напряжение полностью разряженного аккумулятора = 1,75 — 1,8 В.

Рабочая температура: от - 40 до + 40

# Солнечные перовскитные элементы

