

Молекулярно-  
Кинетическая  
теория.  
Строение  
вещества

# 1

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

## ДИСКРЕТНОЕ СТРОЕНИЕ ВЕЩЕСТВА



Демокрит

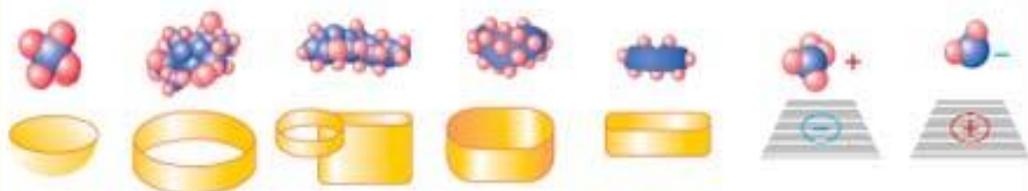


Атомы древних греков



Диффузия в жидкости

### СВЯЗЬ ОЩУЩЕНИЯ ЗАПАХА С ФОРМОЙ МОЛЕКУЛ ВЕЩЕСТВА



КАМФАРНЫЙ

МУСКУСНЫЙ

ЦВЕТОЧНЫЙ

МЯТНЫЙ

ЭФИРНЫЙ

ЕДКИЙ

ГНИЛОСТНЫЙ



Фотография атомов тория, полученная с помощью электронного микроскопа

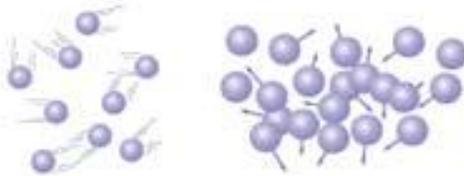


Электронный микроскоп

# 2

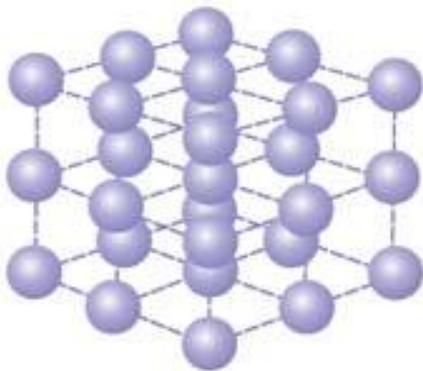
## МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

# ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЧАСТИЦ ВЕЩЕСТВА

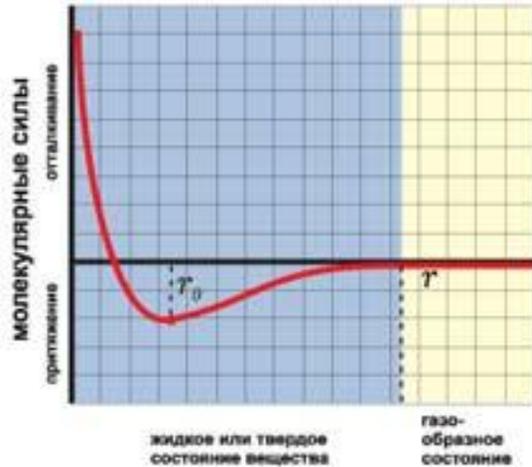


Газ

Жидкость



Твердое тело



Зависимость сил молекулярного взаимодействия от расстояния между молекулами

## ДИАГРАММЫ СОСТОЯНИЙ ВЕЩЕСТВА

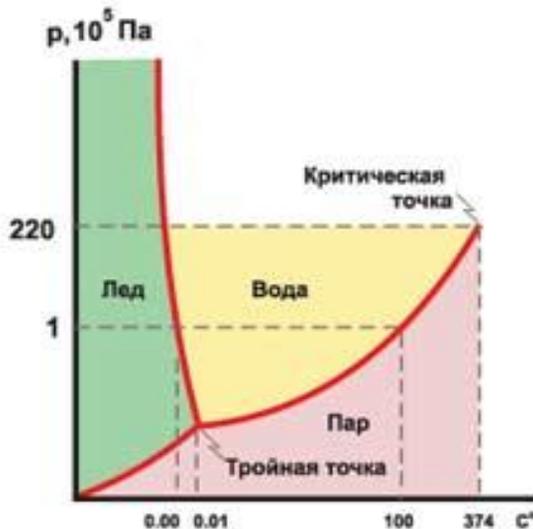


ДИАГРАММА СОСТОЯНИЙ ВОДЫ

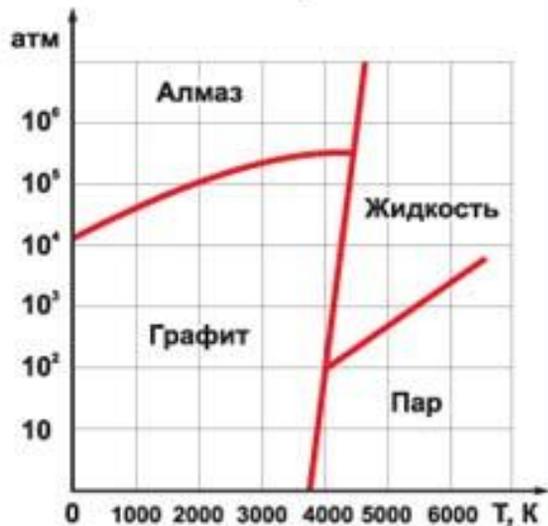
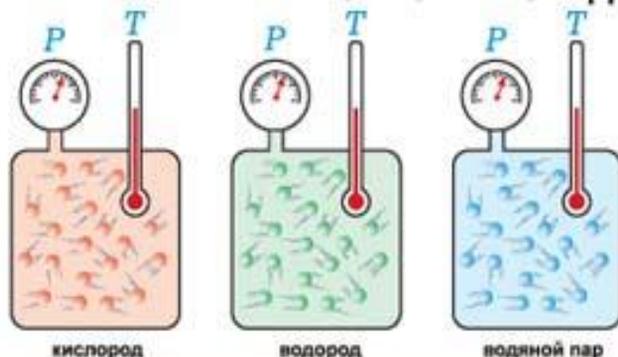


ДИАГРАММА СОСТОЯНИЙ УГЛЕРОДА

## КОЛИЧЕСТВО ВЕЩЕСТВА

## ЗАКОН АВОГАДРО



В равных объемах любых газов при одинаковых условиях содержится одинаковое количество молекул

## МОЛЬ

Моль равен количеству вещества системы, содержащей столько же структурных элементов, сколько содержится атомов в углероде-12 массой 0,012 кг

1 моль любого вещества содержит примерно  $6,022 \cdot 10^{23}$  атомов или молекул

## Молярная масса

$$M = \frac{m}{\nu}$$

$$m = M \cdot \nu$$

$$\nu = \frac{m}{M}$$

$M$  — молярная масса, кг/моль

$m$  — масса вещества, кг

$\nu$  — количество вещества, моль

$$N_A = \frac{N}{\nu}$$

$$N = N_A \cdot \nu$$

$$\nu = \frac{N}{N_A}$$

$N$  — число атомов или молекул вещества

$\nu$  — постоянная Авогадро

$N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$  моль<sup>-1</sup>

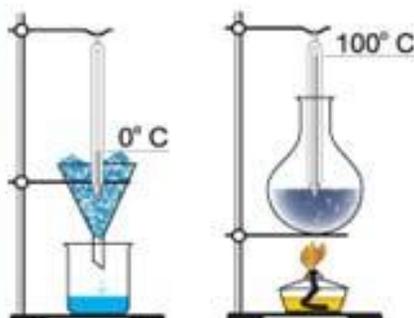
## 4

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

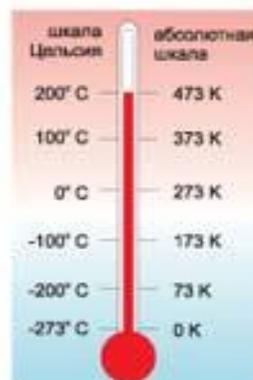
## ТЕМПЕРАТУРА



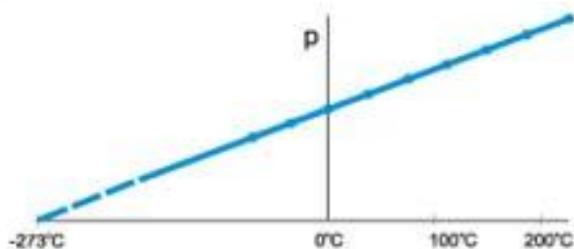
Термоскоп Галилея



Опорные точки температурной шкалы Цельсия



Сравнение шкалы по Цельсию с абсолютной шкалой

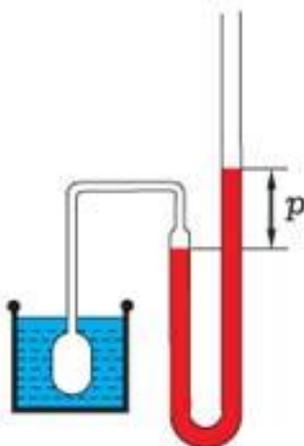


Зависимость давления газа при постоянном объеме от температуры по Цельсию

$$T = t + 273,15$$

$$t = T - 273,15$$

$$0 \text{ K} = -273,15 \text{ } ^\circ\text{C}$$



Газовый термометр

Связь абсолютной температуры  $T$  идеального газа с его давлением  $p$ 

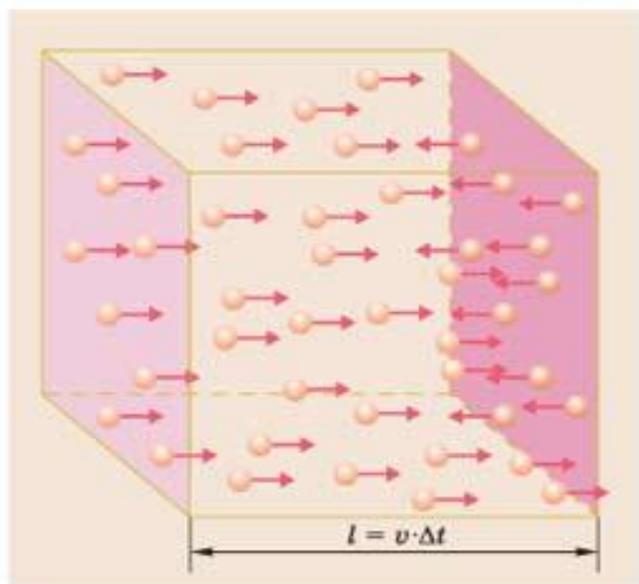
$$p = nkT$$

Связь абсолютной температуры  $T$  идеального газа со средней кинетической энергией  $E$  молекул

$$E = \frac{3}{2} kT$$

 $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К - постоянная БольцманаПри температуре  $T = 1\text{K}$  средняя кинетическая энергия теплового движения частицы  $E = 2,07 \cdot 10^{-23}$  Дж

## ДАВЛЕНИЕ ПОТОКА ЧАСТИЦ



$$F \Delta t = N m \Delta v$$

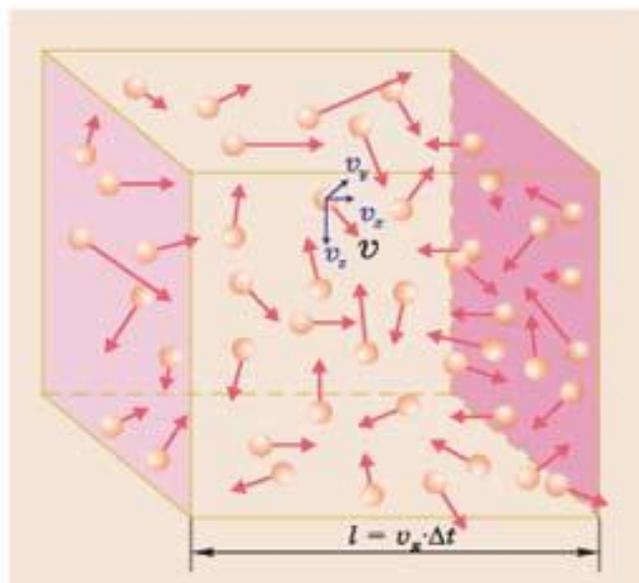
$$N = n S v \Delta t$$

$$\Delta v = 2v$$

$$F = 2 n m S v^2$$

$$p = \frac{F}{S} = 2 n m v^2$$

## ДАВЛЕНИЕ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА



$$N = \frac{1}{2} n S v_x \Delta t$$

$$p = n m \bar{v}_x^2$$

$$\bar{v}_x = \bar{v}_y = \bar{v}_z$$

$$3 \bar{v}_x^2 = \bar{v}^2, \quad \bar{v}_x^2 = \frac{1}{3} \bar{v}^2$$

$$p = \frac{1}{3} n m \bar{v}^2$$

$$\bar{E} = \frac{m \bar{v}^2}{2}$$

$$p = \frac{2}{3} n \bar{E}$$

## УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА

$$pV = \nu N_A kT$$

$$pV = \frac{m}{M} RT$$

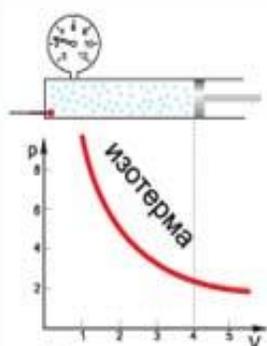
$R$ -молярная газовая постоянная

$$R = kN_A$$

$$R = 8,31 \text{ Дж моль}^{-1} \text{ К}^{-1}$$

## ИЗОПРОЦЕССЫ

## Изотермический процесс

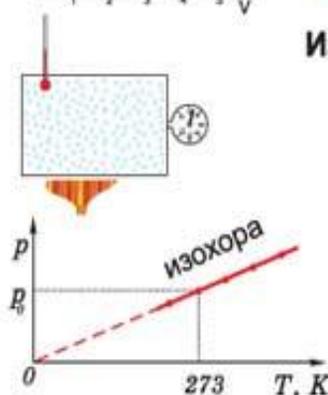


$$T = \text{const}$$

$$pV = \text{const}$$

- закон Бойля-  
Мариотта

## Изохорный процесс



$$V = \text{const}$$

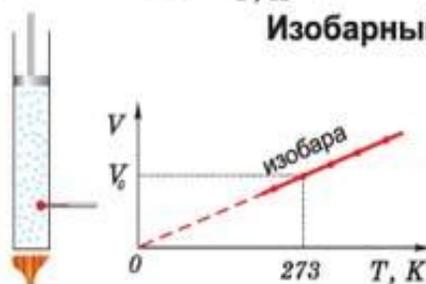
$$\frac{p}{T} = \text{const}$$

$$p = p_0 \alpha T$$

-закон Шарля

$$\alpha = 1/273,15 \text{ К}^{-1}$$

## Изобарный процесс



$$p = \text{const}$$

$$\frac{V}{T} = \text{const}$$

$$V = V_0 \alpha T$$

-закон  
Гей-Люссака

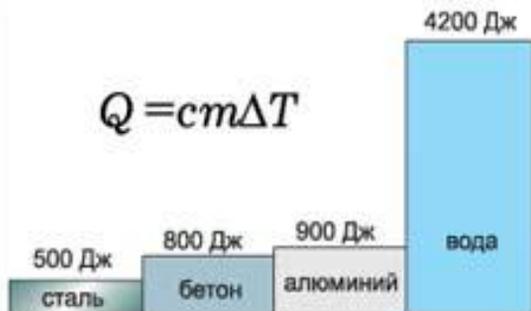
$$\alpha = 1/273,15 \text{ К}^{-1}$$

# 7

## МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

# ТЕПЛОЕМКОСТЬ

$$Q = cm\Delta T$$



$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta T} \text{ (Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}\text{)}$$

$c$  - удельная теплоемкость вещества

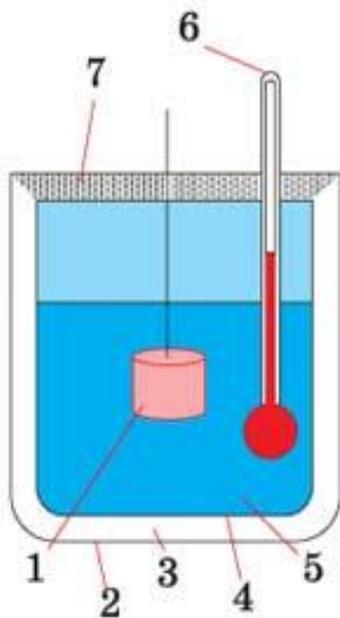
$Q$  - количество теплоты

$m$  - масса тела

$\Delta T$  - изменение температуры тела

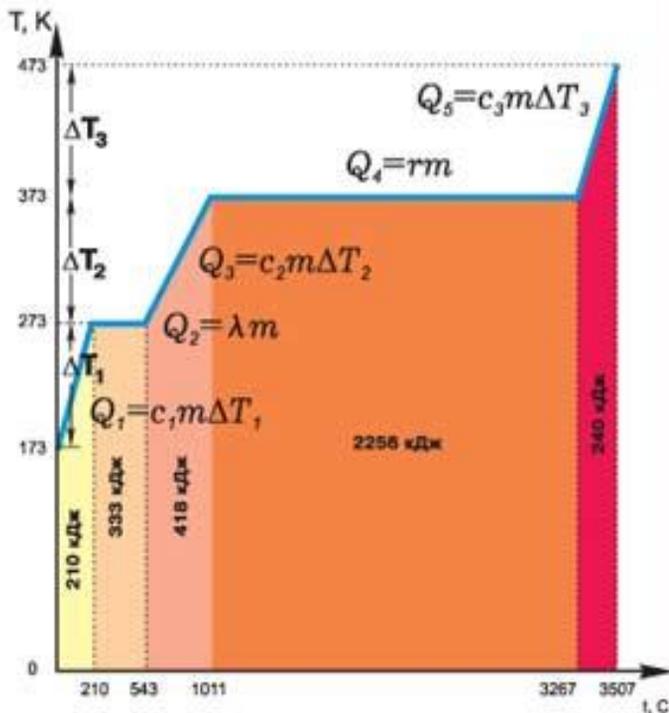
Количество теплоты, необходимое для нагревания 1 кг вещества на 1 К

## ИЗМЕРЕНИЕ ТЕПЛОЕМКОСТИ



### Калориметр

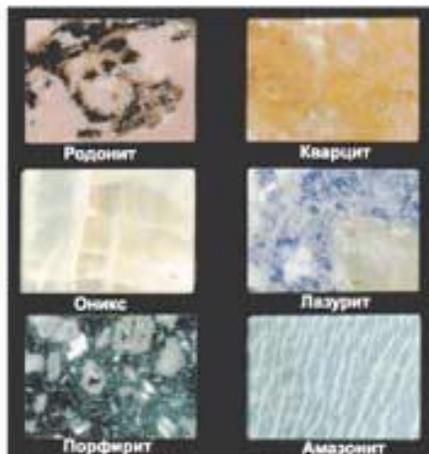
- 1-исследуемое тело
- 2-внешний стакан
- 3-воздух
- 4-внутренний стакан
- 5-вода
- 6-термометр
- 7-крышка



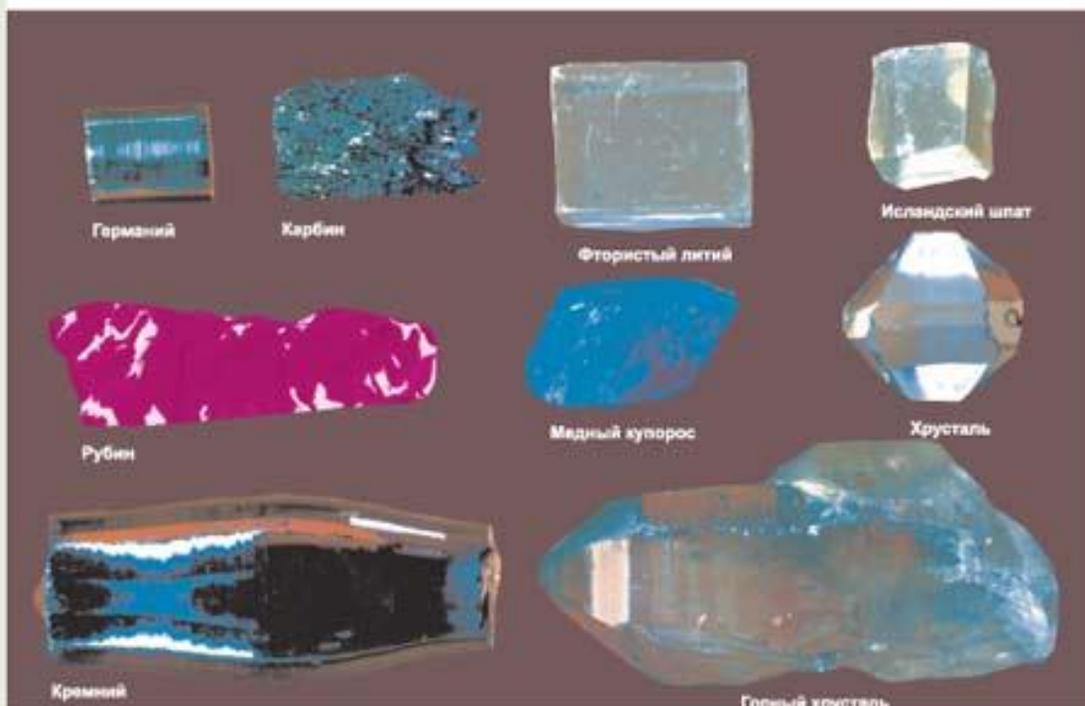
Изменения температуры 1 кг воды со временем при нагревании с постоянной мощностью 1 кВт ( $\lambda$ -удельная теплота плавления,  $r$ -удельная теплота парообразования).



КРИСТАЛЛЫ АМЕТИСТА



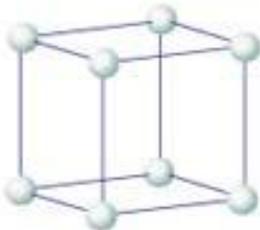
КРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ



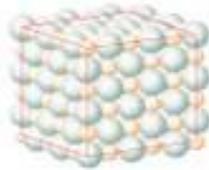
ПРИРОДНЫЕ И СИНТЕТИЧЕСКИЕ КРИСТАЛЛЫ

## МОДЕЛИ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ РЕШЕТОК

## ТИПЫ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЯЧЕЕК

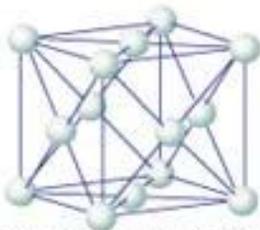


ПРОСТАЯ КУБИЧЕСКАЯ

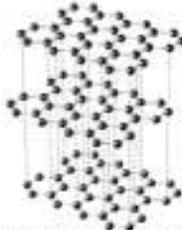


● Cl<sup>-</sup> ● Na<sup>+</sup>

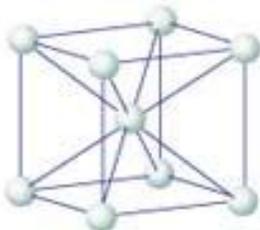
МОДЕЛЬ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ РЕШЕТКИ ХЛОРИСТОГО НАТРИЯ



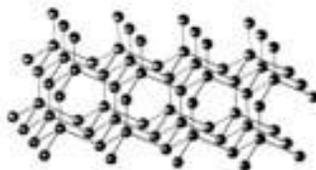
ГРАНЕЦЕНТРИРОВАННАЯ КУБИЧЕСКАЯ



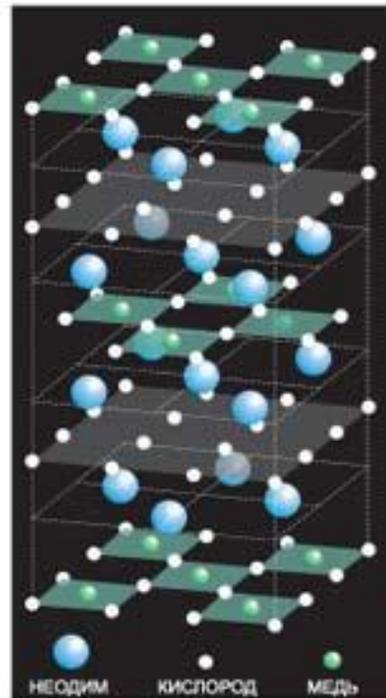
РЕШЕТКА ГРАФИТА



ОБЪЕМНОЦЕНТРИРОВАННАЯ КУБИЧЕСКАЯ



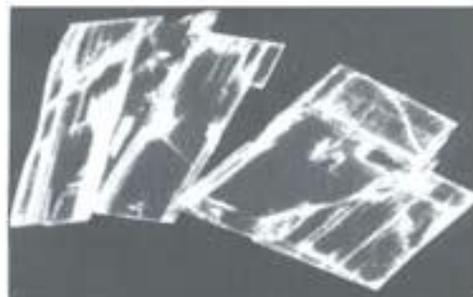
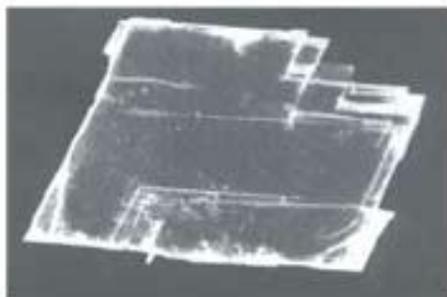
РЕШЕТКА АЛМАЗА



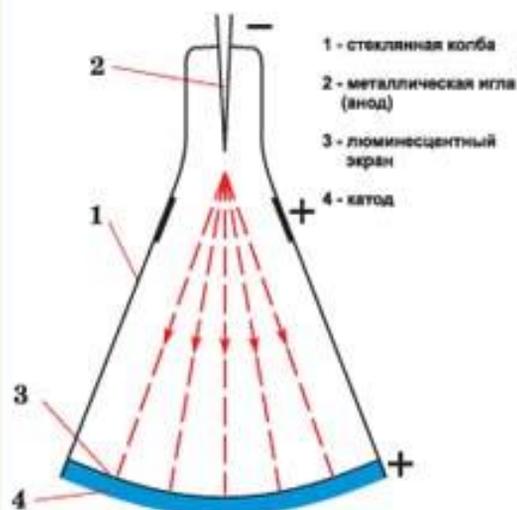
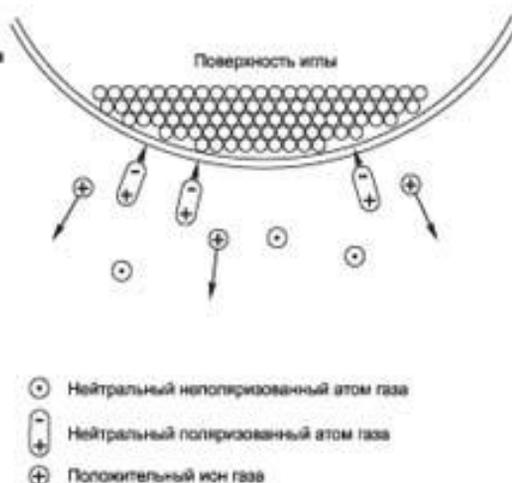
● НЕОДИМ ● КИСЛОРОД ● МЕДЬ

КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СВЕРХПРОВОДЯЩЕЙ КЕРАМИКИ Nd<sub>2</sub>CuO<sub>4</sub>

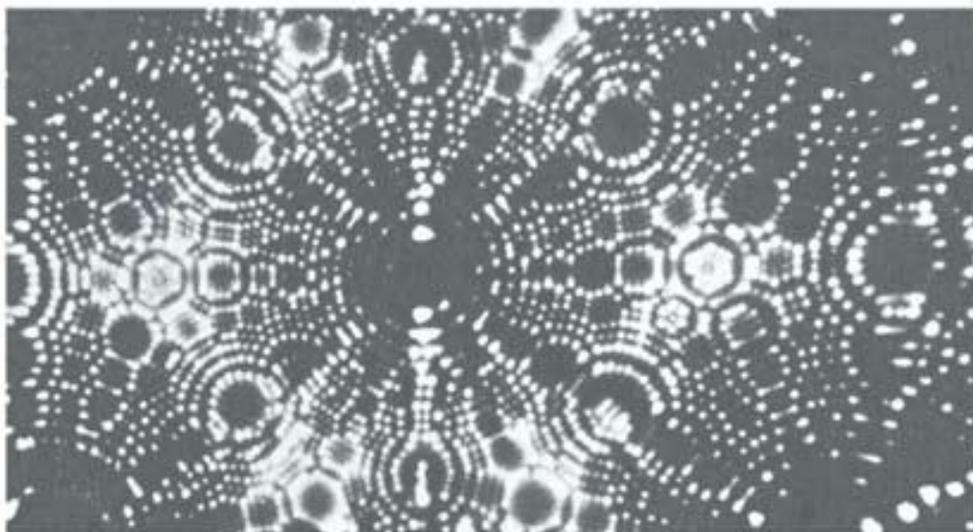
## АНИЗОТРОПИЯ СВОЙСТВ КРИСТАЛЛОВ



РАСКАЛЫВАНИЕ КРИСТАЛЛА ГИПСА

Схема устройства  
ионного проектораПроцессы поляризации и ионизации  
атомов у острия иглы

ФОТОГРАФИЯ С ЭКРАНА ИОННОГО ПРОЕКТОРА



Структура кристалла вольфрама. Каждая светлая точка на фотографии соответствует положению атома вольфрама в кристаллической решетке острия иглы.