

# Решение задач «Свойства идеальных газов»

готовимся к ЕГЭ 10 класс

Смирнова С.Г.

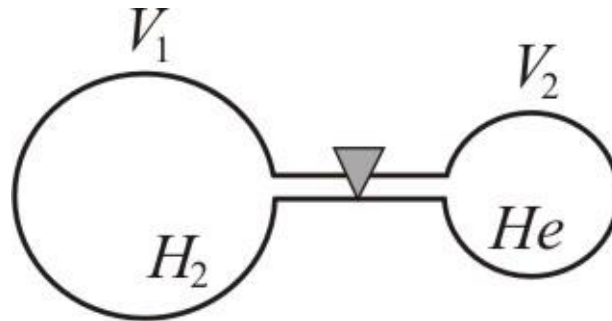
учитель физики

МОУ «Луховский лицей»

## Свойства идеальных газов

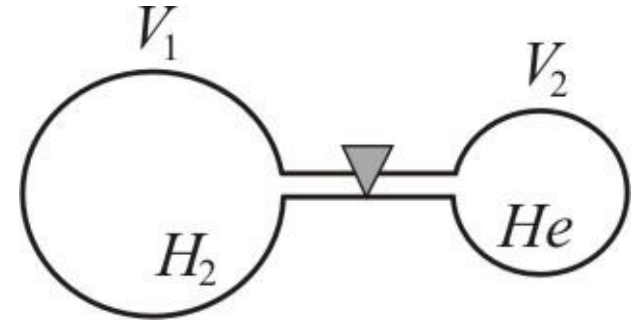
В сосудах объемами  $V_1$  и  $V_2$  находятся идеальные газы водород и гелий соответственно. Кран, соединяющий сосуды на короткое время открывается. При этом давление в первом сосуде увеличивается на  $\Delta P_1$ . На сколько при этом уменьшится давление во втором сосуде? Температура газов одинакова и не изменяется в процессе.

- 1)  $\Delta P_1$       2)  $\frac{V_1}{V_2} \Delta P_1$       3)  $\frac{V_2}{V_1} \Delta P_1$       4)  $(1 - \frac{V_2}{V_1}) \Delta P_1$



## Свойства идеальных газов (решение)

В сосудах объемами  $V_1$  и  $V_2$  находятся идеальные газы водород и гелий соответственно. Кран, соединяющий сосуды на короткое время открывается. При этом давление в первом сосуде увеличивается на  $\Delta P_1$ . На сколько при этом уменьшится давление во втором сосуде? Температура газов одинакова и не изменяется в процессе.



- 1)  $\Delta P_1$       2)  $\frac{V_1}{V_2} \Delta P_1$       3)  $\frac{V_2}{V_1} \Delta P_1$       4)  $(1 - \frac{V_2}{V_1}) \Delta P_1$

При открытии крана некоторое количество гелия  $\Delta v$  перешло из 2-го сосуда в первый.

Согласно уравнению Менделеева-Клапейрона, в 1-м сосуде этот гелий будет создавать дополнительное давление:

$$\Delta P_1 = \frac{\Delta v RT}{V_1}$$

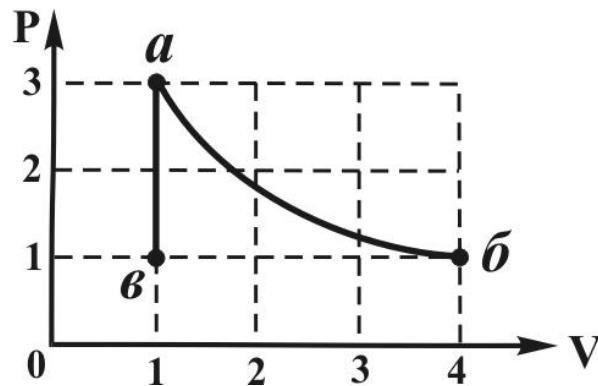
Это же количество газа во 2-м сосуде создавало давление  $\Delta P_2 = \frac{\Delta v RT}{V_2}$

Исключим из этих уравнений  $\Delta v$  и получим, что  $\Delta P_2 = \frac{V_1}{V_2} \Delta P_1$

## Свойства идеальных газов

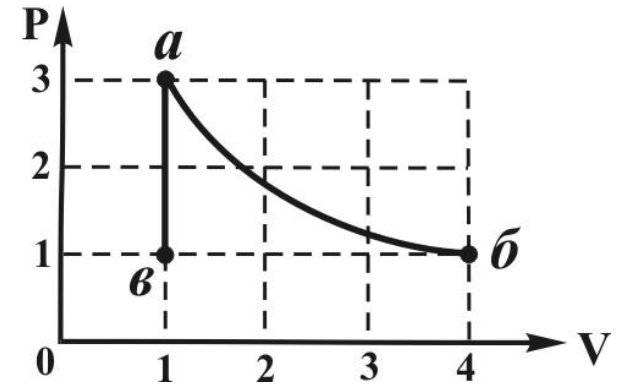
На графике в координатах  $(P, V)$  изображен процесс, протекающий с постоянной массой идеального газа. Сравнить качественно средние кинетические энергии движения молекул газа в состояниях  $a$ ,  $b$  и  $v$ .  $P$  и  $V$  указаны в условных единицах.

- 1)  $E_b > E_a > E_v$
- 2)  $E_a = E_b > E_v$
- 3)  $E_a = E_b < E_v$
- 4)  $E_a > E_b > E_v$



## Свойства идеальных газов (решение)

На графике в координатах  $(P, V)$  изображен процесс, протекающий с постоянной массой идеального газа. Сравнить качественно средние кинетические энергии движения молекул газа в состояниях  $a$ ,  $b$  и  $v$ .  $P$  и  $V$  указаны в условных единицах.



- 1)  $E_b > E_a > E_v$                       3)  $E_a = E_b < E_v$   
2)  $E_a = E_b > E_v$                       4)  $E_a > E_b > E_v$

Температура – мера средней кинетической энергии движения молекул:

$$E_{кин} = \frac{3}{2}kT$$

Поэтому надо сравнивать температуры в точках  $a$ ,  $b$  и  $v$ .

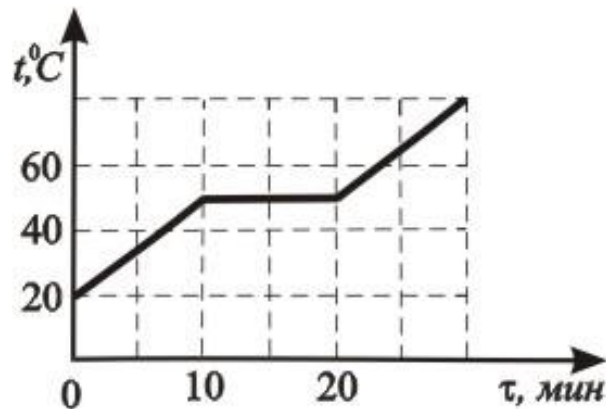
Согласно уравнению Менделеева-Клапейрона  $PV = \nu RT$

температуру можно определить по произведению  $PV \longrightarrow T_b > T_a > T_v$

## Фазовые превращения

Экспериментально исследовалась зависимость температуры  $t$  парафина от времени его нагревания  $\tau$  (график). Какую гипотезу подтверждают результаты эксперимента?

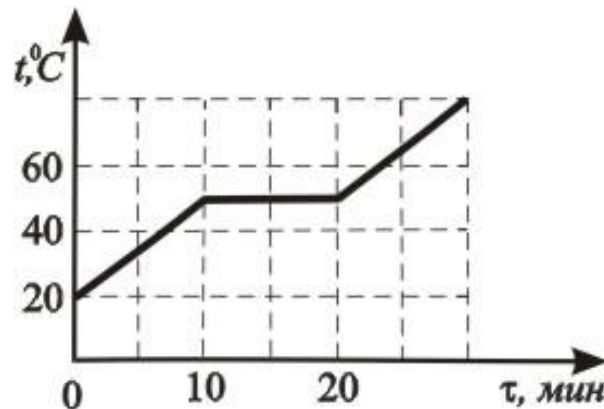
- 1) Удельная теплоемкость парафина в интервале 0 – 10 мин зависит от его температуры.
- 2) Чем выше мощность нагревателя тем быстрее его можно нагреть до температуры плавления.
- 3) Удельная теплоемкость жидкого парафина ниже, чем у твердого.
- 4) Парафин имеет кристаллическое строение.



## Фазовые превращения (решение)

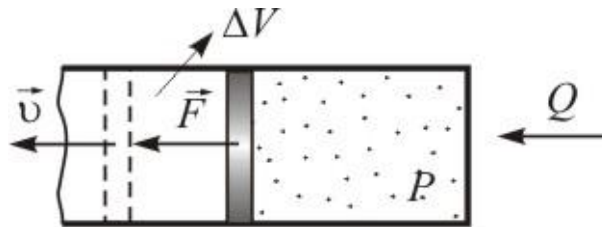
Экспериментально исследовалась зависимость температуры  $t$  парафина от времени его нагревания  $\tau$  (график). Какую гипотезу подтверждают результаты эксперимента?

- 1) Удельная теплоемкость парафина в интервале 0 – 10 мин зависит от его температуры.
- 2) Чем выше мощность нагревателя тем быстрее его можно нагреть до температуры плавления.
- 3) Удельная теплоемкость жидкого парафина ниже, чем у твердого.
- 4) Парафин имеет кристаллическое строение.



## Термодинамика

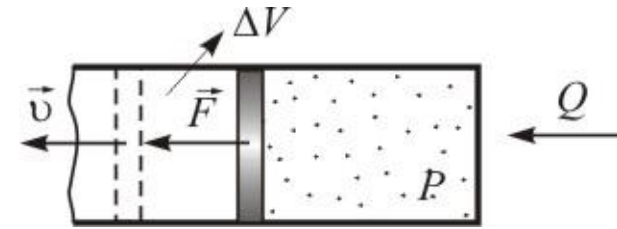
В горизонтальном неподвижном цилиндрическом сосуде, закрытом поршнем массой  $m$ , находится 1 моль одноатомного идеального газа. При нагревании газа, поршень двигаясь равноускоренно без трения, приобретает скорость  $v$ . Найти количество теплоты, сообщенное газу. Теплоемкость сосуда и поршня, а так же внешнее давление не учитывать.





## Термодинамика (решение)

В горизонтальном неподвижном цилиндрическом сосуде, закрытом поршнем массой  $m$ , находится 1 моль одноатомного идеального газа. При нагревании газа, поршень двигаясь равноускоренно без трения, приобретает скорость  $v$ . Найти количество теплоты, сообщенное газу. Теплоемкость сосуда и поршня, а так же внешнее давление не учитывать.



$$v = 1 \text{ моль}$$

$$m$$

$$v$$

$$a = \text{const}$$

$$Q = ?$$

На поршень со стороны газа действует сила  $F$ .

Т.к.  $a = \text{const}$ , то  $F = \text{const}$ , следовательно  $P = \text{const}$  (изобарический процесс). В изобарическом процессе газ совершил над поршнем работу:

$$A = P\Delta V$$

где  $\Delta V$  – увеличение объема газа.

За счет этой работы поршень приобрел кинетическую энергию:

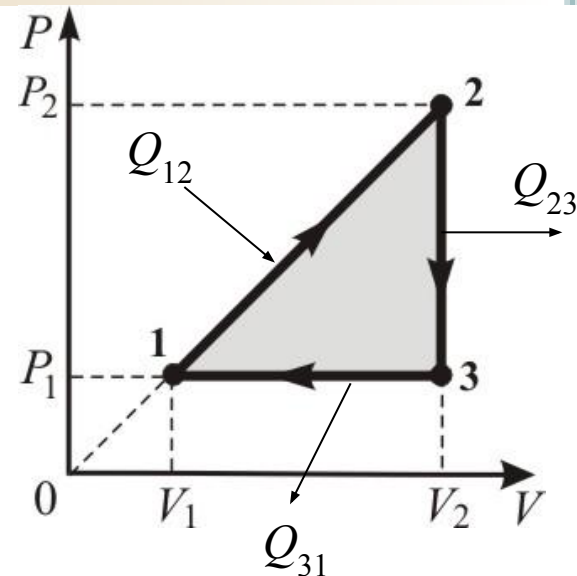
$$\frac{mv^2}{2} = P\Delta V$$

Согласно первому началу термодинамики:

$$Q = \Delta U + A = \frac{3}{2} \nu R(T_2 - T_1) + P\Delta V = \frac{3}{2} P\Delta V + P\Delta V = \frac{5}{2} P\Delta V = \frac{5}{2} \frac{mv^2}{2} = \frac{5mv^2}{4}$$

## Термодинамика

Найти КПД тепловой машины, работающей по циклу, изображенному на рис. Рабочее вещество – 1 моль идеального газа. В процессе 1-2 температура возрастает в три раза.



## Термодинамика (решение)

Найти КПД тепловой машины, работающей по циклу, изображенному на рис. Рабочее вещество – 1 моль идеального газа. В процессе 1-2 температура возрастает в три раза.

$$\nu = 1 \text{ моль}$$

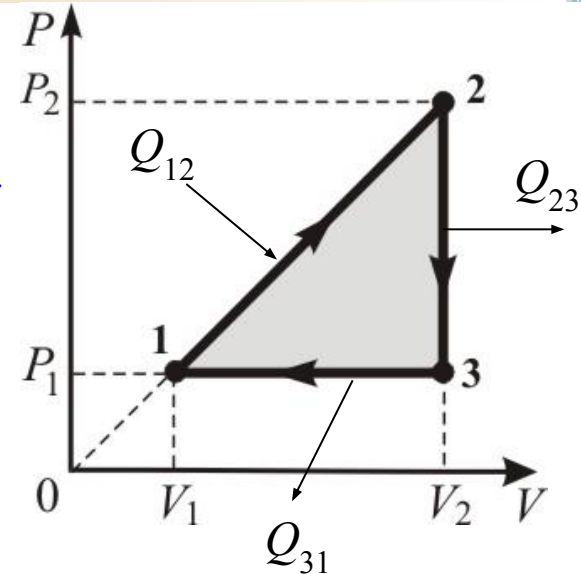
$$T_2 = 3T_1$$

$$\eta = ?$$

По определению: 
$$\eta = \frac{A}{Q_H} = \frac{Q_H - Q_X}{Q_H}$$

Найдем работу газа за цикл как площадь, ограниченную циклом:

$$A = \frac{1}{2}(V_2 - V_1)(P_2 - P_1)$$



Теплота подводится к газу только на участке 1-2 и согласно 1-му началу термодинамики:

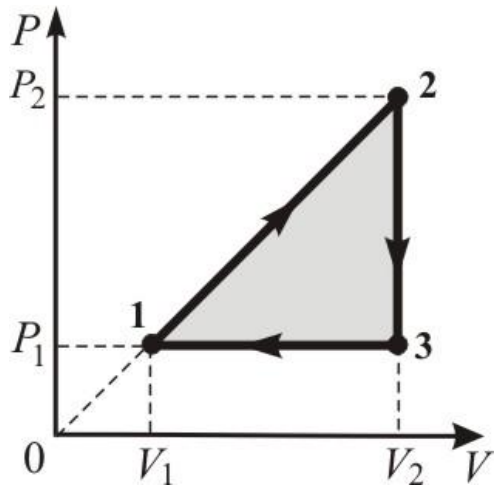
$$Q_H = Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1) + P_1(V_2 - V_1) + A = \frac{3}{2}(P_2V_2 - P_1V_1) + P_1(V_2 - V_1) + A$$

$$\eta = \frac{A}{\frac{3}{2}(P_2V_2 - P_1V_1) + P_1(V_2 - V_1) + A} = \frac{1}{\frac{3(P_2V_2 - P_1V_1) + 2P_1(V_2 - V_1)}{(V_2 - V_1)(P_2 - P_1)} + 1} = \frac{1}{\frac{3(\frac{P_2}{P_1} \frac{V_2}{V_1} - 1) + 2(\frac{V_2}{V_1} - 1)}{(\frac{V_2}{V_1} - 1)(\frac{P_2}{P_1} - 1)} + 1}$$

# Термодинамика

Для нахождения соотношений давлений и объемов воспользуемся уравнениями процессов:

$$\left. \begin{array}{l}
 2 \rightarrow 3: \frac{T_3}{P_1} = \frac{T_2}{P_2} \\
 3 \rightarrow 1: \frac{T_3}{V_2} = \frac{T_1}{V_1} \\
 1 \rightarrow 2: \frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_2}
 \end{array} \right\} \begin{array}{l}
 \rightarrow \frac{T_2 P_1}{P_2} = \frac{T_1 V_2}{V_1} \rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{P_1 V_1} = 3 \\
 \rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{P_2}{P_1}
 \end{array} \left. \right\} \rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \frac{V_2}{V_1} = \sqrt{3}$$



$$\eta = \frac{1}{3\left(\frac{P_2}{P_1} \frac{V_2}{V_1} - 1\right) + 2\left(\frac{V_2}{V_1} - 1\right)} = \frac{1}{\frac{3(3-1) + 2(\sqrt{3}-1)}{(\sqrt{3}-1)(\sqrt{3}-1)} + 1} = \frac{1}{\frac{4 + 2\sqrt{3} + 3 - 2\sqrt{3} + 1}{3 - 2\sqrt{3} + 1}} = \frac{4 - 2\sqrt{3}}{8} = 0,37 \rightarrow \eta = 37\%$$