

ТЕМПЕРАТУРА И ТЕПЛОВОЕ РАВНОВЕСИЕ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ.

План урока:

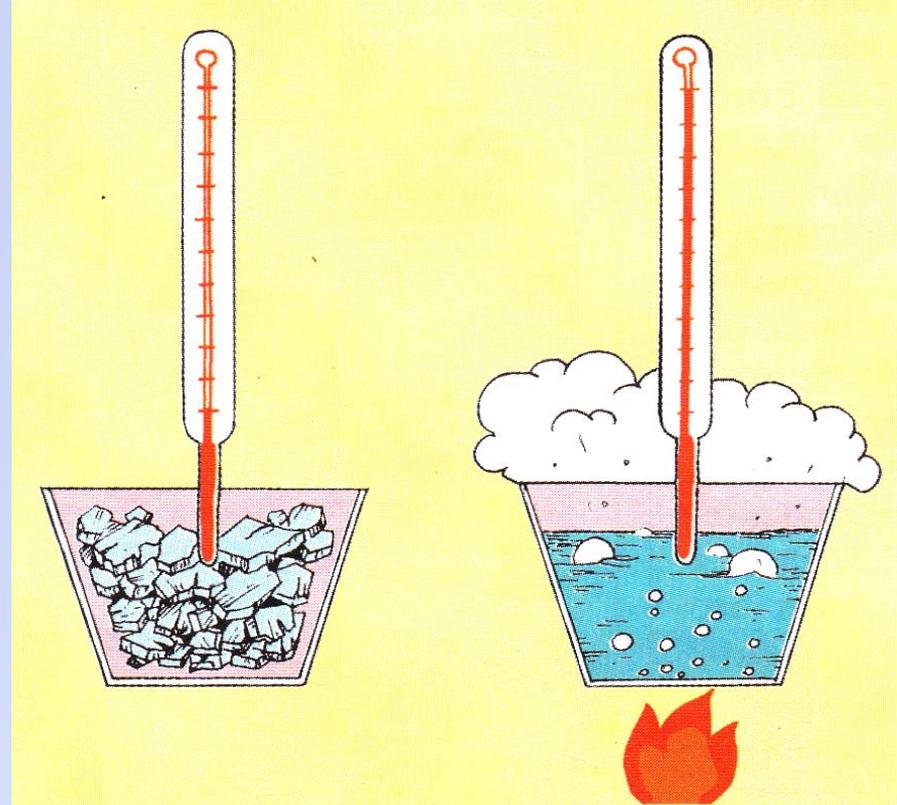
1. Изучение нового материала.
2. Закрепление материала.
3. Домашнее задание.

ТЕПЛОВОЕ РАВНОВЕСИЕ.

- Макроскопические параметры – давление (**P**), объем (**V**), температура (**T**).
- Любое макроскопическое тело или группа макроскопических тел при неизменных внешних условиях **самопроизвольно переходит** в состояние теплового равновесия.
- **Тепловое равновесие** – состояние, при котором все макроскопические параметры остаются неизменными сколь угодно долго.

ТЕМПЕРАТУРА.

- ПРИДУМАЙТЕ СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТЕРМОМЕТРА
- Температура характеризует состояние теплового равновесия системы тел: все тела системы, находящиеся друг с другом в тепловом равновесии, имеют одну и ту же температуру.
- Если температура тел различны, то разность температур указывает на направление теплообмена между ними.
- Газовые шкалы температур более точны, потому что газы при нагревании одинаково меняют свое давление при



- Для измерения температуры используется зависимость объема жидкости или газа от температуры.
- Прибор для измерения температуры – термометр.

СРЕДНЯЯ КИНЕТИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ МОЛЕКУЛ ГАЗА ПРИ ТЕПЛОВОМ РАВНОВЕСИИ.

- Согласно основному уравнению МКТ идеального газа, давление p прямо пропорционально средней кинетической энергии поступательного движения молекул.

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

Подставим в это уравнение выражение для концентрации молекул газа:

$$n = \frac{N}{V}$$

$$p = \frac{2N}{3V} \bar{E}$$

$$\frac{pV}{N} = \frac{2}{3} \bar{E}$$

Давление и объем измеряются непосредственно, а число молекул определяется по известной формуле:

$$N = \frac{m}{M} \cdot N_A$$

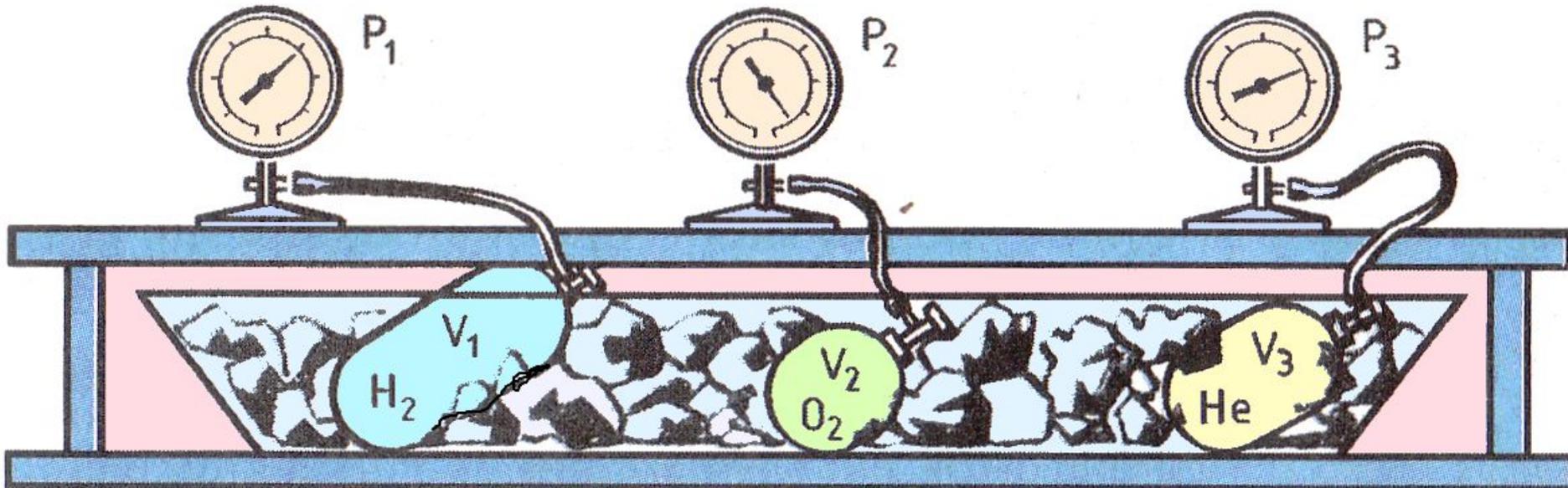
- Предполагается что кинетическая энергия одна и та же величина для всех газов; тогда для всех газов одинакова и величина:

$$\frac{pV}{N} = \text{const}$$

ГАЗЫ В СОСТОЯНИИ ТЕПЛОВОГО РАВНОВЕСИЯ.

- Газы (водород, кислород и гелий) известной массы и объема приводят в состояние теплового равновесия, помещая в лед или кипящую воду.
- В каждом из случаев вычисляется отношение:

$$\frac{pV}{N}$$



СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА.

При помещении газов в лед; $T=0^{\circ}\text{C}$ получено значение, одинаковое для всех газов:

$$\frac{p_{\text{H}_2} V_{\text{H}_2}}{N_{\text{H}_2}} = \frac{p_{\text{O}_2} V_{\text{O}_2}}{N_{\text{O}_2}} = \frac{p_{\text{He}} V_{\text{He}}}{N_{\text{He}}} = \theta_0 = 3,76 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$$

При помещении газов в кипящую воду; $T=100^{\circ}\text{C}$ получено другое значение отношения, но опять же, одинаковое для всех газов:

$$\frac{p_{\text{H}_2} V_{\text{H}_2}}{N_{\text{H}_2}} = \frac{p_{\text{O}_2} V_{\text{O}_2}}{N_{\text{O}_2}} = \frac{p_{\text{He}} V_{\text{He}}}{N_{\text{He}}} = \theta_{100} = 5,14 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$$

- Полученное отношение не всегда точно; но всегда выполняется для идеальных газов (т.е. сильно разреженных).
- Однако, температуру принято выражать не в Джоулях, а в градусах (так удобнее).

АБСОЛЮТНАЯ
ТЕМПЕРАТУРА.

Перевод температуры из энергетических единиц

- Вместо температуры, выраженной в энергетических единицах, введем температуру, выражаемую в градусах, используя коэффициент пропорциональности k :

$$\theta = kT$$

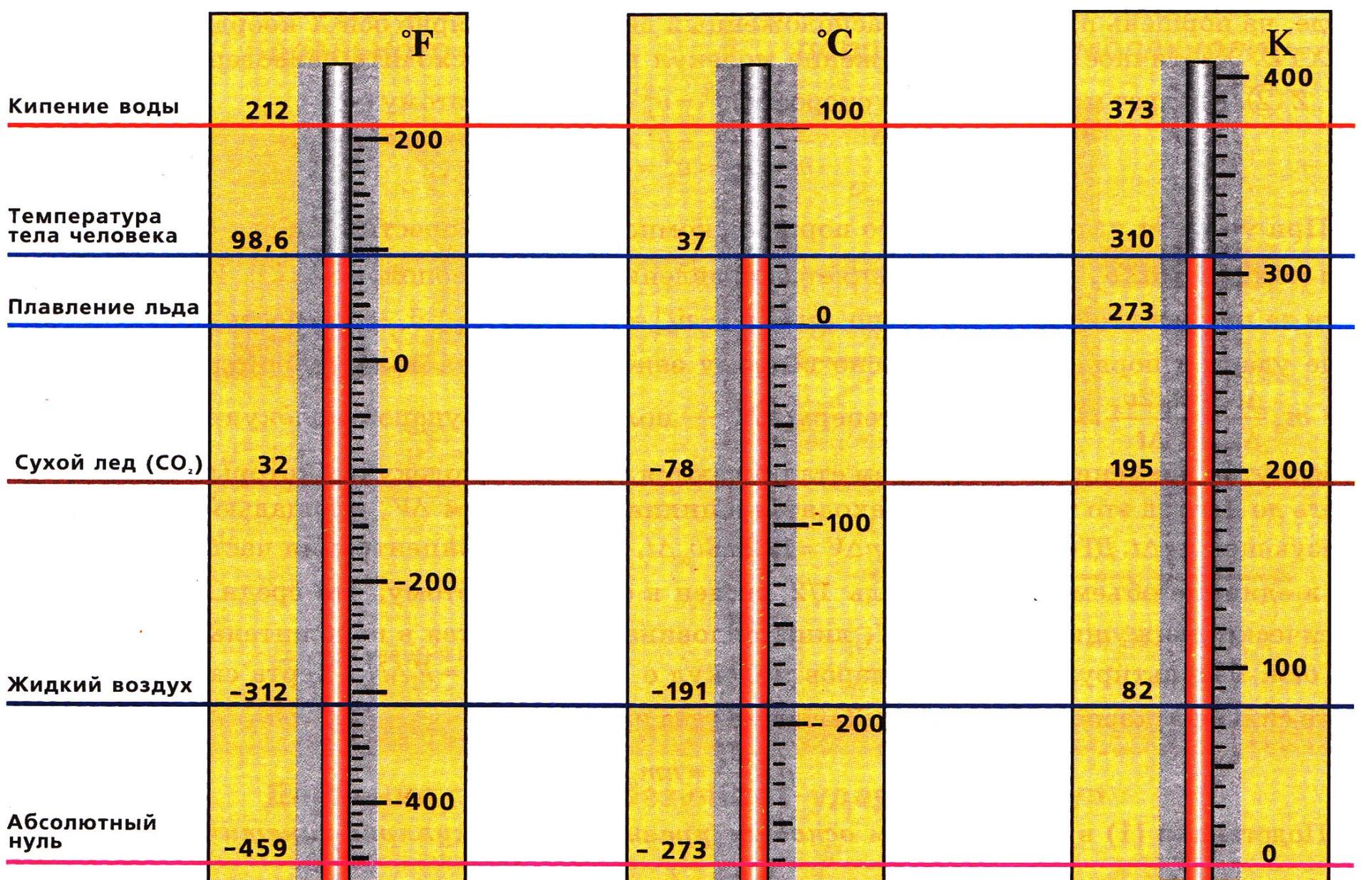
$$\frac{PV}{N} = kT$$

АБСОЛЮТНЫЙ НУЛЬ

ТЕМПЕРАТУР

- Предельную температуру, при которой давление идеального газа обращается в ноль при фиксированном объеме или объем идеального газа стремится к нулю при неизменном давлении, называют абсолютным нулем температур.
- Почему давление идеального газа обращается в ноль?
- Нулевая температура по абсолютной шкале (шкале Кельвина) соответствует абсолютному нулю, а каждая единица температуры по этой шкале равна градусу по шкале Цельсия.

$$\bullet T = t + 273$$



ШКАЛА ФАРЕНГЕЙТА

$$T_F = 32 + 1,8t$$

ШКАЛА ЦЕЛЬСИЯ

$$t = \frac{5}{9}(T_F - 32) = T - 273$$

ШКАЛА КЕЛЬВИНА

$$T = t + 273$$

ПОСТОЯННАЯ БОЛЬЦМАНА

- Зная значения температуры в энергетических единицах при 0 С и 100 С, можно вычислить коэффициент пропорциональности между температурой в энергетических единицах и температурой в Кельвинах:

$$\theta_{100} - \theta_0 = k \cdot 100 \text{ К} = (5,14 - 3,76) \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$$

$$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

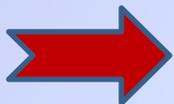


- Людвиг Больцман.
Австрийский физик.
(1844-1906гг)

ТЕМПЕРАТУРА – МЕРА СРЕДНЕЙ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ МОЛЕКУЛ.

$$\frac{pV}{N} = \frac{2}{3} \bar{E}$$

$$\frac{pV}{N} = kT$$



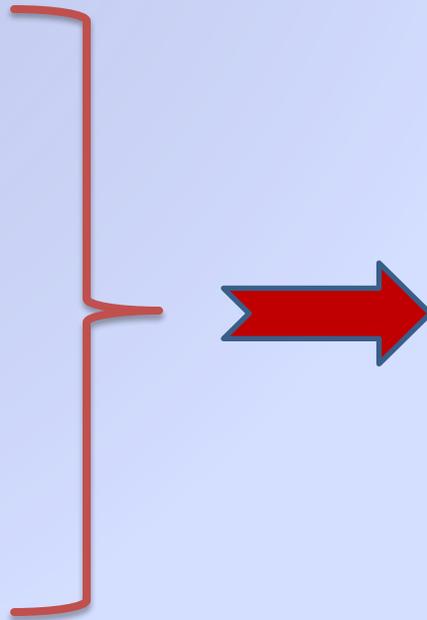
$$\bar{E} = \frac{3}{2} \cdot kT$$

- Средняя кинетическая энергия хаотичного поступательного движения молекул газа пропорциональна абсолютной температуре.

ЗАВИСИМОСТЬ ДАВЛЕНИЯ ГАЗА ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ МОЛЕКУЛ И ТЕМПЕРАТУРЫ

$$\frac{pV}{N} = \frac{2}{3} \overline{E}$$

$$n = \frac{N}{V}$$



$$p = nkT$$

- **Закон Авогадро** (из курса химии): в равных объемах газов при одинаковых температурах и давлениях содержится одинаковое число молекул

Закрепление материала:

1. Какие величины характеризуют состояние макроскопических тел?
2. Каковы отличительные признаки состояний теплового равновесия?
3. Приведите примеры установления теплового равновесия тел, окружающих нас в повседневной жизни.
4. В чем преимущество использования разреженных газов для измерения температуры?
5. На каком основании можно предполагать существование связи между температурой и кинетической энергией молекул?
6. Как связаны объем, давление и число молекул различных газов в состоянии теплового равновесия?
7. Почему различаются значения отношения PV/T при различной температуре?
8. Почему для измерения температуры не используют градуировку в Джоулях?

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

повторение

ЗАДАЧИ 4, 5.

- Каково количество вещества, содержащееся в 1 г воды?

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

- Ответ: 0,06 моль

- Чему равно число молекул в 10 г кислорода?

$$N = N_A \cdot \frac{m}{M}$$

- Ответ: $1,88 \cdot 10^{23}$

ЗАДАЧИ 6, 7.

- Чему равна масса молекулы азота?
- $m_0 = M/N_A = 28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль} / 6 \cdot 10^{23} \approx 4,67 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$
- Определите число атомов в 1 м^3 меди. Молярная масса меди равна $0,0635 \text{ кг/моль}$, ее плотность 9000 кг/м^3 .

$$N = N_A \cdot \frac{m}{M} = N_A \cdot \frac{\rho \cdot V}{M} \approx 8,5 \cdot 10^{28}$$

ЗАДАЧИ 8, 9.

- Плотность алмаза 3500 кг/м . Какой объем займут 10 атомов этого вещества?
- Ответ: $5,7 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3$.
- Как изменится давление газа, если концентрация его молекул увеличится в 3 раза, а средняя скорость молекул уменьшится в 3 раза?
- Ответ: уменьшится в 3 раза.

**Домашнее
задание**

**§ 22-23
(Кабардин)**

**§ 66, 67
(Мякишев)**

**/2.1.1/ Наименьшая упорядоченность в расположении частиц
характерна для**

- 1) газов**
- 2) жидкостей**
- 3) кристаллических тел**
- 4) аморфных тел**

/2.1.1/ Какая-либо упорядоченность в расположении частиц вещества отсутствует. Это утверждение соответствует модели строения

- 1) только газа
- 2) только жидкости
- 3) только твердого тела
- 4) газа, жидкости и твердого тела

/2.1.1/ Иногда аморфное тело превращается в кристаллическое. При этом

- 1) существенно уменьшается расстояние между частицами вещества
- 2) частицы вещества перестают хаотично двигаться
- 3) увеличивается упорядоченность в расположении частиц вещества
- 4) существенно увеличивается расстояние между частицами вещества

/2.1.2/ Одним из подтверждений положения молекулярно-кинетической теории строения вещества о том, что частицы вещества хаотично движутся, может служить

А — возможность испарения жидкости при любой температуре

Б — зависимость давления столба жидкости от глубины

В — выталкивание из жидкости погруженных в нее тел

Какие из утверждений правильны?

1) только А

2) только Б

3) только А и Б

4) только Б и В

/2.1.4/ Укажите пару веществ, скорость диффузии которых наименьшая при прочих равных условиях:

- 1) раствор медного купороса и вода
- 2) пары эфира и воздух
- 3) свинцовая и медная пластины
- 4) вода и спирт