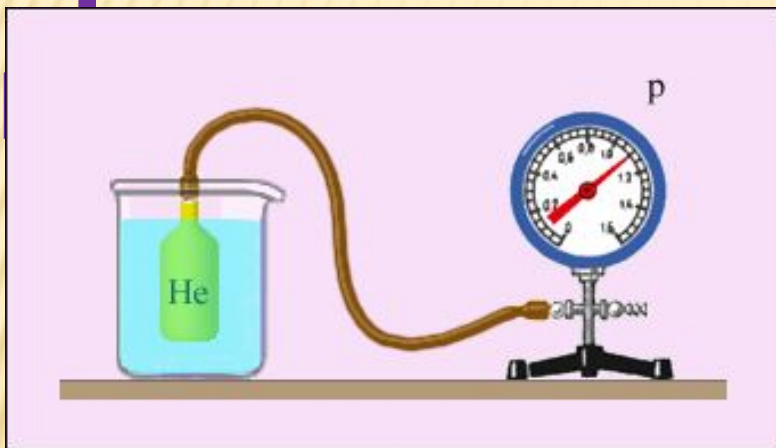


# □ Уравнение состояния



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

$p$  – давление идеального газа  
 $V$  – объем идеального газа  
 $m$  – масса газа  
 $M$  – молярная масса газа  
 $R$  – универсальная газовая постоянная  
 $T$  – абсолютная температура идеального газа

# ПРОВЕРКА РЕШЕНИЯ

## ЗАДАЧИ

1. Определить скорость, энергию теплового движения и давления молекул кислорода при температуре  $127^{\circ}\text{C}$ , если концентрация газа составляет  $3 \cdot 10^{20} \text{ м}^{-3}$

2. Определить скорость, энергию теплового движения и давления молекул азота при температуре  $-100^{\circ}\text{C}$ , если концентрация газа составляет  $8 \cdot 10^{24} \text{ м}^{-3}$

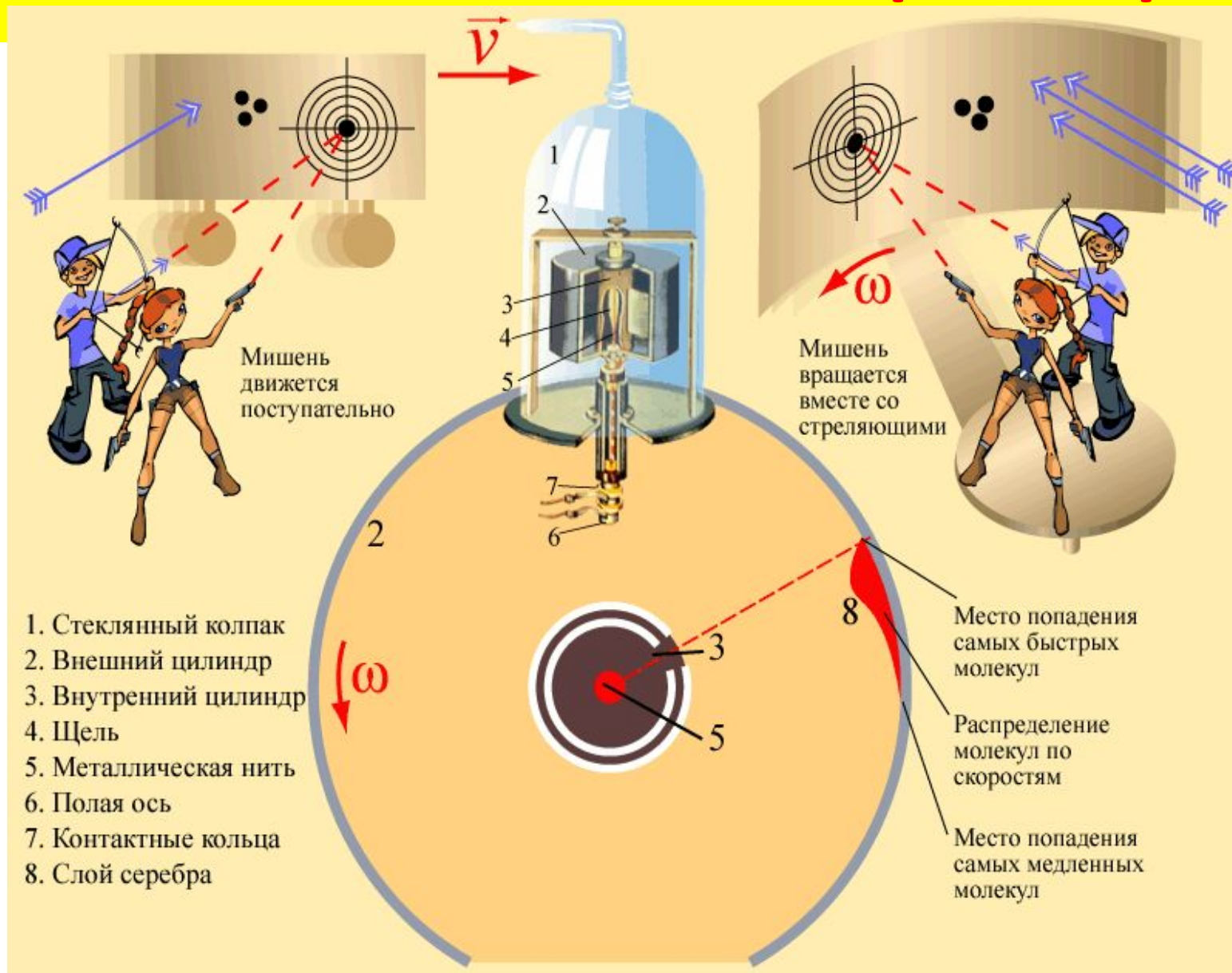
3. Определить скорость, энергию теплового движения и давления молекул водорода при температуре  $247^{\circ}\text{C}$ , если концентрация газа составляет  $6 \cdot 10^{18} \text{ м}^{-3}$

4. Определить скорость, энергию теплового движения и давления молекул гелия при температуре  $6000^{\circ}\text{C}$ , если концентрация газа составляет  $3 \cdot 10^{27} \text{ м}^{-3}$

# ВОПРОСЫ

1. Что называется идеальным газом?
2. Назовите макроскопические параметры
3. Как температуру выразить в кельвинах?
4. Почему не может быть  $T < 0$  ?
5. От чего зависит энергия молекул?
6. Как измерили скорость молекул?
7. Почему полоска серебра в опыте Штерна оказалась размытой?

# ОПЫТ ШТЕРНА (1920г)



# ВСПОМНИМ ФОРМУЛЫ

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

$$p = nkT$$

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

$$m =$$

$$\rho V$$

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

$N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$  - число Авогадро

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

# ОБЪЕДИНИМ ПАРАМЕТРЫ

$p, V, T$

- Объединим три формулы:

$$1) \quad p = nkT \quad 2) \quad n = \frac{N}{V} \quad 3) \quad N = \frac{m}{M} N_A$$

Получим:  $pV = \frac{m}{M} kN_A T$  заменим  $R =$   
 $kN_A$

-23

23

$R = 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 6 \cdot 10^{23} = 8,3 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}$  –  
*универсальная газовая постоянная*

# Уравнение Менделеева – Клайперона

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

$p$  – давление идеального газа

$V$  – объем идеального газа

$m$  – масса газа

$M$  – молярная масса газа

$R$  – универсальная газовая постоянная

$T$  – абсолютная температура  
идеального газа

# УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ

- Еще две полезные формулы

$$pV = \nu RT$$

$$p = \frac{\rho}{M} RT$$

где  $\nu$  – количество вещества (моль)

$\rho$  – плотность газа (кг/м<sup>3</sup>)

От чего зависит плотность газа?

$$\rho = \frac{pM}{RT}$$



# Уравнение перехода

- Возьмем *два состояния* газа одной массы

1 – состояние

$$p_1 V_1 = \frac{m}{M} R T_1 \longrightarrow \frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{m}{M} R$$

2 – состояние

$$p_2 V_2 = \frac{m}{M} R T_2 \longrightarrow \frac{p_2 V_2}{T_2} = \frac{m}{M} R$$

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

# НОРМАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ

- 1. Давление равно атмосферному  
 $p = 1 \text{ атм} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па} \approx 10^5 \text{ Па}$
- 2. Температура равна  $0^\circ\text{C}$   
 $T = 273\text{K}$

**Задача:** *найти объём 1 моля газа при нормальных условиях*

# ЗАДАЧА

• Дано:

$$\nu = 1 \text{ моль}$$

$$p = 100000 \text{ Па}$$

$$T = 273 \text{ К}$$

$$V - ?$$

Решение

# ЗАДАЧА

• Дано:

$$\nu = 1 \text{ моль}$$

$$p = 100000 \text{ Па}$$

$$T = 273 \text{ К}$$

$$V - ?$$

Решение

$$pV = \nu RT \longrightarrow V = \frac{\nu RT}{p}$$

# ЗАДАЧА

• Дано:

$$\nu = 1 \text{ моль}$$

$$p = 100000 \text{ Па}$$

$$T = 273 \text{ К}$$

$V$  - ?

Решение

$$pV = \nu RT \longrightarrow V = \frac{\nu RT}{p}$$

$$V = \frac{1 \text{ моль} \cdot 8,3 \cdot 273}{100000} = 0,0226 \text{ м}^3 = 22,6 \text{ л}$$

Ответ: 22,6 л

# ЗАДАЧА

- При температуре  $10^{\circ}\text{C}$  и давлении  $100\text{ кПа}$  воздух занимает объём  $5\text{ л}$ . Каким будет **объём** данной массы воздуха при давлении  $80\text{ кПа}$  и температуре  $60^{\circ}\text{C}$ ?

# ЗАДАЧА

• Дано:

$$t_1 = 10^\circ\text{C}$$

$$p_1 = 100\text{кПа}$$

$$V_1 = 5\text{л}$$

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

$$p_2 = 80\text{кПа}$$

$$V_2 - ?$$

СИ

Решение

# ЗАДАЧА

| • Дано:                  | СИ                        | Решение |
|--------------------------|---------------------------|---------|
| $t_1 = 10^\circ\text{C}$ | 283К                      |         |
| $p_1 = 100\text{кПа}$    | $10^5 \text{ Па}$         |         |
| $V_1 = 5\text{л}$        | $0,005\text{м}^3$         |         |
| $t_2 = 60^\circ\text{C}$ | $333^\circ\text{C}$       |         |
| $p_2 = 80\text{кПа}$     | $8 \cdot 10^4 \text{ Па}$ |         |
| $V_2 - ?$                |                           |         |



# ЗАДАЧА

| Дано:                    | СИ                        |
|--------------------------|---------------------------|
| $t_1 = 10^\circ\text{C}$ | 283К                      |
| $p_1 = 100\text{кПа}$    | $10^5 \text{ Па}$         |
| $V_1 = 5\text{л}$        | $0,005\text{м}^3$         |
| $t_2 = 60^\circ\text{C}$ | $333^\circ\text{C}$       |
| $p_2 = 80\text{кПа}$     | $8 \cdot 10^4 \text{ Па}$ |
| $V_2 - ?$                |                           |

Решение

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

$$V_2 = \frac{p_1 V_1 T_2}{p_2 T_1}$$

# ЗАДАЧА

| • Дано:                  | СИ                        | Решение                                     |
|--------------------------|---------------------------|---|
| $t_1 = 10^\circ\text{C}$ | 283К                      | $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$ |
| $p_1 = 100\text{кПа}$    | $10^5 \text{ Па}$         |   |
| $V_1 = 5\text{л}$        | $0,005\text{м}^3$         | $V_2 = \frac{p_1 V_1 T_2}{p_2 T_1}$         |
| $t_2 = 60^\circ\text{C}$ | $333^\circ\text{C}$       |   |
| $p_2 = 80\text{кПа}$     | $8 \cdot 10^4 \text{ Па}$ |   |
| $V_2 - ?$                |                           |   |

$$V_2 = \frac{10^5 \cdot 0,005 \cdot 333}{8 \cdot 10^4 \cdot 283} = 0,00735\text{м}^3 = \underline{7,35\text{л}}$$

# ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

- §70
- Упр 13 (6,7)
- *Знать уравнение состояния идеального газа и его физический смысл.*