

**ТЕМА: Основы МКТ. Газовые законы.  
Уравнение Менделеева – Клапейрона.**

**Задание №7**

**Что нужно знать:**

- Связь между давлением и средней кинетической энергией поступательного теплового движения молекул идеального газа (основное уравнение МКТ)
- Связь температуры газа со средней кинетической энергией поступательного теплового движения его частиц
- Уравнение  $p = nkT$
- Уравнение Менделеева – Клапейрона

**Что нужно уметь:**

- Использовать основное уравнение МКТ для расчёта физических величин

$$p = \frac{1}{3} m_0 n \overline{v^2} = \frac{2}{3} n \left( \frac{m_0 \overline{v^2}}{2} \right) = \frac{2}{3} n \bar{E}$$

- Использовать формулу

$$\bar{E} = \left( \frac{m_0 \overline{v^2}}{2} \right) = \frac{3}{2} kT$$

Для расчёта физических величин

- Использовать уравнение  $p = nkT$  для расчёта физических величин
- Использовать уравнение Менделеева – Клапейрона для расчёта параметров газа в изопроцессах. Анализировать  $pV$ -,  $V T$ -,  $p T$ -диаграммы

**ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ и НЕМНОГО ТЕОРИИ**

**Количество вещества ( $\nu$ )**

Один моль содержит  $N_{\text{молекул}} = N_{\text{молекул}}$  в углероде массой 0,012 кг.

**Постоянная Авогадро ( $N_A$ )**

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

**Молярная масса ( $M$ )**

$M = \frac{m}{\nu}$ , где  $m$  – масса вещества. Следовательно,

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

Выражается молярная масса в кг/моль

**Масса молекулы ( $m_0$ )**

$$m_0 = \frac{m}{N} = \frac{m}{\nu N_A} = \frac{M}{N_A}$$

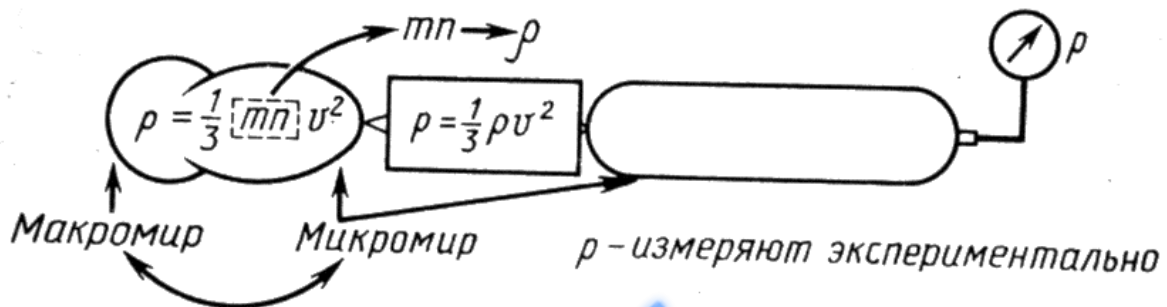
**1 а.е.м =  $1,66 \cdot 10^{-27}$  кг**

## Основное уравнение МКТ газов

### Модель идеального газа

1. Межмолекулярные силы взаимодействия отсутствуют.
2. Взаимодействия молекул газа происходят только при их соударениях и являются упругими.
3. Молекулы газа не имеют объема – материальные точки.

$p = \frac{1}{3} m_0 n \overline{v^2}$  – основное уравнение МКТ (уравнение Клаузиуса), устанавливающее связь между микро – и макромиром;



Устанавливается связь между микро- и макромиром.

Так как  $E_k = \frac{m_0 v^2}{2}$ , откуда  $m_0 v^2 = 2 E_k$ .

Следовательно,

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

### Температура

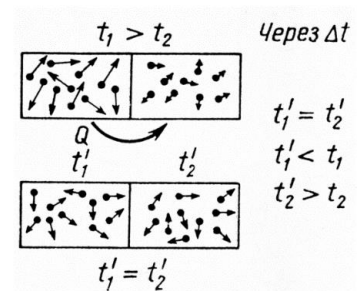
Важнейшим внутренним параметром газа является температура, чувствительность к которой заложена в живых системах, однако она субъективна.



### Основные свойства температуры

#### Тепловое равновесие

1. Характеризует внутреннее состояние макроскопической системы.
2. Температуры тел, находящихся в тепловом контакте, выравниваются.



### Измерение температуры

1. Тело необходимо привести в тепловой контакт с термометром.
2. Термометр должен иметь массу значительно меньше массы тела.
3. Показание термометра следует отсчитывать после наступления теплового равновесия.

### Термометры

1. Жидкостный термометр (ртуть: температура от  $-38$  до  $260$  °С; глицерин: от  $-50$  до  $100$  °С).
2. Термопара (температура от  $-269$  до  $2300$  °С).



### Физический смысл температуры

Какая физическая величина является одинаковой у любых тел при тепловом равновесии?

Предположим, что при тепловом равновесии средние кинетические энергии молекул одинаковы. Из основного уравнения МКТ можно получить равенство

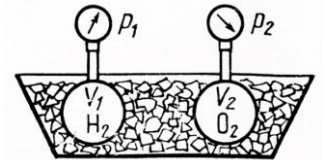
$$\frac{m_0 \overline{v^2}}{2} = \frac{3}{2} \frac{p}{n}$$

Для проверки этого равенства опытным путем измерим отношение  $pV/N$  для 1 моля водорода:

$V = 0,1 \text{ м}^3$  при  $T = 0$  °С.

Если  $p_{\text{H}_2} = 2,265 \cdot 10^4 \text{ Па}$ , то

$$\frac{p_{\text{H}_2} V_{\text{H}_2}}{N_{\text{H}_2}} = \frac{2,265 \cdot 10^4 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \cdot 0,1 \text{ м}^3}{6,02 \cdot 10^{23}} = 3,76 \cdot 10^{-21} \text{ Дж.}$$



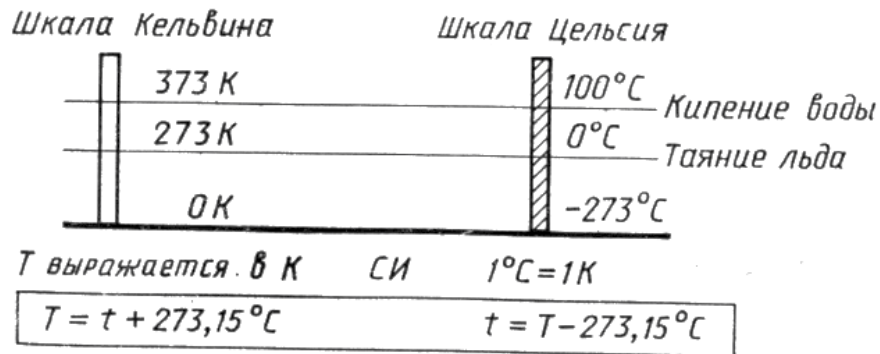
Такое же значение получится и для 1 моля кислорода, следовательно, и для всех других газов. Таким образом, физическая величина обладающая свойством температуры, - это

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

### Градус и джоуль

Одному градусу по Цельсию ( $1$  °С) соответствует  $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж по Кельвину. Коэффициент  $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К - постоянная Больцмана.

**Абсолютная температура и абсолютный нуль**



4

**Уравнение состояния идеального газа**

**Уравнение Клапейрона**

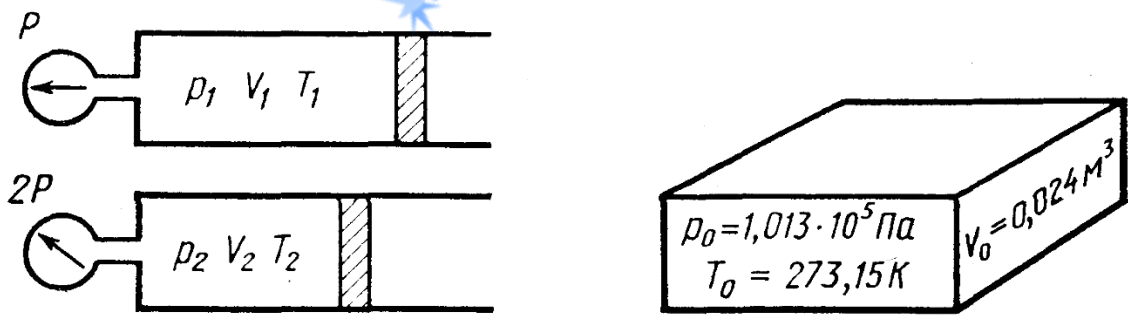
1834 г. Французский физик Б. Клапейрон, работавший длительное время в Петербурге, вывел уравнение состояния идеального газа для постоянной массы газа ( $m = \text{const}$ ).

Из уравнения  $\frac{m_0 \bar{v}^2}{2} = \frac{3}{2} kT$  и основного уравнения МКТ  $p = \frac{2}{3} n \frac{m_0 \bar{v}^2}{2}$  }  $p = nkT.$

Зная, что  $n = \frac{N}{V}$ ,  $N = \text{const}$ , получим  $p = \frac{NkT}{V}$ ,

Это уравнение связывает давление, объем и температуру, которые определяют состояние идеального газа, и называется уравнением состояния идеального газа.

*Для постоянной массы идеального газа отношение произведения давления на объем к данной температуре есть величина постоянная:*



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

т. е. уравнение Клапейрона.

**Уравнение Менделеева – Клапейрона**

Для одного моля газа при нормальных условиях:

$$\frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{10^5 \text{ Па} \cdot 0,024 \text{ м}^3 / \text{моль}}{273 \text{ К}} = 8,31 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^3}{\text{м}^2 \cdot \text{моль} \cdot \text{К}} = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}.$$

$$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \text{ — универсальная газовая постоянная.}$$

$$\frac{p_0 V_0}{T_0} = R.$$

1874 г. Д. И. Менделеев вывел уравнение для произвольного числа молекул:

$$N = \frac{m}{m_0} \rightarrow N = \frac{m}{M} N_A \rightarrow \frac{pV}{T} = \frac{m}{M} N_A k \rightarrow \frac{pV}{T} = \frac{m}{M} R.$$

Уравнение Менделеева — Клапейрона:

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

**Изотермический процесс**

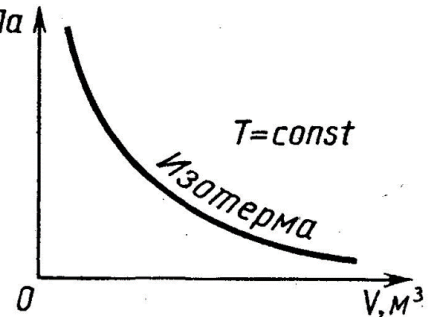
Р. Бойль (1662), Э. Мариотт (1676)  $p, \text{Па}$

$$pV = \text{const при } T = \text{const}.$$

Для данной массы газа произведение давления газа на его объем постоянно, если температура газа не меняется:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \text{ при } T = \text{const};$$

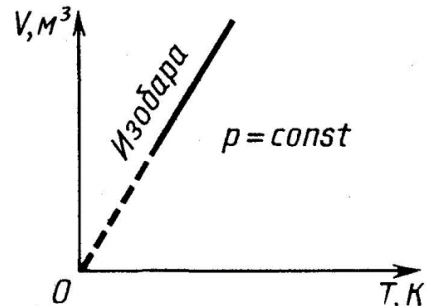
$$p_1 V_1 = p_2 V_2 \rightarrow \frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1}.$$



**Изобарный процесс**

Ж. Гей-Люссак (1802)

$$\frac{V}{T} = \text{const при } p = \text{const.}$$



Для данной массы газа отношение объема к температуре постоянно, если давление газа не меняется:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \text{ при } p = \text{const}; \quad \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}.$$

Отношение объемов прямо пропорционально отношению абсолютных температур.

Объем данной массы газа при постоянном давлении зависит от температуры по линейному закону:

$$V = V_0 (1 + \alpha_V \Delta t),$$

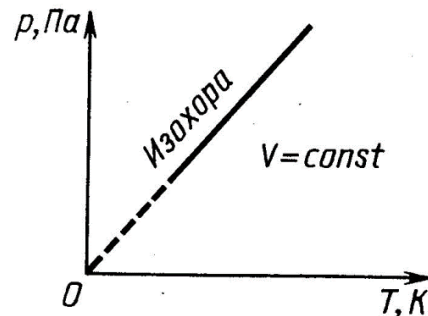
где  $\alpha_V$  — коэффициент объемного расширения:

$$\alpha_V = \frac{V - V_0}{V_0 (t - t_0)} = \frac{1}{273,15} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}.$$

**Изохорный процесс**

Ж. Шарль (1787)

$$\frac{p}{T} = \text{const при } V = \text{const.}$$



Для данной массы газа отношение давления к температуре постоянно, если объем газа не меняется:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \text{ при } V = \text{const};$$

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \rightarrow \frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}.$$

Давление данной массы газа при постоянном объеме зависит от температуры по линейному закону:

$$p = p_0 (1 + \beta \Delta t),$$

где  $\beta$  — температурный коэффициент давления:

$$\beta = \frac{p - p_0}{p_0 (t - t_0)} = \frac{1}{273,15} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}.$$

**Пример 1:**

(2004 год. 49 вариант. С5) При электролизе воды образуется кислород  $O_2$  и водород  $H_2$ . Газы отводят в сосуд объемом 100 л, поддерживая в нём температуру 300 К. Чему равна масса воды, которая разложилась в результате электролиза, чтобы суммарное давление в сосуде достигло 0,1 атм? Считать, что ничего не взрывается.

$$\begin{aligned} M &= 18 \text{ г/моль} \\ V &= 100 \text{ л} = 0,1 \text{ м}^3 \\ T &= 300 \text{ К} \\ P &= 0,1 \text{ атм} = 10^4 \text{ Па} \end{aligned}$$

$m - ?$

Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона для каждого газа:

$$\begin{cases} P_1 V = \nu_1 RT \\ P_2 V = \nu_2 RT \end{cases}$$

где  $P_1$  и  $P_2$  – парциальные давления кислорода и водорода. По закону Дальтона давление смеси равно сумме парциальных давлений газов:  $P = P_1 + P_2$ . Следовательно, сложив уравнения в системе, получаем:  $PV = (\nu_1 + \nu_2) RT$ , где  $\nu_1$  – количество кислорода,  $\nu_2$  – количество водорода.

При электролизе две молекулы воды дают одну молекулу кислорода и две молекулы водорода,  $2H_2O \rightarrow O_2 + 2H_2$ , то есть, если распалось  $N$  молекул воды, то получилось  $N$  молекул водорода и  $N/2$  молекул кислорода.

$$\nu_2 = \nu, \quad \nu_1 = \nu/2$$

$$PV = \left(\frac{\nu}{2} + \nu\right) RT = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT.$$

$$m = \frac{2PV M}{3RT} = \frac{2 \times 10^4 \times 0,1 \times 18}{3 \times 8,31 \times 300} = 4,8 \text{ (г)}.$$

**Пример 2:**

(2004 год. 35 вариант. С5) Смесь одинаковых масс гелия, водорода и азота помещена в сосуд и нагрета до температуры 350 К. Плотность смеси оказалась равной  $50 \text{ г/м}^3$ . Чему равно давление в сосуде?

$$\begin{aligned} T &= 350 \text{ К} \\ \rho &= 50 \text{ г/м}^3 \\ M_1 &= 4 \text{ г/моль (гелий)} \\ M_2 &= 2 \text{ г/моль (водород)} \\ M_3 &= 28 \text{ г/моль (азот)} \\ P &= ? \end{aligned}$$

2004 год      35 вариант      С5

Пусть  $m$  – масса одного газа. Тогда плотность смеси:  $\rho = \frac{3m}{V}$ , где  $V$  – объем сосуда.

Отсюда  $\frac{m}{V} = \frac{\rho}{3}$ . Запишем закон Менделеева-Клапейрона для каждого газа (напри-

мер, для гелия; для остальных – аналогично):  $P_1 V = \frac{m}{M_1} RT$ ,  $P_1$  – парциальное давле-

ние в данном случае гелия. Следовательно,  $P_1 = \frac{m}{V} \frac{RT}{M_1} = \frac{\rho RT}{3M_1}$ . Для парциальных давлений других газов получим такое же выражение, только в знаменателе будет стоять соответствующая молярная масса.

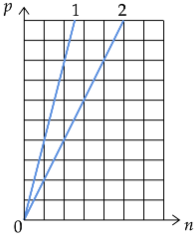
По закону Дальтона давление смеси равно сумме парциальных давлений газов:  $P = P_1 + P_2 + P_3$ . То есть:

$$P = \frac{\rho RT}{3M_1} + \frac{\rho RT}{3M_2} + \frac{\rho RT}{3M_3} = \frac{\rho RT}{3} \left( \frac{1}{M_1} + \frac{1}{M_2} + \frac{1}{M_3} \right) = \frac{50 \times 8,31 \times 350}{3} \times \left( \frac{1}{4} + \frac{1}{2} + \frac{1}{28} \right) \approx 38 \text{ кПа}.$$

**ЗАДАЧИ ДЛЯ ТРЕНИРОВКИ**

1. (Демидова 2025) Во сколько раз уменьшится давление идеального одноатомного газа, если среднюю кинетическую энергию теплового движения молекул и их концентрацию уменьшить в 2 раза?
2. (Демидова 2025) Концентрация молекул идеального одноатомного газа уменьшилась в 4 раза, а средняя кинетическая энергия теплового движения молекул увеличилась в 2 раза. Во сколько раз уменьшилось давление газа на стенки сосуда?
3. (Демидова 2025) При неизменной концентрации молекул гелия их средняя кинетическая энергия теплового движения увеличилась в 4 раза. Во сколько раз при этом увеличилось давление газа?
4. (Демидова 2025) Во сколько раз увеличится давление идеального одноатомного газа при увеличении средней кинетической энергии теплового движения его молекул в 3 раза и уменьшении концентрации молекул в 2 раза?
5. (Демидова 2025) В сосуде содержится гелий под давлением 150 кПа. Концентрацию гелия увеличили в 2 раза, а среднюю кинетическую энергию его молекул уменьшили в 3 раза. Определите установившееся давление газа. Ответ в кПа.
6. (Демидова 2025) В сосуде содержится аргон под давлением 200 кПа. Концентрацию аргона уменьшили в 2 раза, а среднюю кинетическую энергию его молекул увеличили в 5 раз. Определите установившееся давление газа. Ответ в кПа.
7. (Демидова 2025) В сосуде содержится гелий под давлением 100 кПа. Концентрацию гелия увеличили в 2 раза, а среднюю кинетическую энергию его молекул уменьшили в 4 раза. Определите установившееся давление газа. Ответ в кПа.
8. (Демидова 2025) В сосуде содержится аргон под давлением 300 кПа. Концентрацию аргона уменьшили в 2 раза, а среднюю кинетическую энергию его молекул увеличили в 3 раза. Определите установившееся давление газа. Ответ в кПа.
9. (Демидова 2025) В ходе эксперимента давление разреженного газа в сосуде снизилось в 5 раз, а средняя энергия теплового движения его молекул увеличилась в 2 раза. Во сколько раз уменьшилась концентрация молекул газа в сосуде?
10. (Демидова 2025) В ходе эксперимента давление разреженного газа в сосуде увеличилось в 2 раза, а средняя энергия теплового движения его молекул увеличилась в 6 раз. Во сколько раз уменьшилась концентрация молекул газа в сосуде?
11. (Бегунов 2025) Идеальный газ нагрели на 250 К, при этом среднеквадратичная скорость движения его молекул увеличилась в 1,5 раза. Определите начальную температуру газа.
12. (Школково) В некотором городе на заводе имеется ртутная лампа объемом  $4 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$ , в которой содержатся пары ртути при температуре  $13^\circ\text{C}$ . Какую плотность имеет газ, если в сосуде содержится  $10^{12}$  молекул, которые имеют скорость 500 м/с? (Ответ дайте в  $10^{-9} \text{ кг/м}^3$  и округлите до десятых.)
13. (Школково) При некоторой температуре средняя квадратичная скорость молекулы кислорода равна 400 м/с. Какова при этой же температуре средняя квадратичная скорость атома гелия? (Ответ дайте в м/с и округлите до целых.)

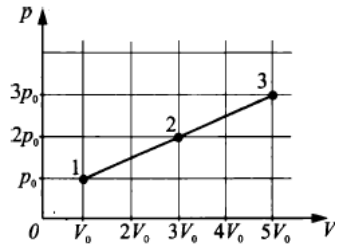


14. (Демоверсия 2018) При увеличении абсолютной температуры средняя кинетическая энергия хаотического теплового движения молекул разреженного одноатомного газа увеличилась в 2 раза. Начальная температура газа 250 К. Какова конечная температура газа? Ответ дайте в К.
15. (Демоверсия 2020) В ходе эксперимента давление разреженного газа в сосуде снизилось в 5 раз, а средняя энергия теплового движения его молекул уменьшилась в 2 раза. Во сколько раз уменьшилась при этом концентрация молекул газа в сосуде?
16. (Демоверсия 2021) При уменьшении абсолютной температуры на 600 К средняя кинетическая энергия теплового движения молекул аргона уменьшилась в 4 раза. Какова начальная температура аргона?
17. (Школково) При неизменной концентрации молекул идеального газа средняя квадратичная скорость теплового движения его молекул уменьшилась в 2 раза. Чему равно отношение конечного давления к начальному?
18. (Школково) На графике показана зависимость давления от концентрации для двух идеальных газов при фиксированных температурах. Чему равно отношение температур  $T_2/T_1$  этих газов?
- 
19. (Школково) Идеальный газ находится в закрытом сосуде при нормальном атмосферном давлении. При неизменной концентрации молекул средняя кинетическая энергия хаотического теплового движения молекул уменьшается на 5%. Определите конечное давление газа. Ответ выразите в кПа.
20. (Школково) Каково давление газа, если при температуре  $t=77^\circ\text{C}$  в одном кубическом сантиметре находится  $10^{15}$  молекул? (Ответ дайте в Па и округлите до сотых.)
21. (Демидова 2019) При понижении абсолютной температуры средняя кинетическая энергия хаотического теплового движения молекул разреженного одноатомного газа уменьшилась в 3 раза. Начальная температура газа 600 К. Какова конечная температура газа? Ответ дайте в К.
22. (Школково) Во сколько раз в 7 г азота больше молекул, чем в 2 г неона?
23. (Монастырский 2025) Сколько молекул поваренной соли будет находиться в  $1\text{ см}^3$  раствора, полученного при растворении  $5 \cdot 10^{-3}$  г соли в  $1\text{ дм}^3$  воды? Молярная масса соли равна  $0,058\text{ кг/моль}$ .
24. (Монастырский 2025) Определите массу воздуха в классной комнате размерами  $5 \times 12 \times 3\text{ м}$  при температуре  $25^\circ\text{C}$ . Принять плотность воздуха равной  $1,29\text{ кг/м}^3$ .
25. (Монастырский 2025) Давление, равное  $10^5\text{ Па}$ , создаётся молекулами массой  $3 \cdot 10^{-26}\text{ кг}$ , концентрация которых равна  $10^{25}\text{ м}^{-3}$ . Чему равна среднеквадратичная скорость молекул? Ответ в м/с.
26. (Монастырский 2025) Чему равна средняя кинетическая энергия молекул азота при температуре 200 К? Ответ запишите, как  $\cdot 10^{-21}$ , округлив до сотых.

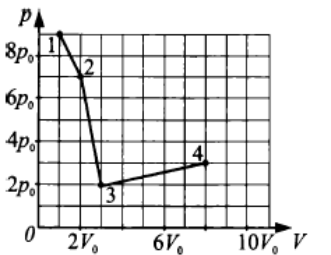
27. (Монастырский 2025) Из закрытого сосуда с газом выпустили две трети газа. Во сколько раз уменьшилось давление газа? Температура газа не изменилась.

28. (Монастырский 2025) Водород, находящийся в сосуде, создавал давление  $10^5$  Па, а кислород в том же сосуде при той же температуре –  $2 \cdot 10^5$  Па. Чему будет равно давление смеси газов при помещении в сосуд этих газов одновременно при той же температуре? Ответ в кПа.

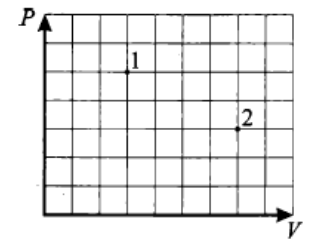
29. (Монастырский 2025) На рисунке показан график процесса, проведённого над 1 моль идеального газа. Найдите отношение температур  $T_3$  к  $T_1$ .



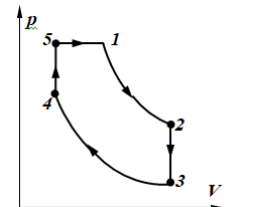
30. (Монастырский 2025) На рисунке показан график процесса, проведённого над 12 моль идеального газа. Найдите отношение температур  $T_4$  к  $T_1$ .



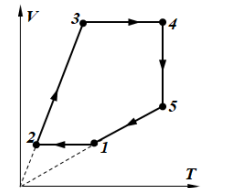
31. (Монастырский 2025) В сосуде находится некоторое количество идеального газа. Температура газа в точке 1 равна 200 К. Чему равна температура газа в точке 2 (см. рис.)?



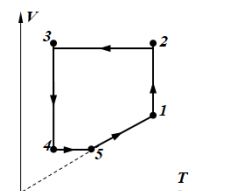
32. (Трубецкова) На рисунке дан график изменения состояния идеального газа в координатах  $(p, V)$ . Представьте этот процесс в координатах: 1)  $(p, T)$ ; 2)  $(V, T)$ . Обозначьте соответствующие точки.



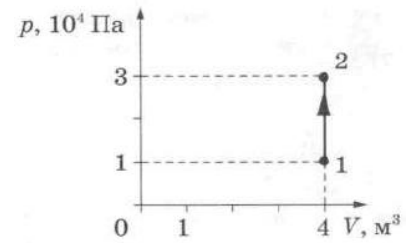
33. (Трубецкова) На рисунке дан график изменения состояния идеального газа в координатах  $(V, T)$ . Представьте этот процесс в координатах: 1)  $(p, T)$ ; 2)  $(p, V)$ . Обозначьте соответствующие точки.



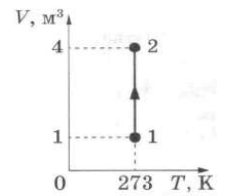
34. (Трубецкова) На рисунке дан график изменения состояния идеального газа в координатах  $(V, T)$ . Представьте этот процесс в координатах: 1)  $(p, T)$ ; 2)  $(p, V)$ . Обозначьте соответствующие точки.



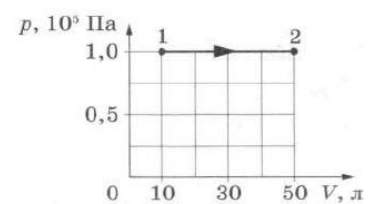
35. (Демидова 2025) На рисунке изображено изменение состояния постоянной массы разреженного аргона. Температура газа в состоянии 1 равна  $27^\circ\text{C}$ . Какая температура соответствует состоянию 2? Ответ в К.



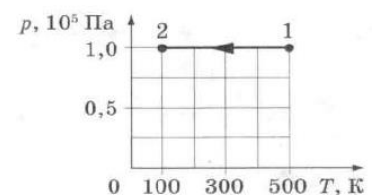
36. (Демидова 2025) На рисунке представлен график зависимости объема идеального газа от его температуры в некотором процессе. В состоянии 1 давление газа было равно нормальному атмосферному давлению. Какое давление соответствует состоянию 2, если масса газа остаётся неизменной? Ответ в кПа.



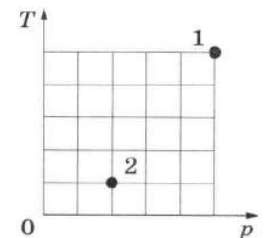
37. (Демидова 2025) На рисунке приведён график процесса 1-2, в котором участвует неон. Абсолютная температура газа в состоянии 1 равна 200 К. Определите абсолютную температуру неона в состоянии 2. Ответ в К.



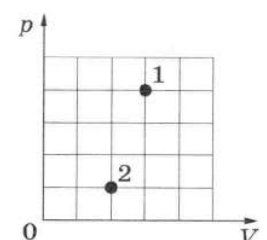
38. (Демидова 2025) На рисунке приведён график процесса 1-2, в котором участвует аргон. Объём, занимаемый газом в состоянии 1, равен 15 л. Определите объём аргона в состоянии 2. Ответ в л.



39. (Демидова 2025) В сосуде находится некоторое постоянное количество идеального газа. Во сколько раз уменьшится объём газа, если он перейдёт из состояния 1 в состояние 2 (см. рисунок)?



40. (Демидова 2025) В сосуде находится некоторое постоянное количество идеального газа. Во сколько раз уменьшится абсолютная температура газа, если он перейдёт из состояния 1 в состояние 2 (см. рисунок)?



41. (Демидова 2025) Объём 1 моль водорода в сосуде при температуре  $T$  и давлении  $p$  равен  $V_1$ . Объём 4 моль водорода при том же давлении и температуре  $2T$  равен  $V_2$ . Чему равно отношение  $V_2/V_1$ ? (Водород считать идеальным газом.)

42. (Демидова 2025) Объём 1 моль водорода в сосуде при температуре  $T$  и давлении  $p$  равен  $V_1$ . Объём 2 моль водорода при том же давлении и температуре  $3T$  равен  $V_2$ . Чему равно отношение  $V_2/V_1$ ? (Водород считать идеальным газом.)

43. (Демидова 2025) Газ в цилиндре переводится из состояния А в состояние В так, что его масса при этом не изменяется. Параметры, определяющие состояния идеального газа, приведены в таблице:

	$p, 10^5 \text{ Па}$	$V, 10^{-3} \text{ м}^3$	$T, \text{ К}$
состояние А	1,0	4	
состояние В	1,5	8	900

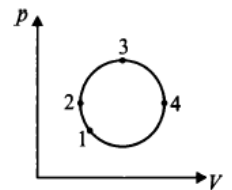
Какое число следует внести в свободную клетку таблицы?

44. (Демидова 2025) Газ в цилиндре переводится из состояния А в состояние В так, что его масса при этом не изменяется. Параметры, определяющие состояния идеального газа, приведены в таблице:

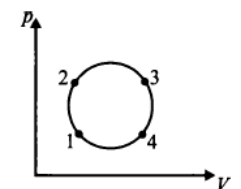
	$p, 10^5 \text{ Па}$	$V, 10^{-3} \text{ м}^3$	$T, \text{ К}$
состояние А	1,0	4	300
состояние В		2	600

Какое число следует внести в свободную клетку таблицы?

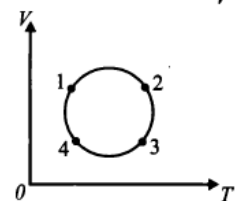
45. (Монастырский 2025) С идеальным газом проведён замкнутый цикл, описываемый окружностью в координатах  $p - V$  (см. рис.). Какой точке цикла соответствует наименьшая температура газа?



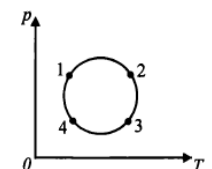
46. (Монастырский 2025) С газом произошёл процесс, описываемый окружностью в координатах  $p - V$  (см. рис.). В какой точке окружности температура газа максимальна?



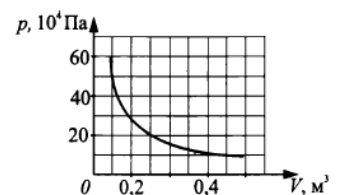
47. (Монастырский 2025) С газом произошёл процесс, описываемый окружностью в координатах  $V - T$  (см. рис.). В какой точке окружности давление газа максимально?

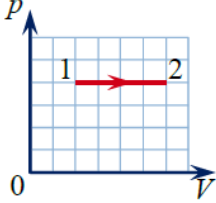
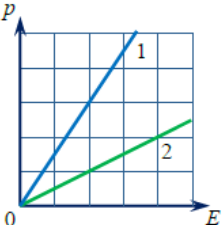
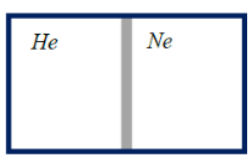


48. (Монастырский 2025) С газом произведён процесс, описываемый окружностью в координатах  $p - T$  (см. рис.). В какой из обозначенных точек окружности объём газа минимален?



49. (Монастырский 2025) На рисунке показан график изотермического расширения водорода. Масса водорода – 30 г. При какой температуре происходил процесс? Ответ в К округлите до целых.



50. (Монастырский 2025) На сколько градусов необходимо увеличить температуру газа, чтобы при изобарном нагревании газа его объём увеличился вдвое по сравнению с объёмом при  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ? Ответ в  $^{\circ}\text{C}$ .
51. (Монастырский 2025) Какое давление установится в результате изотермического расширения кислорода, содержащегося в баллоне объёмом 12 л под давлением 1 МПа, в пустой баллон объёмом 3 л? Ответ в Мпа.
52. (Монастырский 2025) В изохорном процессе температура некоторого газа увеличилась с  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $313\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Во сколько раз при этом увеличилось давление газа?
53. (Бегунов 2025) На графике показана зависимость давления  $p$  одного моля идеального газа от его объема  $V$ . Определите температуру газа в состоянии 2, если его абсолютная температура в состоянии 1 равна 240 К.
- 
54. (Бегунов 2025) Цилиндрический сосуд с гладкими стенками разделен лёгким поршнем на две части. В одной части сосуда находится аргон, в другой – неон. Определите отношение концентраций молекул аргона и неона  $n_{\text{ар}}/n_{\text{н}}$ , если их температуры равны  $T_{\text{ар}} = 250\text{ К}$  и  $T_{\text{н}} = 600\text{ К}$ .
55. (Бегунов 2025) Первый газ, находясь при температуре  $2T_0$  в сосуде объёмом  $V_0$ , создает давление  $4p_0$ . Второй газ, находясь при температуре  $4,5T_0$  в сосуде объёмом  $2,5V_0$ , создает давление  $6p_0$ . Найдите отношение количеств вещества первого и второго газов  $\nu_1/\nu_2$ ?
56. (Бегунов 2025) На графике представлены зависимости давления газа  $p$  от средней кинетической энергии  $E_k$  поступательного движения молекул для двух идеальных газов. Определите отношение концентраций молекул этих газов  $n_1/n_2$ .
- 
57. (Бегунов 2025) В ходе изотермического процесса давление одного моля идеального газа увеличилось в 4 раза, а объём уменьшился на 6 л. Определите конечный объём газа. Ответ в л.
58. (Бегунов 2025) В герметичном сосуде переменного объёма находится идеальный газ. При концентрации молекул  $n_0$  и давлении  $p_0$  его температура равна 600 К. Определите температуру газа, если концентрация его молекул станет равна  $2,4n_0$ , а давление станет равно  $3,6p_0$ .
59. (Демоверсия 2025) В сосуде содержится разреженный аргон, абсолютная температура которого равна 150 К. Концентрацию аргона уменьшили в 2 раза, при этом его давление увеличилось в 3 раза. Определите абсолютную температуру газа в конечном равновесном состоянии.
60. (Бегунов 2025) Горизонтальный цилиндрический сосуд разделен пополам легким подвижным поршнем, который может без трения перемещаться по цилиндру (см. рисунок). В левой части цилиндра находится  $12 \cdot 10^{23}$  молекул гелия при температуре
- 

300 К. Сколько молекул неона находится в правой части сосуда, если его температура равна 450 К, а поршень находится в равновесии? Температуры газов поддерживаются постоянными.

