

Уравнение состояния идеального газа

ИЗОПРОЦЕССЫ

Газовые законы

- **Температуру, объем, давление и некоторые другие параметры принято называть параметрами состояния газа . Выведем уравнение, устанавливающее зависимость между этими параметрами.**

$$p = nkT \quad n = \frac{N}{V}$$

$$p = \frac{N}{V} kT$$

$$\frac{pV}{T} = kN$$

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

Уравнение состояния идеального газа –
уравнение Клапейрона.

Клапейрон Бенуа Поль Эмиль



- (26.I.1799–28.I.1864)
- Французский физик, член Парижской АН (1858). Окончил Политехническую школу в Париже (1818). В 1820–30 работал в Петербурге в институте инженеров путей сообщения.

$$\frac{pV}{T} = kN$$

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

$$\left\{ \begin{array}{l} N = \frac{m}{m_0} \\ m_0 = \frac{M}{N_A} \end{array} \right.$$

$$\frac{pV}{T} = \frac{m}{M} N_A k$$

$$R = N_A \cdot k = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

R – универсальная газовая постоянная

$$\frac{pV}{T} = \frac{m}{M} R$$

Уравнение состояния идеального газа –
уравнение Менделеева-Клапейрона.

Менделеев Дмитрий Иванович



- (8.II.1834–2.II.1907)
- Русский ученый-энциклопедист.. В 1874 вывел общее уравнение состояния идеального газа, обобщив уравнение Клапейрона(уравнение Клапейрона-Менделеева).

Уравнение состояния - первое из замечательных обобщений в физике, с помощью которых свойства разных веществ выражаются через одни и те же основные величины. Именно к этому стремиться физика - к нахождению общих законов, не зависящих от тех или иных веществ. Газы, существенно простые по своей природе, дали первый пример такого обобщения.

**Процесс изменения
состояния идеального газа
при неизменном значении
одного из
макроскопических
параметров - изопроцесс**

ИЗОТЕРМИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС

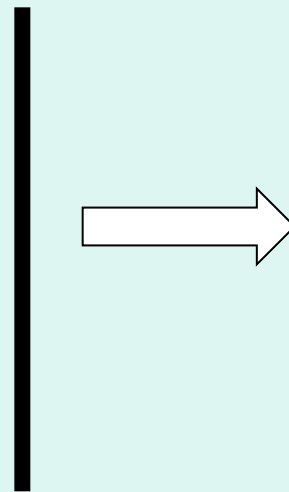
$$T = \text{const}$$

Процесс изменения состояния идеального газа при постоянной температуре

$$m = \text{const}$$

$$T = \text{const}$$

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



$$pV = \text{const}$$

закон

Бойля -

Мариотта

**К этому выводу пришёл
английский учёный Роберт
Бойль в 1662 г.
и французский физик Э.
Мариотт в 1676г.**



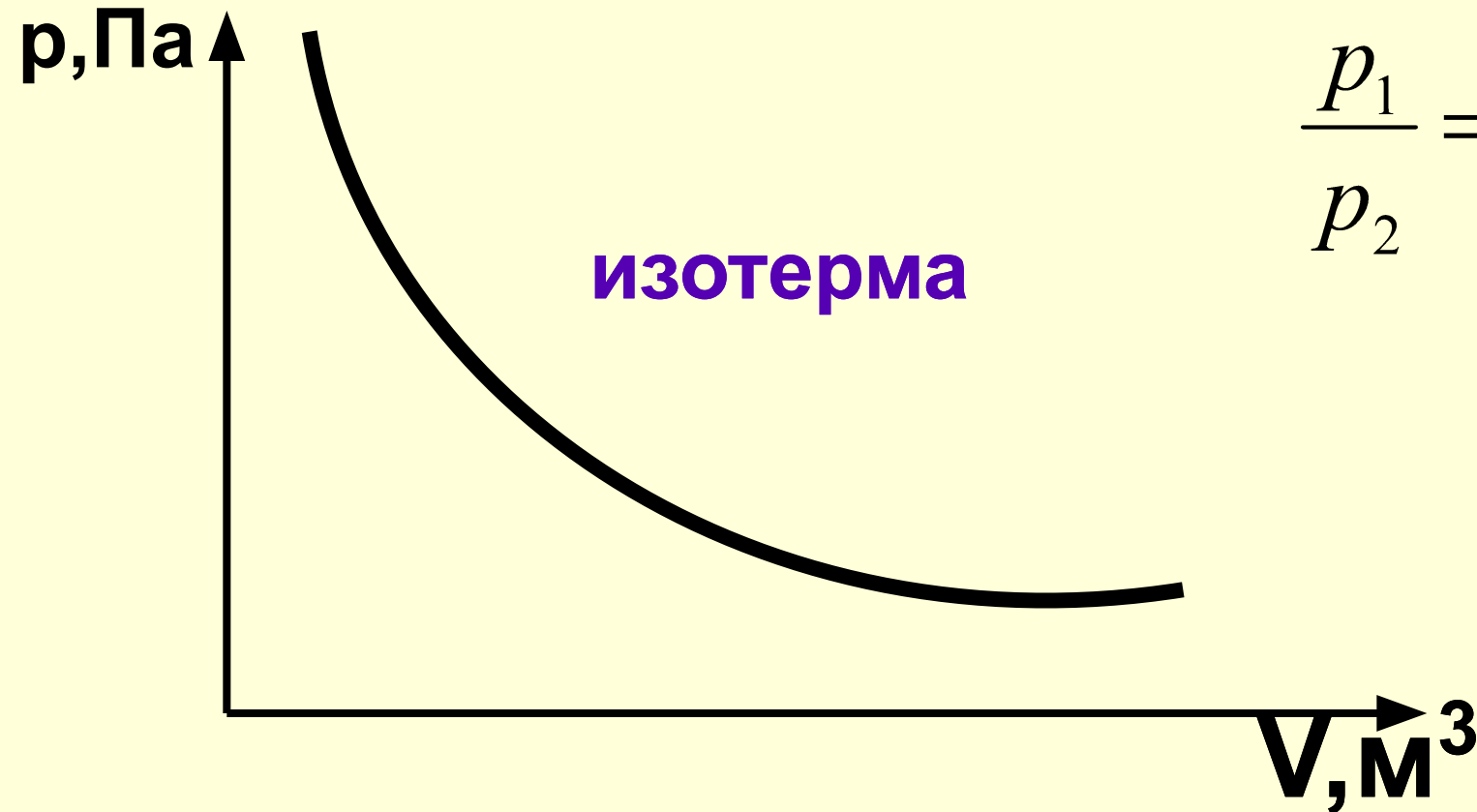
Закон Бойля - Мариотта

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

График изотермического процесса

$$T = \text{const}, \quad pV = \text{const}$$

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



ИЗОБАРНЫЙ ПРОЦЕСС

$$p = \text{const}$$

Процесс изменения состояния
идеального газа при
постоянном давлении

$$m = \text{const}$$

$$p = \text{const}$$

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



$$\frac{V}{T} = \text{const}$$

ЗАКОН

Гей - Люссака

**Этот закон
экспериментально был
открыт в 1802г.
Французским учёным
Гей-Люссаком**



Закон Гей-Люссака

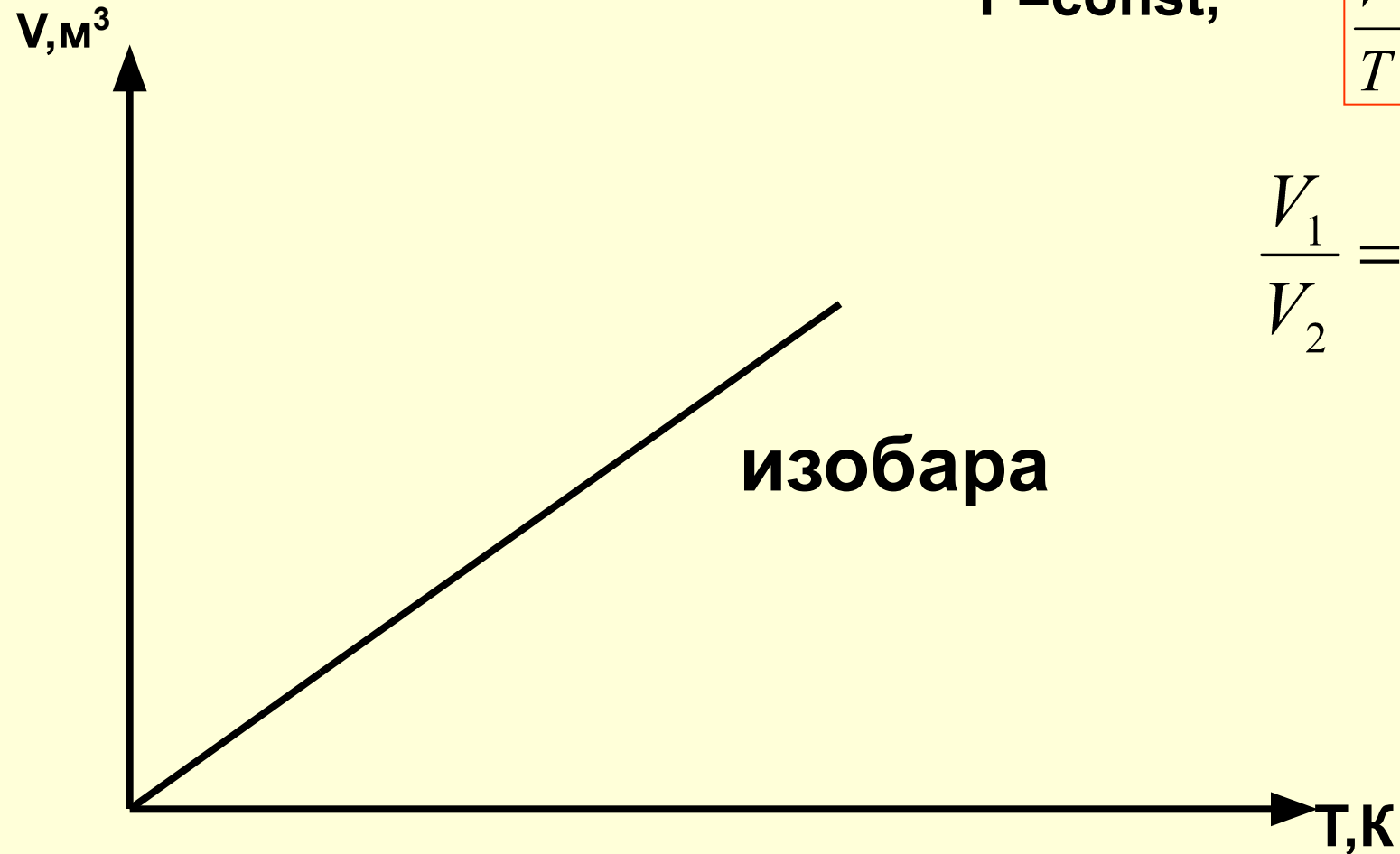
Для газа данной массы
отношение объёма к
температуре
постоянно, если
давление не меняется.

График изобарного процесса

$P = \text{const}$,

$$\frac{V}{T} = \text{const}$$

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



ИЗОХОРНЫЙ ПРОЦЕСС

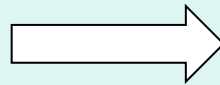
$$V = \text{const}$$

Процесс изменения состояния идеального газа при постоянном объёме

$$m = \text{const}$$

$$V = \text{const}$$

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



$$\frac{p}{T} = \text{const}$$

закон

Шарля

**Эту зависимость
экспериментально
установил в 1787г.
французский физик
Шарль**



Закон Шарля

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

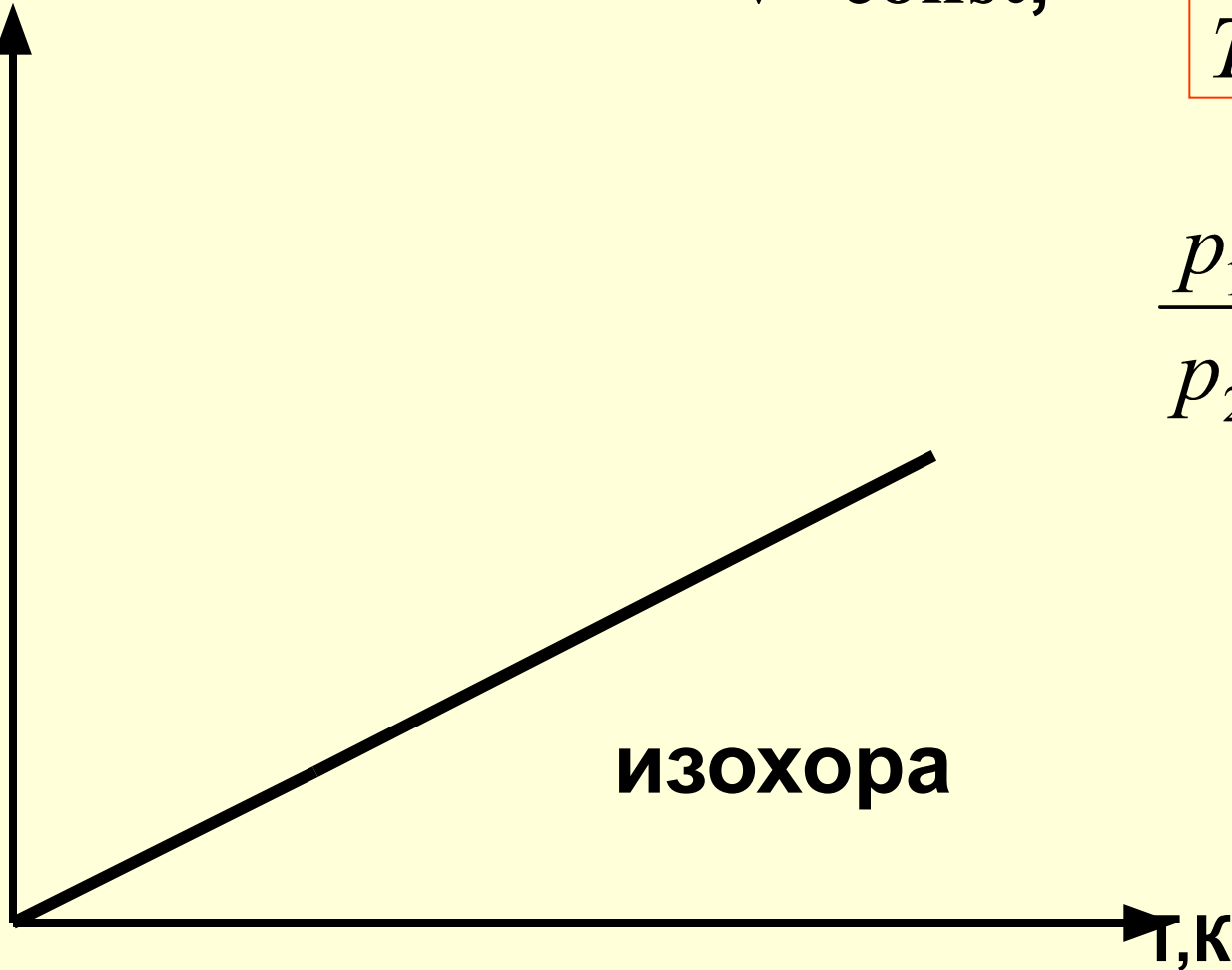
График изохорного процесса

$p, \text{Па}$

$V = \text{const},$

$$\frac{p}{T} = \text{const}$$

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



изохора

**Эти законы справедливы
для любых газов, а так же
для смесей газов
(например воздуха)**

Задачи:

1. Почему баллон с любым сжатым газом представляет большую опасность при пожаре?
2. В двух сосудах одинакового объема при одинаковых температуре и давлении находится водород и азот. Масса какого из газов больше и во сколько раз?
3. Иногда из бутылки, наполненной газированной водой, вылетает пробка, если бутылка поставлена в теплое место. Почему?

Задачи:

4. Какой объём будет занимать газ при температуре 77°C , если при 27°C его объём равен $0,006\text{ м}^3$, при постоянном давлении.

$V_1 - ?$

«СИ»

$$t_1 = 77^\circ \text{C}$$

$$T_1 = 77 + 273 = 350 \text{K}$$

$$t_2 = 27^\circ \text{C}$$

$$T_2 = 300 \text{K}$$

$$V_2 = 0,006 \text{ м}^3$$

$$\frac{V}{T} = \text{const}$$

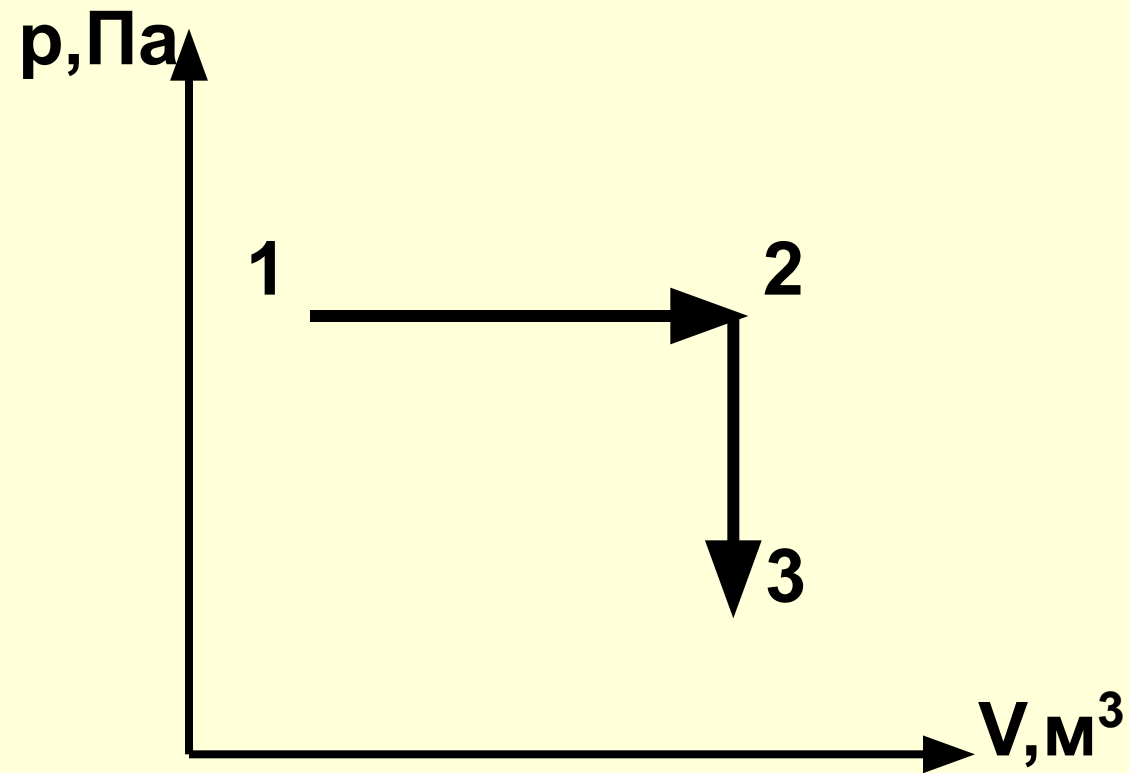
$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$V_1 = \frac{V_2 \cdot T_1}{T_2}$$

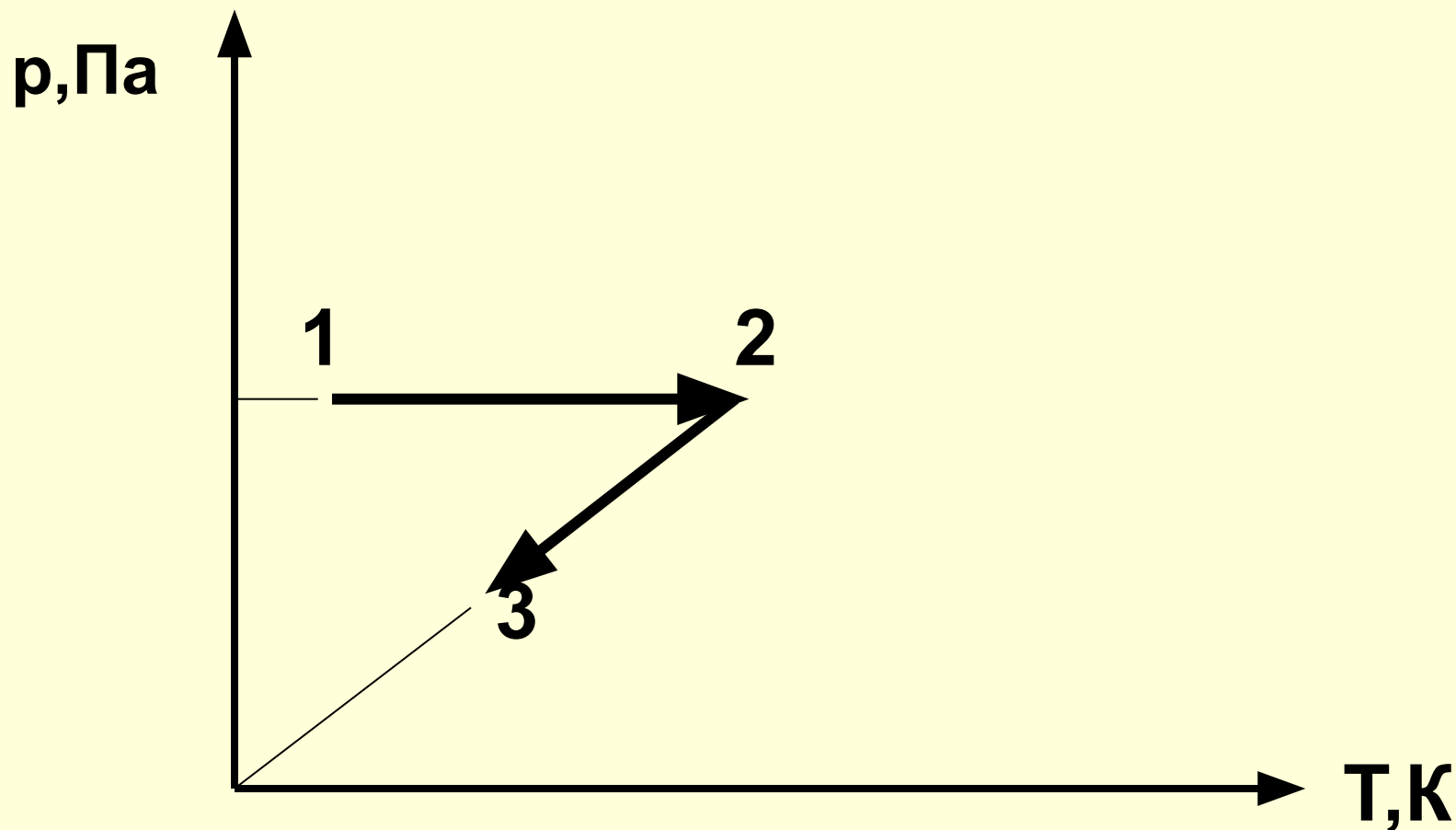
$$V_1 = \frac{0,006 \cdot 350}{300} = 0,007 (\text{м}^3)$$

Ответ: 0,007 м³.

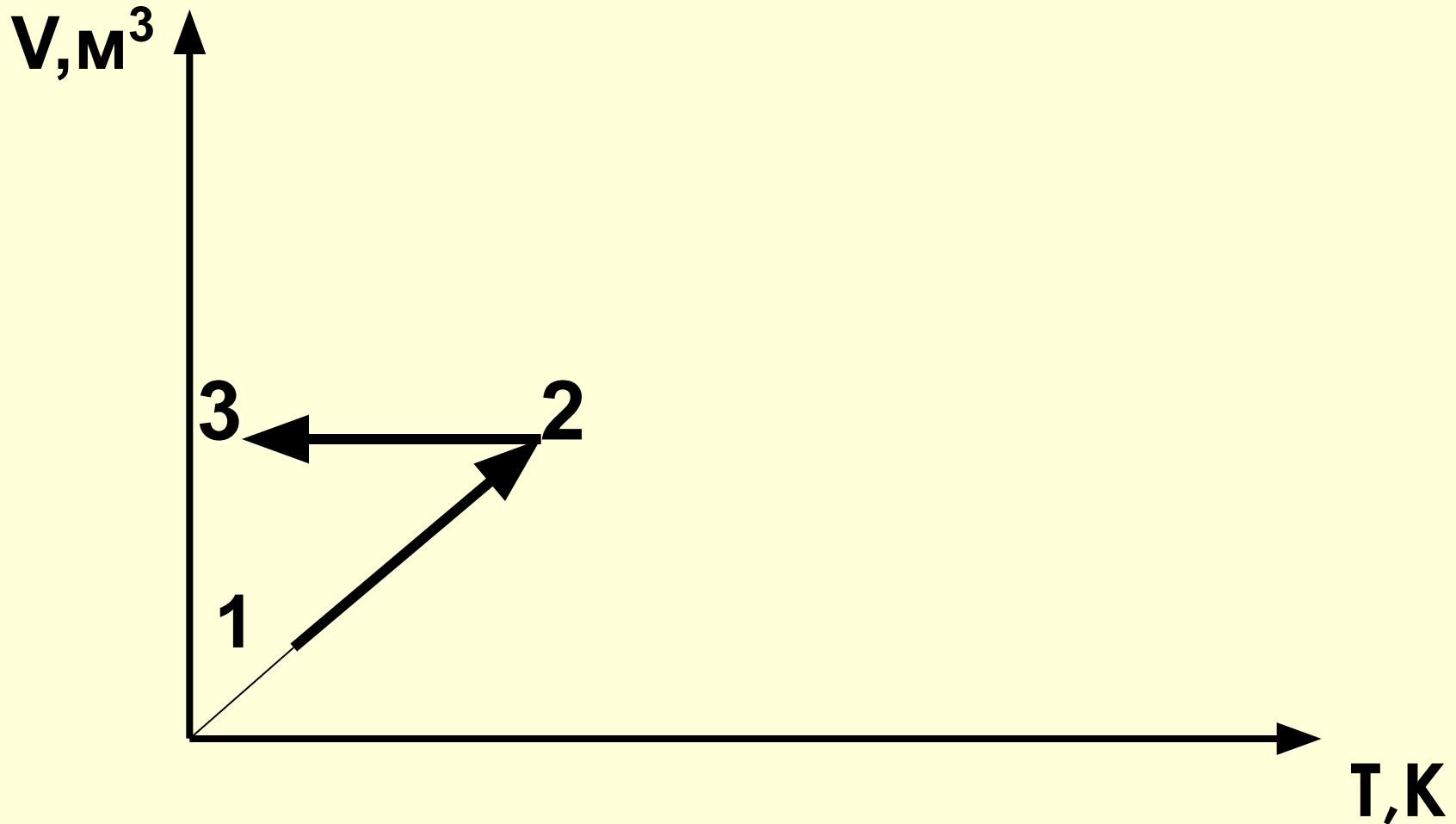
6. Какие процессы изображены на графике. Представьте эти процессы в координатах p - T и V - T



На участке 1-2 график изобарного процесса ($p=\text{const}$), на 2-3 график изохорного процесса ($V=\text{const}$)



(Т.к. 1-2 – $p=\text{const}$, а
2-3 – $V=\text{const}$)



Идеальный газ изохорно нагревают так, что его температура изменяется на ΔT а давление — в 1,6 раза. Масса газа постоянна. Какова начальная температура газа по шкале Кельвина?

Изохорный процесс — это процесс, проводимый при постоянном объеме. Идеальный газ подчиняется уравнению Клапейрона — Менделеева. В начальном состоянии (до нагревания): $p_1V = \nu RT_1$. После нагревания: $p_2V = \nu RT_2$. Вычтя из второго уравнения первое и приняв во внимание, что $p_2 = 1,6p_1$, получаем соотношение $0,6p_1V = \nu R\Delta T \Leftrightarrow \frac{p_1V}{\nu R} = \frac{\Delta T}{0,6}$. Тогда, начальная

температура газа равна $T_1 = \frac{p_1V}{\nu R} = \frac{\Delta T}{0,6} = \frac{240 \text{ К}}{0,6} = 400 \text{ К}$.

Ответ: 400.

Идеальный газ изобарно нагревают так, что его температура изменяется на $\Delta T = 240$ К, а объём — в 1,4 раза. Масса газа постоянна. Какова начальная температура газа по шкале Кельвина?

Решение.

Изобарный процесс — это процесс, проводимый при постоянном давлении. Идеальный газ подчиняется уравнению Клапейрона — Менделеева. В начальном состоянии (до нагревания): $pV_1 = \nu RT_1$. После нагревания: $pV_2 = \nu RT_2$. Вычтя из второго уравнения первое и приняв во внимание, что $V_2 = 1,4V_1$, получаем соотношение

$$p\Delta V = \nu R\Delta T \Leftrightarrow 0,4pV_1 = \nu R\Delta T \Leftrightarrow \frac{pV_1}{\nu R} = \frac{\Delta T}{0,4}.$$

Тогда, начальная температура газа равна $T_1 = \frac{pV_1}{\nu R} = \frac{\Delta T}{0,4} = \frac{240 \text{ К}}{0,4} = 600 \text{ К}.$

Ответ: 600.

В закрытом сосуде с клапаном находится идеальный газ при температуре $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ и давлении p_1 . В результате некоторого эксперимента 20 % газа вышло из сосуда через клапан. При этом температура газа повысилась на $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, а его давление изменилось до некоторой величины p_2 . Найдите отношение $\frac{p_1}{p_2}$. *Ответ округлите до десятых долей.*

Решение.

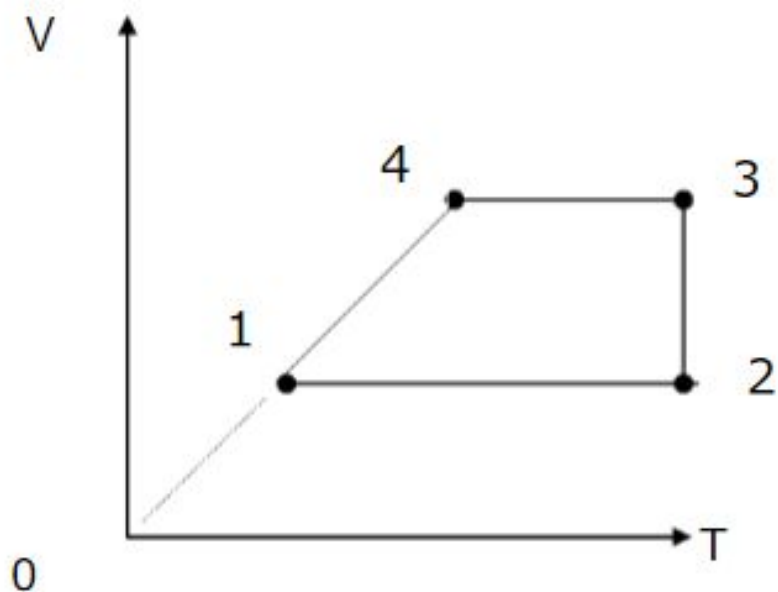
Количество газа в сосуде, оставшегося после некоторого эксперимента, составляет 0,8 от изначального количества. Температура после эксперимента составит 303 К.

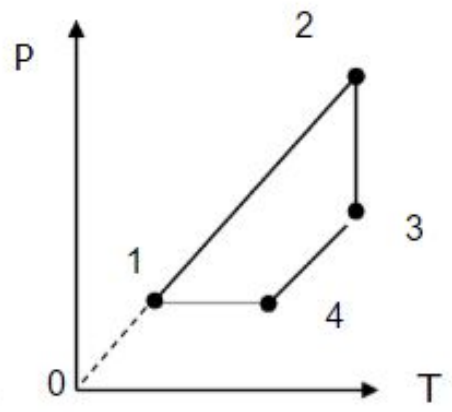
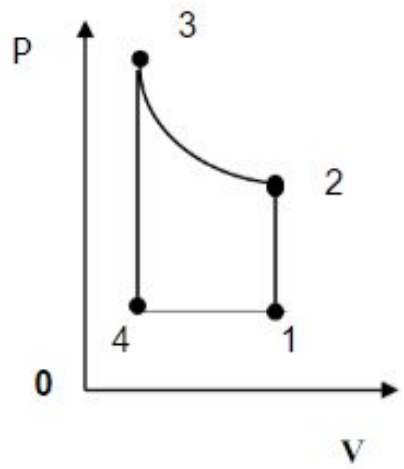
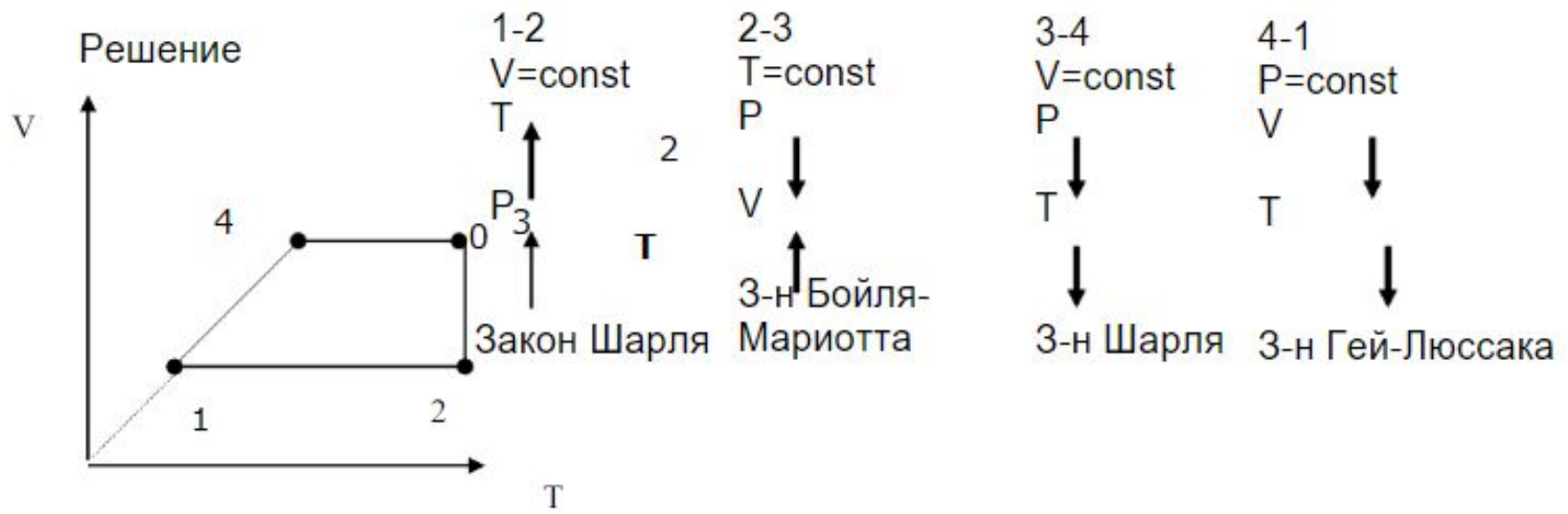
Тогда с помощью уравнения Менделеева-Клапейрона получим: $\frac{p_1}{p_2} = \frac{v_1 RT_1}{v_2 RT_2} = 1,2$.

Ответ: 1,2.

Задача

На рисунке в координатах V, T представлен график цикла газа некоторой массы (1-4). Изобразите этот цикл в координатах p, V ; p, T







Спасибо за у