

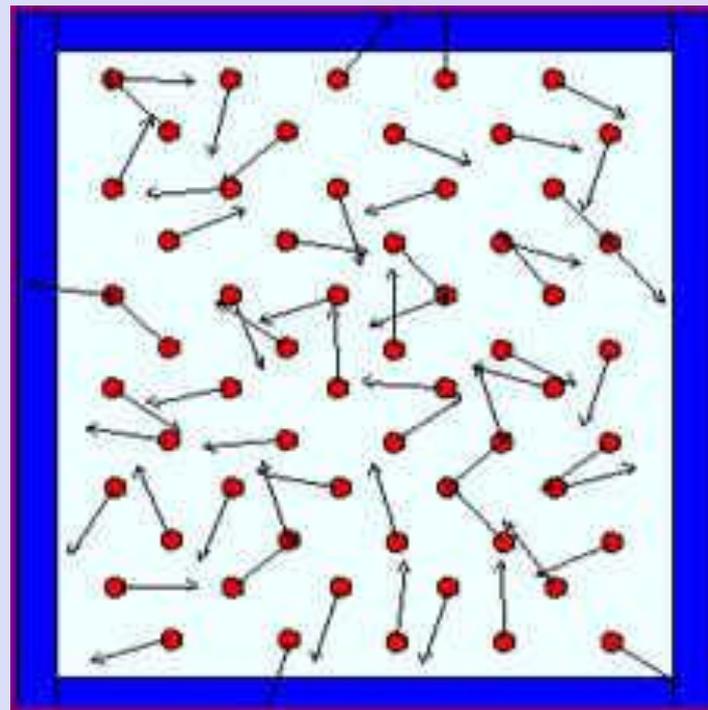
Теория №12

Идеальный газ. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов. Температура и ее измерение

Древние считали газ неуловимой формой тела, представляющего собой нечто среднее между веществом и духом. Новые взгляды на газ потрясли мир в XVIIв. Первому из исследованных газов – воздуху – были приданы свойства вещества

Цели занятия:

1. Иметь представление о идеальном газе, как физической модели.
2. Понимать и перечислять, от каких величин зависит давление газа на стенки сосуда.
3. Написать основное уравнение МКТ.
4. Указывать, как влияют изменения величин, входящих в основное уравнение МКТ, на изменение давления газа.



Установите соответствие:

1. Молекулы движутся с огромными скоростями.
2. Тела сохраняют форму и объем.
3. Атомы колеблются около положения равновесия.
4. Расстояние между молекулами превышает размер молекул.
5. Молекулы колеблются, периодически перескакивая на новое место.
6. Тела сохраняют форму, но не сохраняют объем.

А. Твердые тела.

Б. Жидкости.

В. Газы.

Ответы: **1-В** **2-А** **3-А** **4-В** **5-Б** **6-Б**

ИДЕАЛЬНЫЙ ГАЗ

Известно, что частицы в газах, в отличие от жидкостей и твердых тел, располагаются друг относительно друга на расстояниях, существенно превышающих их собственные размеры. В этом случае взаимодействие между молекулами пренебрежимо мало и кинетическая энергия молекул много больше энергии межмолекулярного взаимодействия.

Для выяснения наиболее общих свойств, присущих всем газам, используют упрощенную модель реальных газов -

идеальный газ

Идеальный газ (модель)

1. Совокупность большого числа молекул массой m_0 , размерами молекул пренебрегают (принимают молекулы за материальные точки).
2. Молекулы находятся на больших расстояниях друг от друга и движутся хаотически.
3. Молекулы взаимодействуют по законам упругих столкновений, силами притяжения между молекулами пренебрегают.
4. Скорости молекул разнообразны, но при определенной температуре средняя скорость молекул остается постоянной.

Реальный газ

1. Молекулы реального газа не являются точечными образованиями, диаметры молекул лишь в десятки раз меньше расстояний между молекулами.
2. Молекулы не взаимодействуют по законам упругих столкновений.

Идеальный газ – газ, молекулы которого представляют собой материальные точки, а их взаимодействие носит характер абсолютно упругого удара

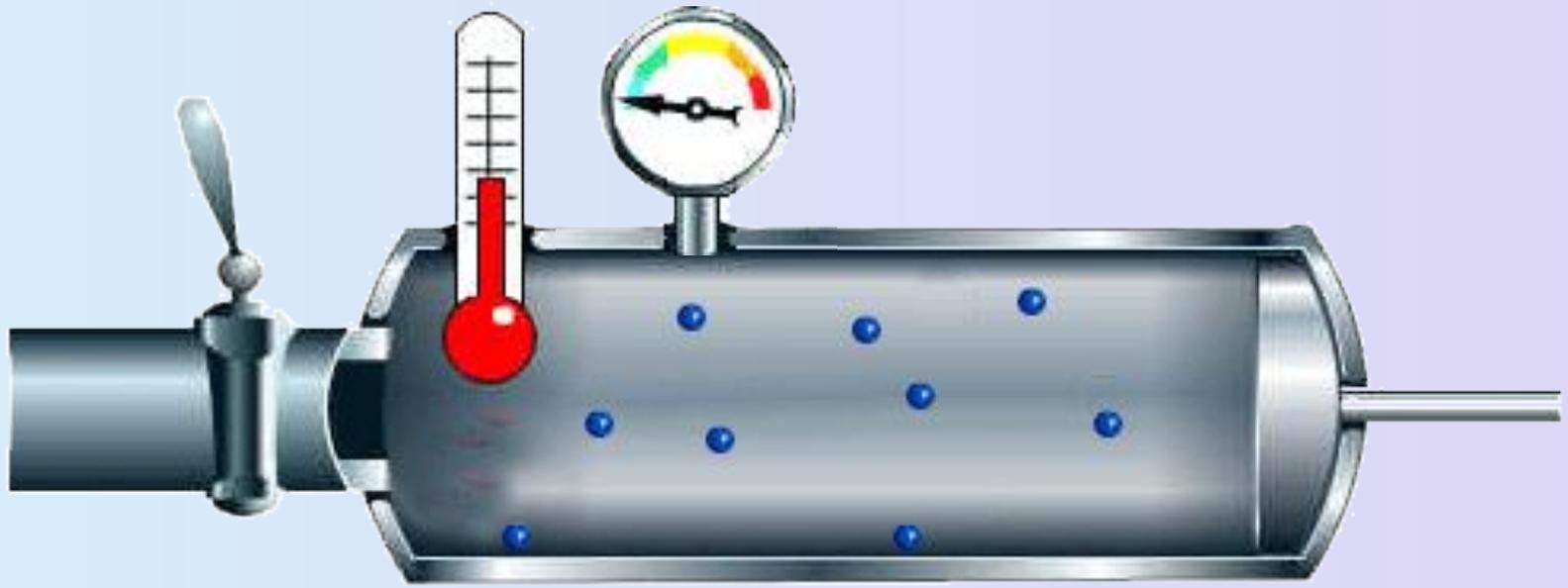
**Идеальный газ –
физическая модель
реального газа**

**Модели идеального газа
соответствует реальный
газ находящийся под
низким давлением и при
высокой температуре**

Воздух при нормальных условиях можно приближенно считать
идеальным газом

Свойства идеального газа

- 1. Суммарный объем молекул по сравнению с объемом, занимаемым газом, пренебрежимо мал.**
- 2. Молекулы представляют собой упругие шарики**
- 3. Внутренняя энергия газа определяется лишь кинетической энергией.**

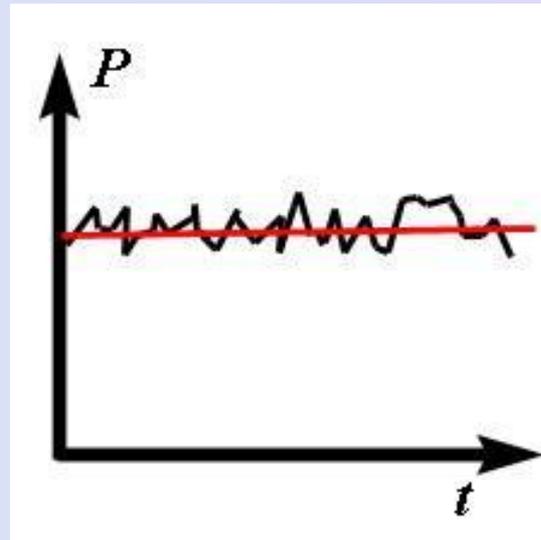
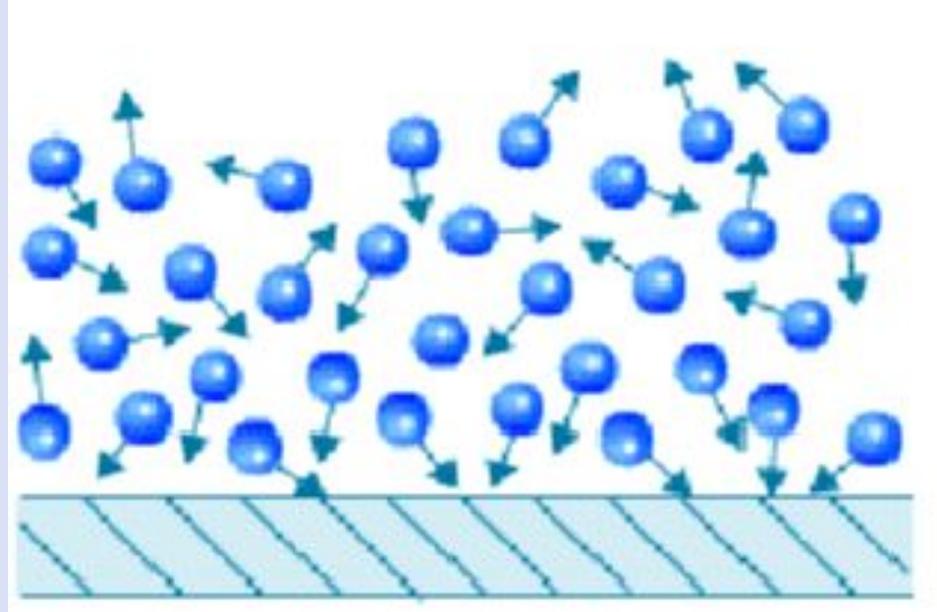


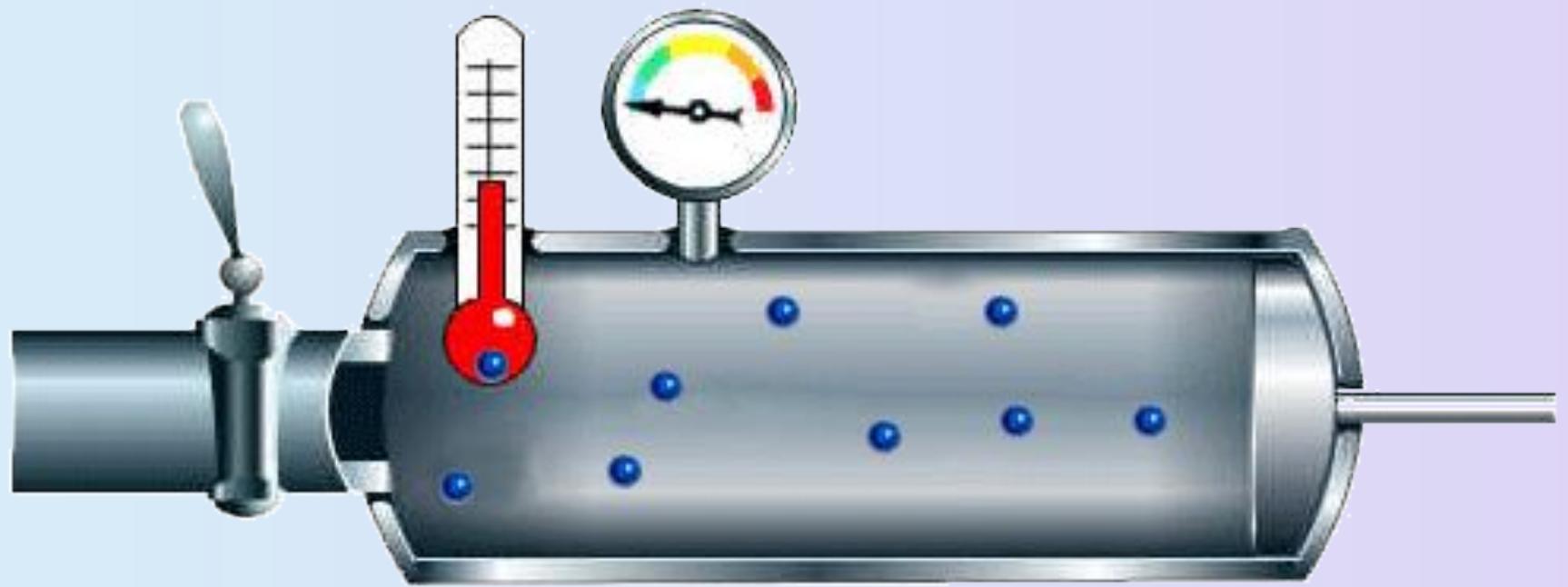
P?



Зависимость давления идеального газа от:

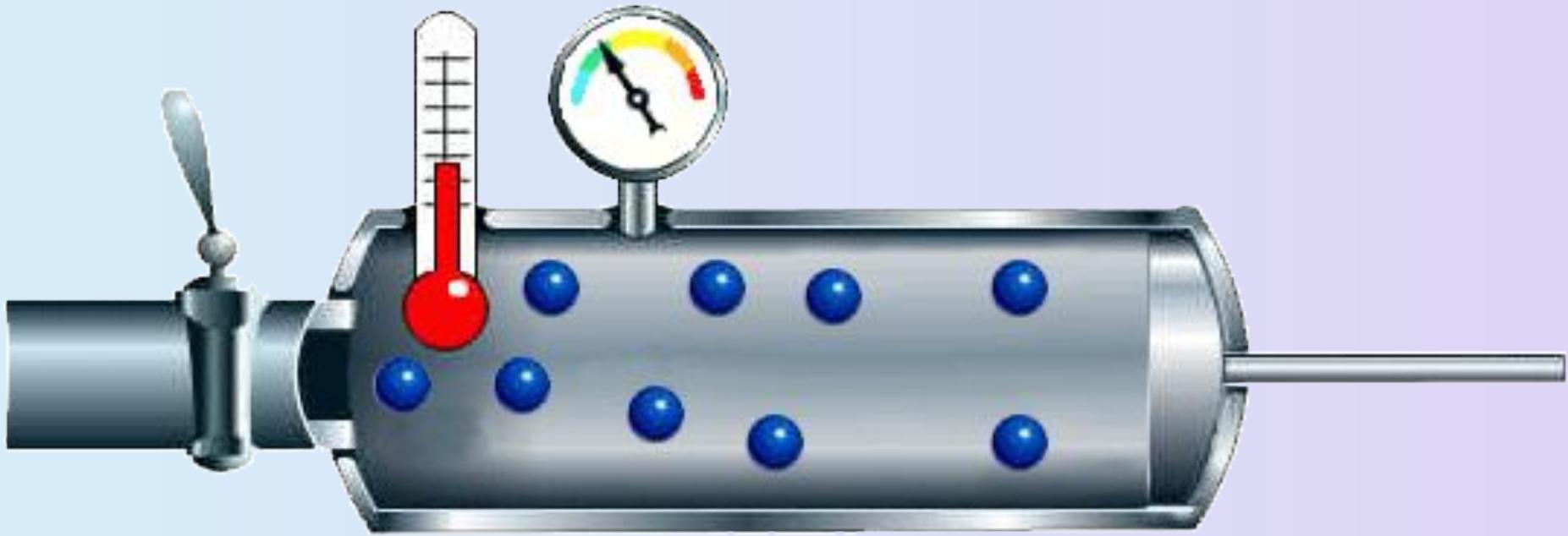
- Массы молекул
- Концентрации молекул
- Скорости движения молекул





$m_0 \uparrow \rightarrow P \uparrow$





$n \uparrow \rightarrow P \uparrow$





$P? m_0 n V V^2$



Основное уравнение МКТ идеального газа.

Масса
молекулы [кг]

Скорость движения
молекул [м/с]

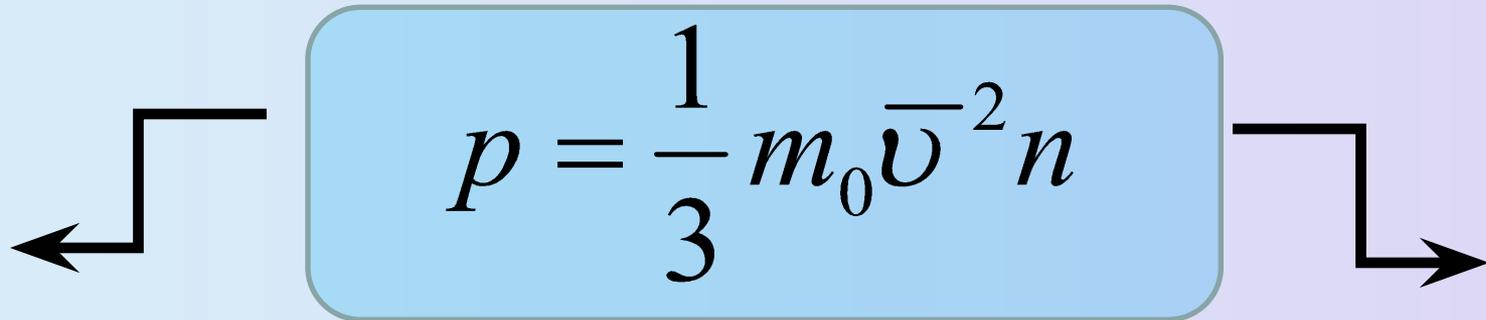
$$P = \frac{1}{3} m_0 n v^2$$

Давление
газа [Па]

Концентрация
молекул [m^{-3}]



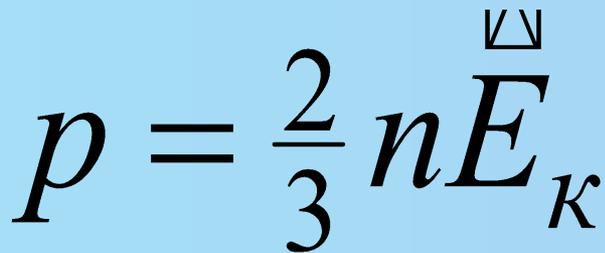
*Основное уравнение кинетической теории
идеального газа или уравнение Клаузиуса*

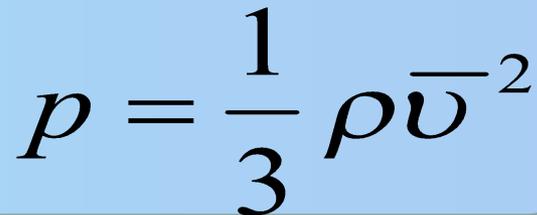

$$p = \frac{1}{3} m_0 \bar{v}^2 n$$

$$p = \frac{2}{3} \frac{m_0 \bar{v}^2}{2} n$$

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

$$p = \frac{1}{3} m_0 \bar{v}^2 \frac{N}{V} = \frac{1}{3} \frac{m}{V} \bar{v}^2 = \frac{1}{3} \rho \bar{v}^2$$


$$p = \frac{2}{3} n E_k$$


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

Закон Дальтона

Давление смеси газов равно сумме их парциальных давлений

$$p = p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_N$$

Парциальное давление газа – давление, которое бы оказывал газ на стенки сосуда, находясь в нем один

Если в сосуде содержится несколько газов, то каждый газ занимает объем, равный объему сосуда, и все газы имеют одинаковую температуру

ТЕПЛОВОЕ РАВНОВЕСИЕ

- **Тепловое равновесие** – это такое состояние системы тел, находящихся в тепловом контакте, при котором не происходит теплопередачи от одного тела к другому, и все **макроскопические** параметры тел остаются **неизменными**.

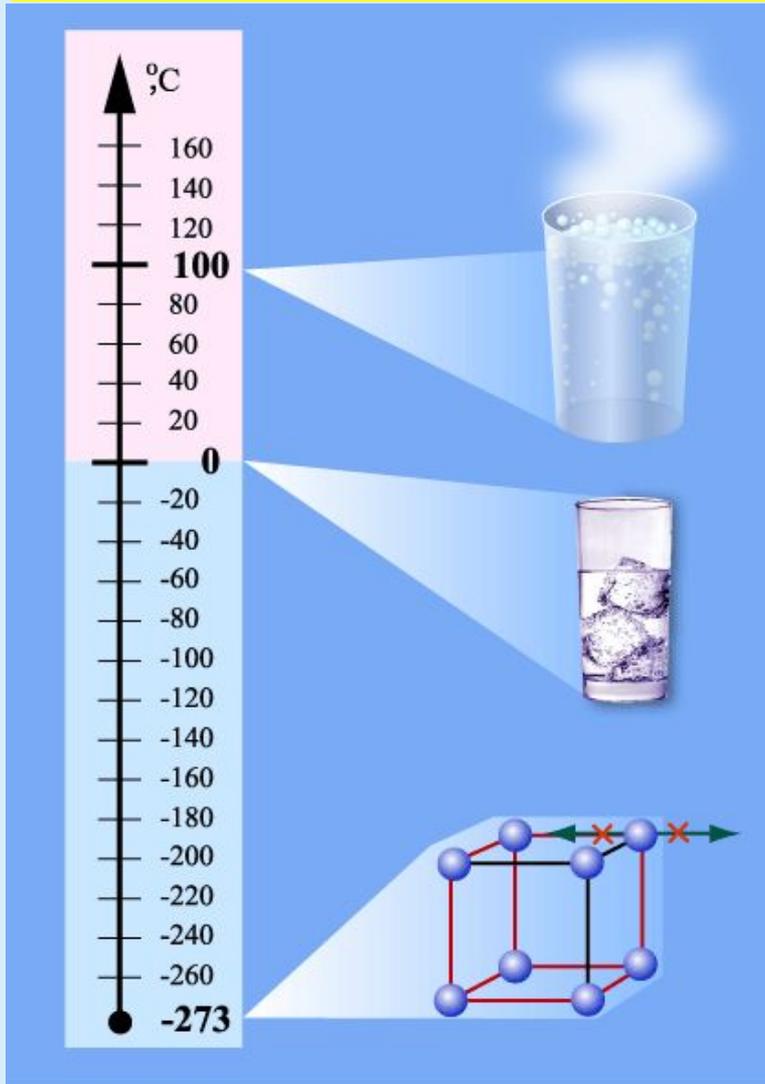
ТЕМПЕРАТУРА

При тепловом равновесии в системе не меняются **объем и давление**, не изменяются **агрегатные состояния** вещества, **концентрации** веществ. Но микроскопические процессы внутри тела не прекращаются и при тепловом равновесии: меняются положения молекул, их скорости при столкновениях. В системе тел, находящейся в состоянии термодинамического равновесия, объемы и давления могут быть различными, а температуры обязательно одинаковы. Таким образом, **температура характеризует состояние термодинамического равновесия изолированной системы тел.**

ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ

- Для измерения температуры служат специальные приборы - *термометры*. Их действие основано на том факте, что при изменении температуры, изменяются и другие физические параметры тела, например, такие, как *давление и объем*.

ШКАЛА ТЕРМОМЕТРА



Шкала Цельсия:

0°C - точка таяния льда

100°C - точка кипения воды

- 273°C - самая низкая

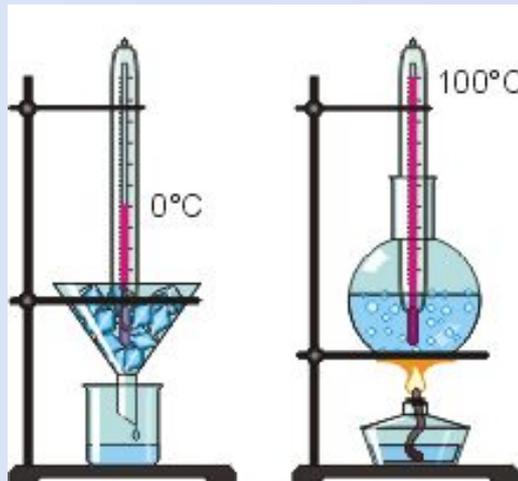
температура в природе

создатели шкалы "Цельсия"



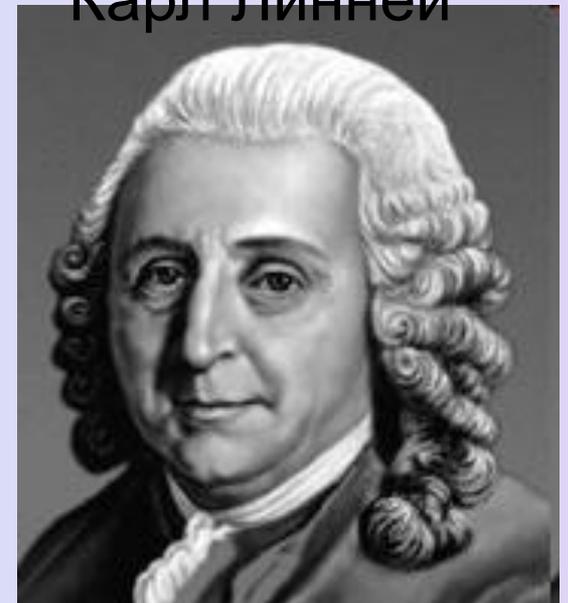
Шведский
ученый

Андерс Цельсий



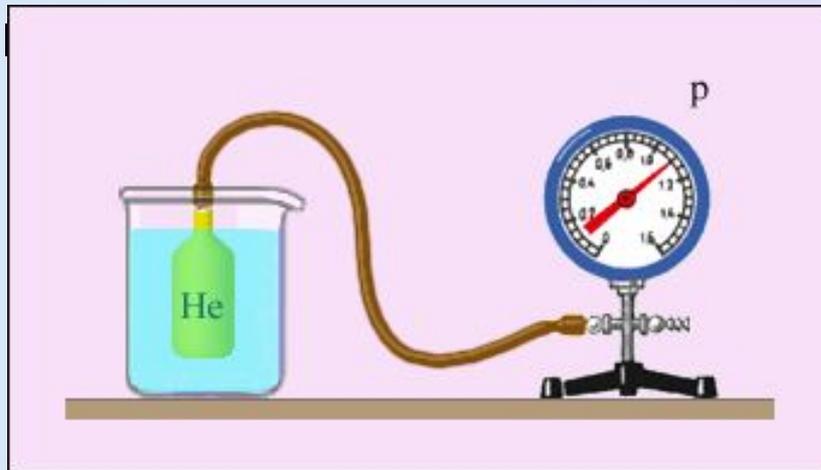
Шведский
естествоиспытате
ль

Карл Линней



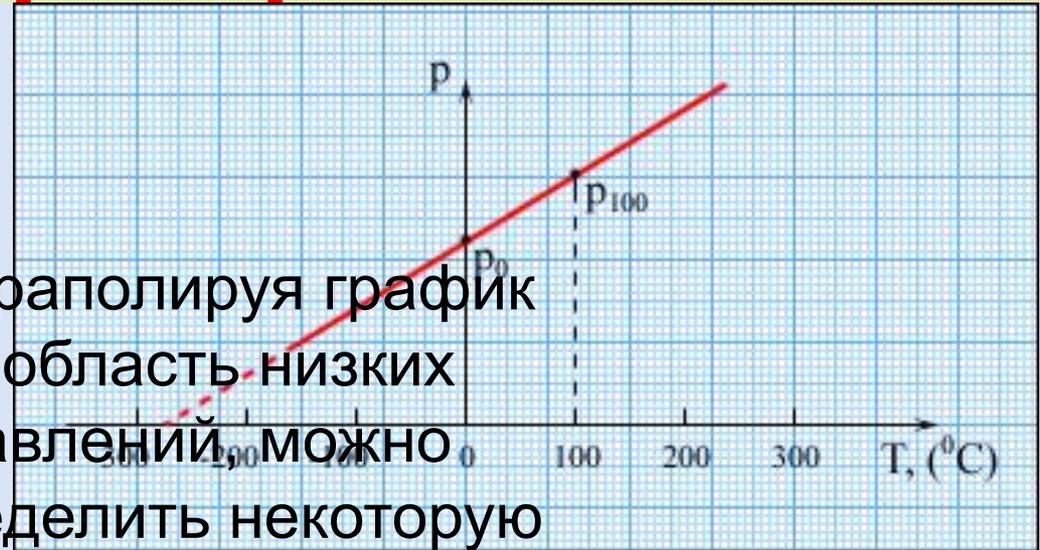
ГАЗОВЫЙ ТЕРМОМЕТР

- Особое место в физике занимают **газовые термометры**, в которых термометрическим веществом является разреженный газ (гелий, воздух) в сосуде неизменного объема, а термометрической величиной – **давление газа p** . Опыт показывает, что давление газа (при $V = \text{const}$) растет с ростом температуры, **сия.**



Зависимость давления газа от температуры при $V = \text{const}$.

Экстраполируя график в область низких давлений, можно определить некоторую



«гипотетическую» температуру, при которой давление газа стало бы равным **нулю**. Опыт показывает, что эта температура равна **$-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$** и **не зависит от свойств газа**. Невозможно на опыте получить путем охлаждения газ в состоянии с нулевым давлением, так как при очень низких температурах все газы переходят в жидкие или твердые состояния.

ШКАЛА КЕЛЬВИНА

- Английский физик У. Кельвин в 1848 г. предложил использовать точку нулевого давления газа для построения новой температурной шкалы (**шкала Кельвина**). В этой шкале единица измерения температуры такая же, как и в шкале Цельсия, но нулевая точка сдвинута:

$$T = t + 273$$

- В системе СИ принято единицу измерения температуры по шкале Кельвина называть **кельвином** и обозначать буквой **K**. Например, комнатная температура $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ по шкале Кельвина равна $T = 293 \text{ K}$.
- Температурная шкала Кельвина называется **абсолютной шкалой температур**. Она оказывается наиболее удобной при построении физических теорий.

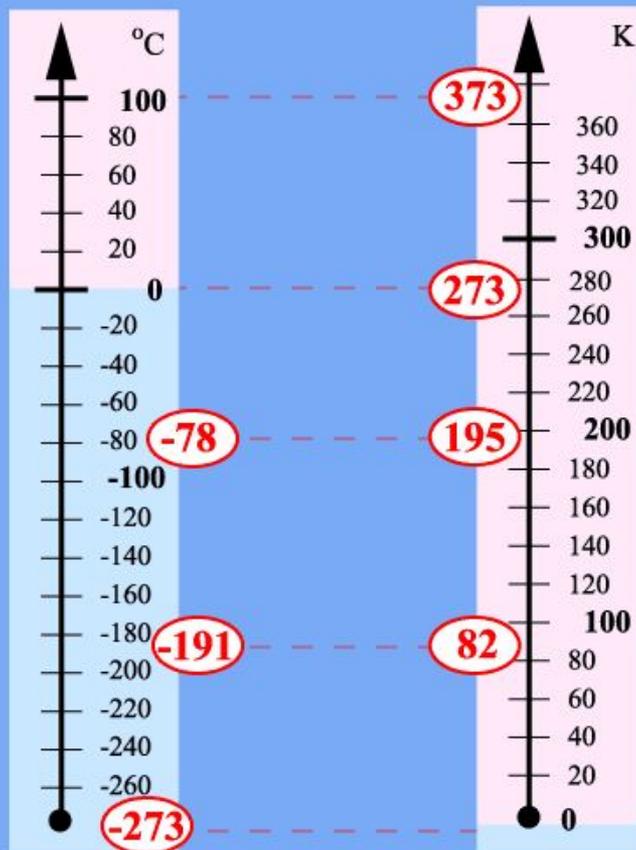
СРАВНЕНИЕ ШКАЛ ЦЕЛЬСИЯ И КЕЛЬВИНА

Шкала Цельсия

Термодинамическая
шкала

$$t = T - 273$$

$$T = t + 273$$



кипение воды



плавление льда



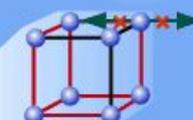
сухой лед (CO_2)



жидкий воздух



абсолютный ноль



АБСОЛЮТНЫЙ НОЛЬ ТЕМПЕРАТУРЫ

– предельная температура, при которой давление идеального газа обращается в ноль при данном объеме или объём идеального газа стремится к нулю при неизменном давлении

ТЕМПЕРАТУРА – МЕРА КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ МОЛЕКУЛ

- *Средняя кинетическая энергия движения молекул пропорциональна абсолютной температуре*

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

- *средняя кинетическая энергия поступательного движения молекулы не зависит от ее массы. Броуновская частица, взвешенная в жидкости или газе, обладает такой же средней кинетической энергией, как и отдельная молекула, масса которой на много порядков меньше массы броуновской частицы.*

ТЕМПЕРАТУРА И ДАВЛЕНИЕ

$$p = nkT$$

$k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К - постоянная
Больцмана

Следствия:

1. при одинаковых давлениях и температурах концентрация молекул у всех газов одинакова
2. для смеси двух газов давление равно

$$p = p_1 + p_2$$

Как изменится давление газа на стенки сосуда, если:

- масса молекулы увеличится в 3 раза
- концентрация молекул уменьшится в 4 раза
- скорость движения молекул увеличится в 2 раза
- объем увеличится в 5 раз
- масса молекулы уменьшится в 4 раза, а концентрация увеличится в 2 раза
- масса молекулы увеличится в 2 раза, а скорость движения молекул увеличится в 3 раза
- концентрация молекул увеличится в 3 раза, скорость движения молекул уменьшится в 3 раза

Связь давления со средней кинетической энергией

$$E = \frac{m_0 \cdot V^2}{2}$$

Средняя кинетическая
энергия
поступательного
движения молекулы

$$P = \frac{1}{3} m_0 n V^2 \neq \frac{2}{3} n E \frac{m_0 V^2}{2}$$

Связь давления с плотностью газа.

$$\rho = m_0 \cdot n$$

← Концентрация молекул

← Масса молекулы

← Плотность газа

$$P = \frac{1}{3} m_0 \rho n \cdot V^2$$

Задача.

- №468 Каково давление азота, если средняя квадратичная скорость его молекул 500 м/с, а его плотность $1,35 \text{ кг} / \text{м}^3$?

подсказка

решение

- №469 Какова средняя квадратическая скорость движения молекул газа, если имея массу 6 кг, он занимает объем 5 м^3 при давлении 200кПа?

подсказка

решение

Воспользуйтесь формулой :

$$P = \frac{1}{3} \rho V^2$$

Средняя квадратичная скорость

Плотность

Давление



Дано :

$$M = 500 \text{ /}$$

$$\rho = 1,35 \text{ кг / м}^3$$

Найти :

$$P = ?$$

Решение:

$$P = \frac{1}{3} \rho V^2$$

$$P = \frac{1}{3} \cdot 1,35 \cdot 500^2 =$$

$$= 112500 \text{ Па} \approx$$

$$\approx 112,5 \text{ кПа}$$

Ответ: 112,5кПа



Сначала найдите плотность газа по формуле:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

← Масса газа

← Объем газа

А потом выразите скорость движения молекул из формулы:

$$P = \frac{1}{3} \rho V^2$$



Дано :

$$m = 6$$

$$M = 5 \cdot 10^5$$

$$P = 2 \cdot 10^5$$

Найти :

$$V = ?$$

Решение:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{6}{5} =$$

$$= 1,2 \text{ кг} / \text{м}^3$$

$$V = \sqrt{\frac{3P}{\rho}} =$$

$$= \sqrt{\frac{3 \cdot 2 \cdot 10^5}{1,2}} \approx$$

$$\approx 707 \text{ м} / \text{с}$$

Ответ: 707 м/с



3. Какова энергия теплового движения молекулы кислорода при температурах 60°C и молекулы азота при -60°C ?

• Дано:

$$t_1 = 60^{\circ}\text{C}$$

$$t_2 = -60^{\circ}\text{C}$$

$$E_1 - ?$$

$$E_2 - ?$$

Дж

Решение

$$T_1 = 60 + 273 = 333\text{K}$$

$$T_2 = -60 + 273 = 213\text{K}$$

$$E = 1,5kT$$

$$E_1 = 1,5 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 333 = \underline{6,9 \cdot 10^{-21}}$$

- 21

$$E_2 = 1,5 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 213 = \underline{4,4 \cdot 10^{-21}} \text{ Дж}$$

Домашнее задание

- Конспект занятия!
- 1. Какова концентрация молекул газа при нормальных условиях?
(температура 0°C и давление 100кПа)
- 2. Определите концентрацию n молекул азота при давлении $p=40\text{ кПа}$, если средняя квадратичная скорость его молекул $\langle v \rangle = 1,8 \cdot 10^3\text{ м/с}$.