

30.01.2017

**Классная
работа**

**УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ
ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА.
ГАЗОВЫЕ ЗАКОНЫ**

Актуализация опорных знаний

Что является объектом изучения МКТ?

Идеальный газ.

Что в МКТ называется идеальным газом?

Идеальный газ – это газ, в котором взаимодействием между молекулами можно пренебречь.

Какие три термодинамических параметра используют для того, чтобы описать состояние идеального газа?

Давление, объем и температура.

Какое уравнение связывает между собой все три термодинамических параметра?

Уравнение состояния идеального газа.

НОВЫЕ ЗНАНИЯ

Что называется изопроцессами?

Изопроцессы – процессы, протекающие при неизменном значении одного из параметров. «Изо» - «постоянство».

Какие бывают изопроцессы?

Изобарный
Изохорный
Изотермический

Что называется газовыми законами?

Количественная зависимость между двумя макропараметрами при неизменном значении третьего

Какое уравнение связывает между собой все три термодинамических параметра?

Уравнение состояния идеального газа.

Клапейрон Бенуа Поль Эмиль (1799–1864)



французский физик и инженер. Родился 26 января 1799 в Париже. Окончил Политехническую школу (1818). Работал в Институте инженеров путей сообщения в Петербурге (1820–1830). По возвращении во Францию стал профессором Школы мостов и дорог в Париже.

Уравнение состояния идеального газа в форме Клапейрона

$$p = nkT$$

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

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

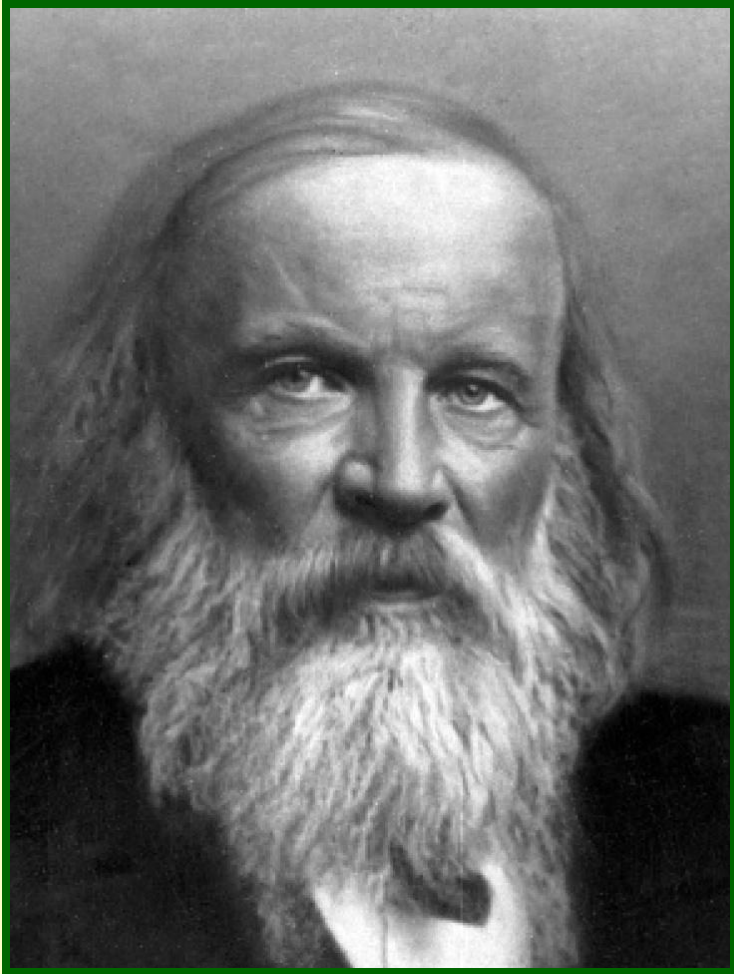
$$\frac{pV}{T} = Nk$$

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

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

Уравнение состояния идеального газа в форме Клапейрона

Менделеев Дмитрий Иванович (8.II.1834–2.II.1907)



- Обобщив уравнение Клапейрона, в 1874 вывел общее уравнение состояния идеального газа

Уравнение состояния идеального газа в форме Менделеева-Клапейрона

$$p = nkT$$
$$n = \frac{N}{V}$$
$$p = \frac{N}{V} kT$$
$$\frac{pV}{T} = Nk$$
$$N = \frac{m}{M} \cdot N_A$$

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

$$R = kN_A = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}} = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

R - универс. газ. постоянная

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

Уравнение состояния идеального газа в форме Менделеева-Клапейрона

применение уравнения состояния.



1. В термометрах...

- Уравнение позволяет определить одну из величин, характеризующих состояние, если известны две другие величины
- Это используют в термометрах



2. В газовых законах...



- Зная уравнение состояния, можно сказать, как протекают в системе процессы при определённых внешних условиях

3. В молекулярной физике...

- Зная уравнение состояния, можно определить, как меняется состояние системы, если она совершает работу или получает теплоту от окружающих тел



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

Df. Изотермический процесс-процесс изменения состояния термодинамической системы макроскопических тел при постоянной температуре $T = \text{const}$

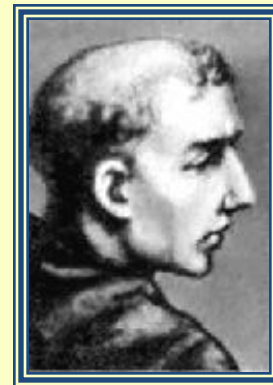
Закон Бойля-Мариотта:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

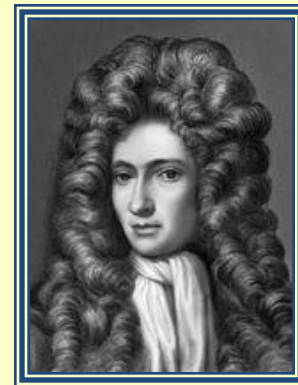
$$pV = \text{const}$$

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

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



Э.



Р.

Закон Бойля- Мариотта

Применение закона Бойля-Мариотта

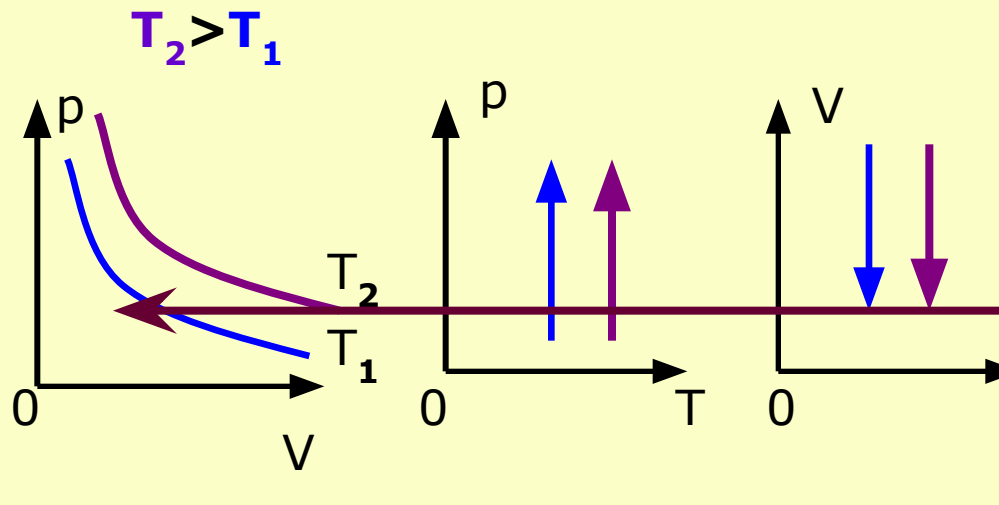
Изотермический процесс

$$T_1 = T_2 = T$$

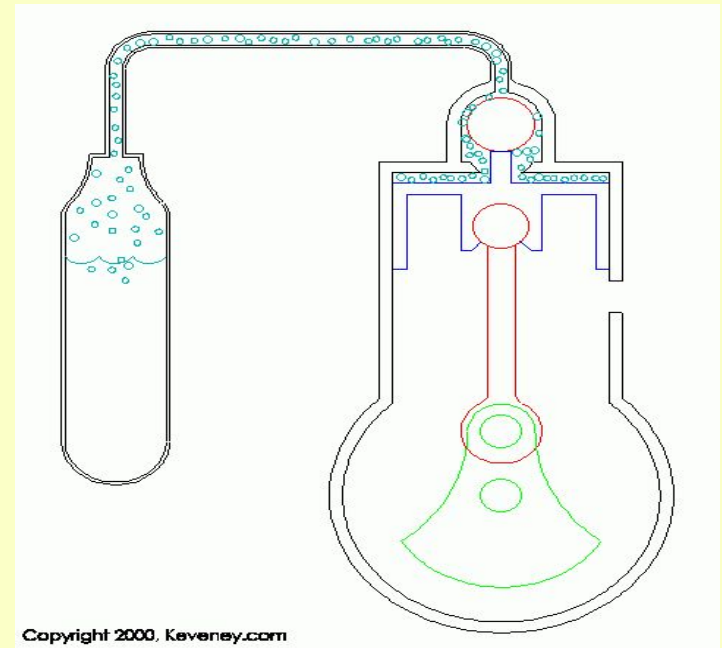
Уравнение Клапейрона

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 \Rightarrow p \cdot v = \text{const}$$

Изотермы



Воздушный двигатель



Copyright 2000, Kevoney.com

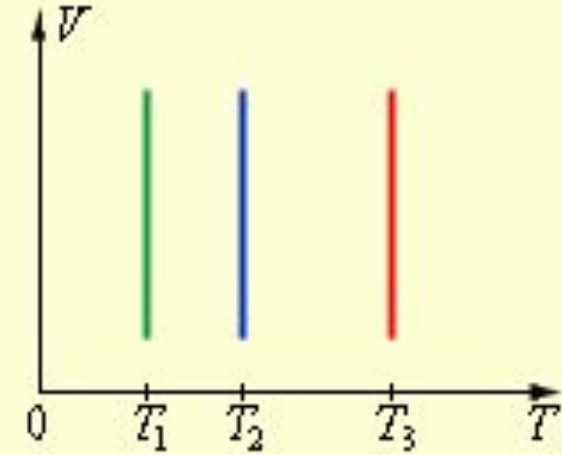
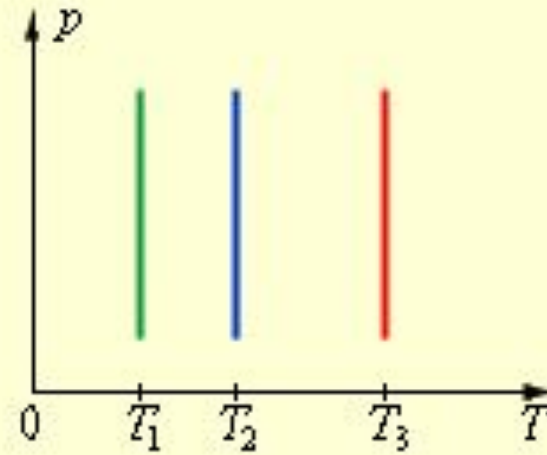
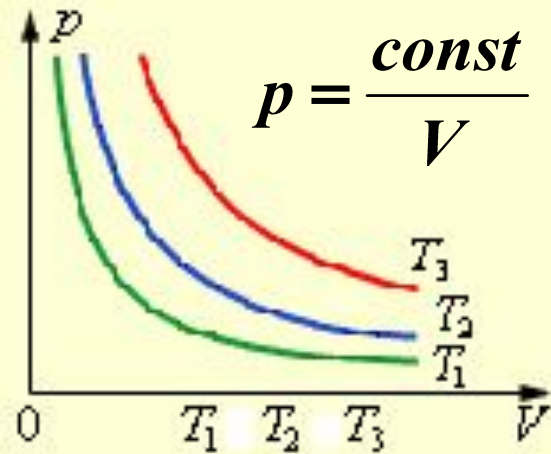
Основное уравнение МКТ

$$p = n \cdot k \cdot T \quad n = \frac{N}{V}$$

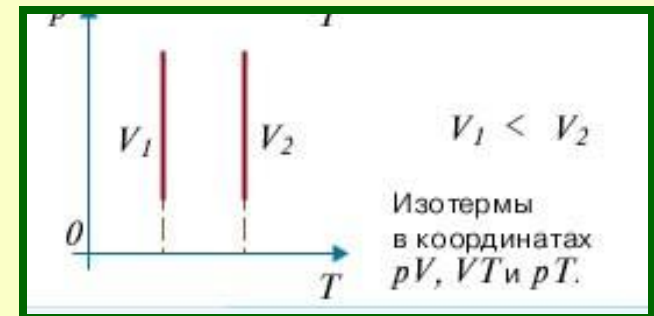
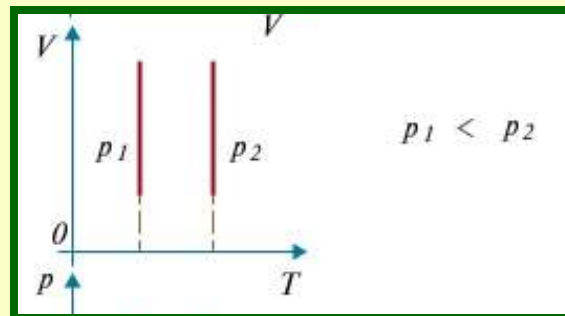
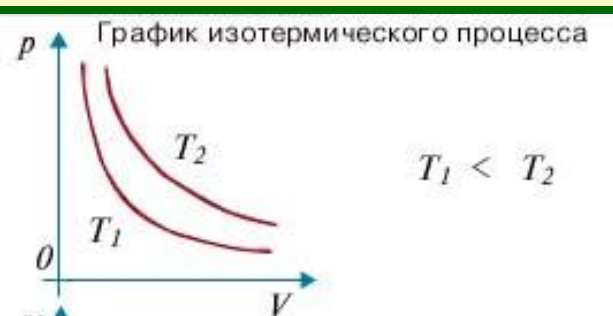
$$N = \text{const}; \quad k = \text{const}; \quad T = \text{const}$$

$$p \sim \frac{1}{V}$$

графическое изображение изотермического процесса в различных системах координат.

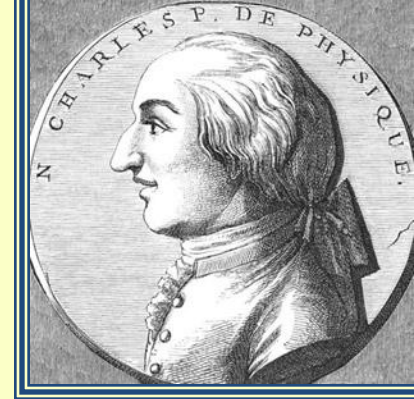


Графики изотермического процесса называют **изотермами**



$T = const$

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



Ж.
Шарль

***Df.** Изохорный процесс-процесс изменения состояния термодинамической системы макроскопических тел при постоянном объеме*
 $V = \text{const}$

Закон Шарля:

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

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

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

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

Закон Шарля

Изохорический процесс

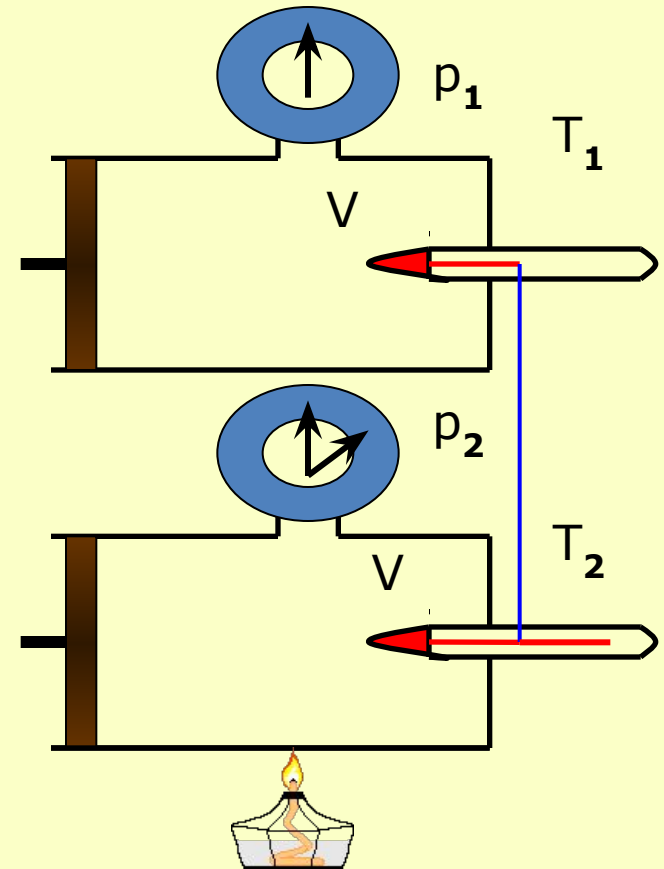
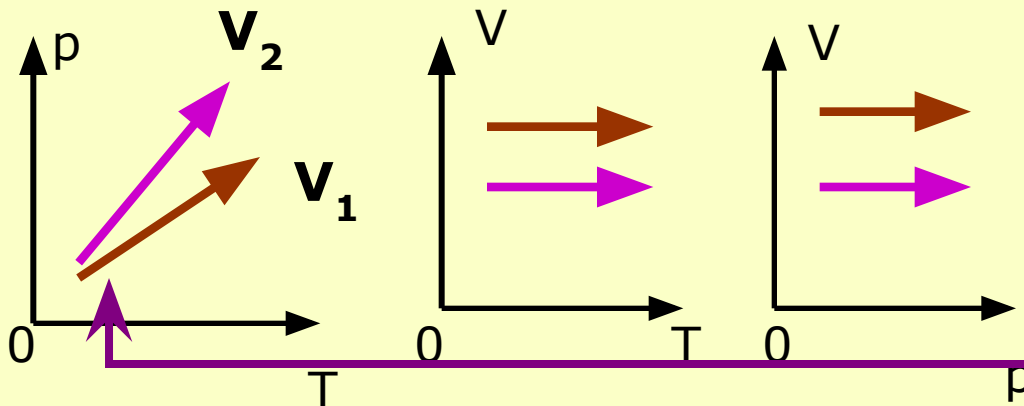
$$\underline{V_1 \equiv V_2 \equiv V}$$

Уравнение Клапейрона

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \Rightarrow \frac{p}{T} = \text{const}$$

Изохоры

$$V_1 > V_2$$



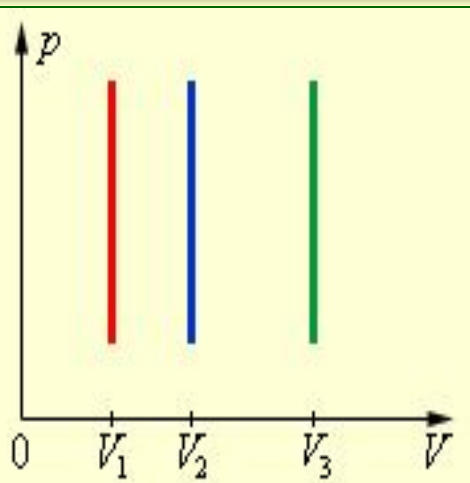
Основное уравнение МКТ

$$p = n \cdot k \cdot T \quad n = \frac{N}{V}$$

$$N = \text{const}; k = \text{const}; V = \text{const}$$

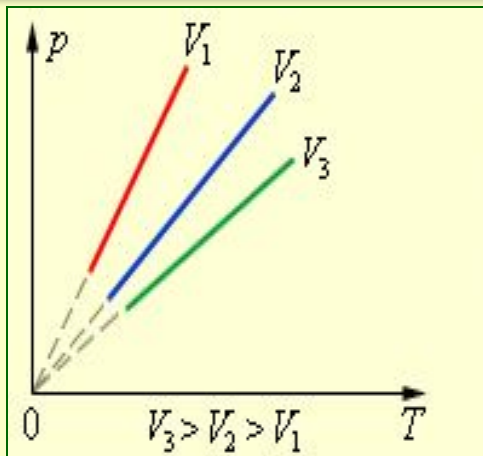
$$P \sim T$$

графическое изображение изохорного процесса в различных системах координат.



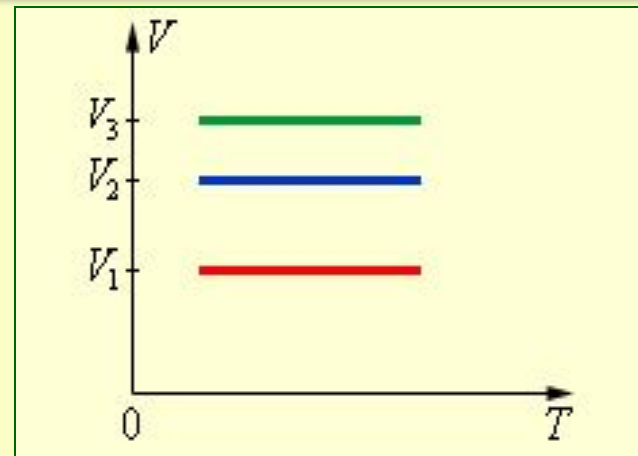
$$V_1 < V_2 < V_3$$

$V = const$



$$V_1 < V_2 < V_3$$

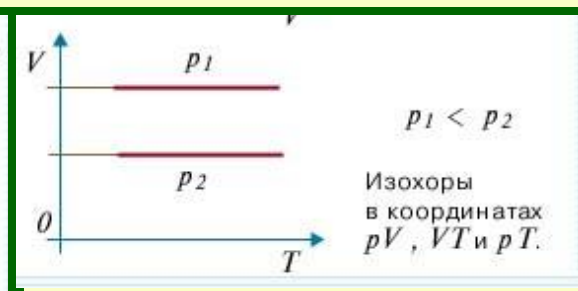
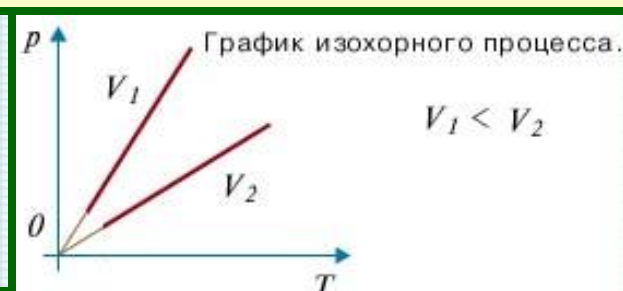
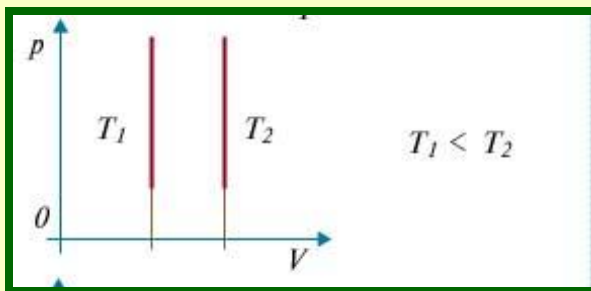
$$p = T \cdot const$$



$$V_1 < V_2 < V_3$$

$V = const$

Графики изохорного процесса называют **изохорами**.



$$p = T \cdot const$$

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

Df. Изобарный процесс-процесс изменения состояния термодинамической системы макроскопических тел при постоянном давлении $p = \text{const}$

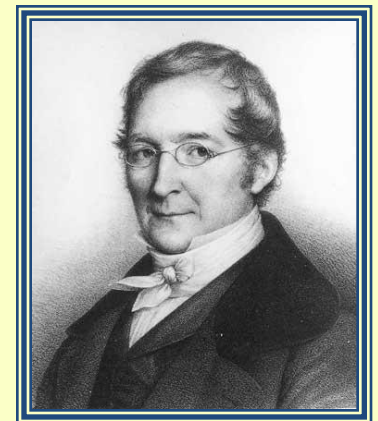
Закон Гей-Люссака:

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

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

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

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



Ж. Гей-

Закон Гей-Люссака

Изобарический процесс

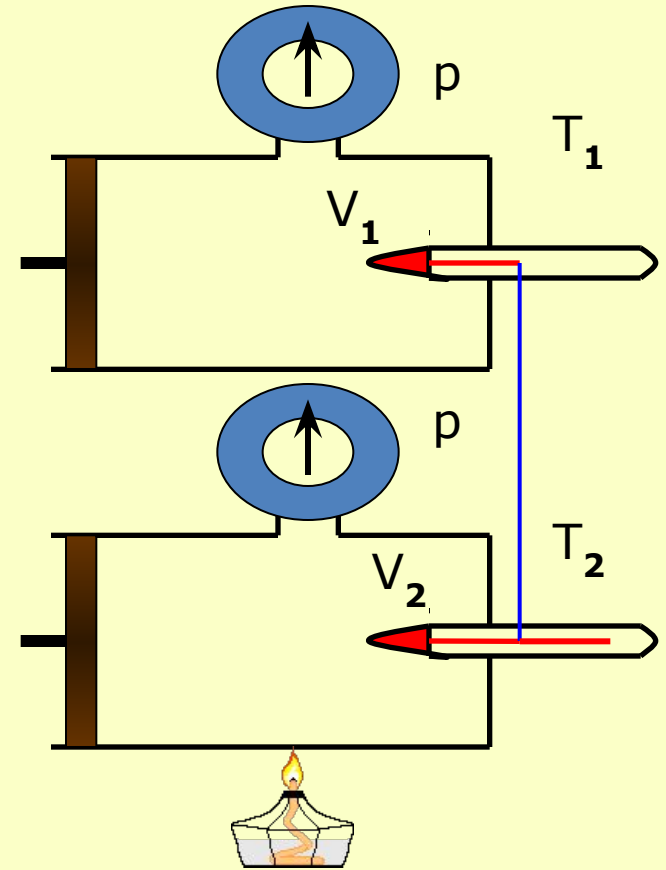
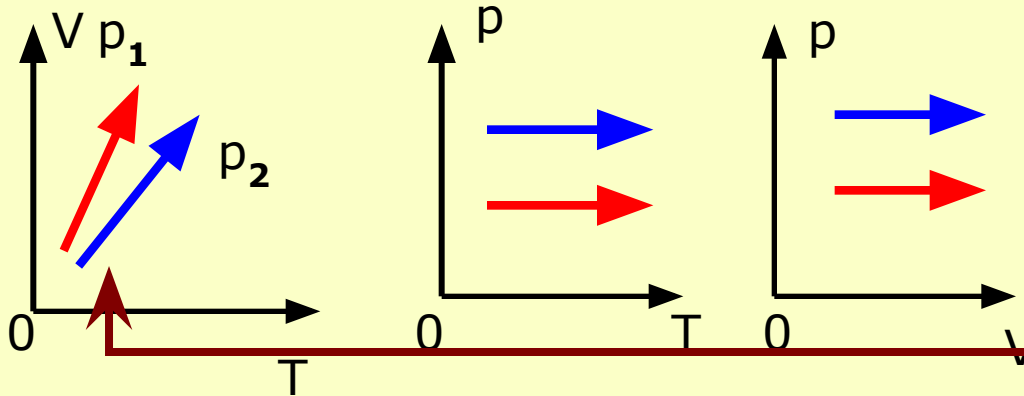
$$p_1 = p_2 = p$$

Уравнение
Клапейрона

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{V}{T} = \text{const}$$

Изобары

$$p_2 > p_1$$



Основное уравнение МКТ

$$p = n \cdot k \cdot T \quad n = \frac{N}{V}$$

$$N = \text{const}; k = \text{const};$$

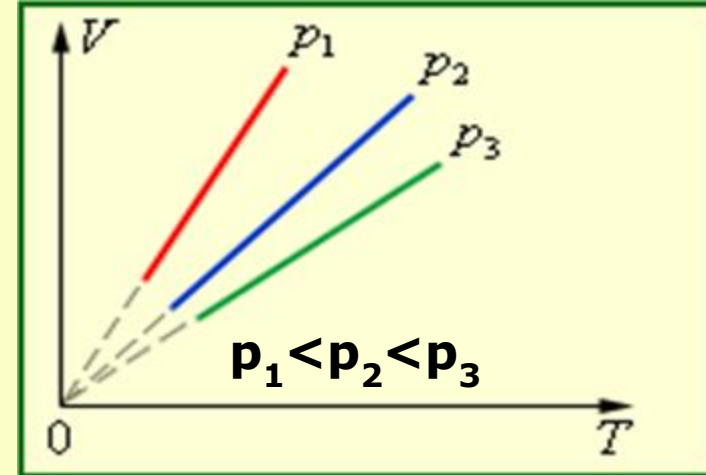
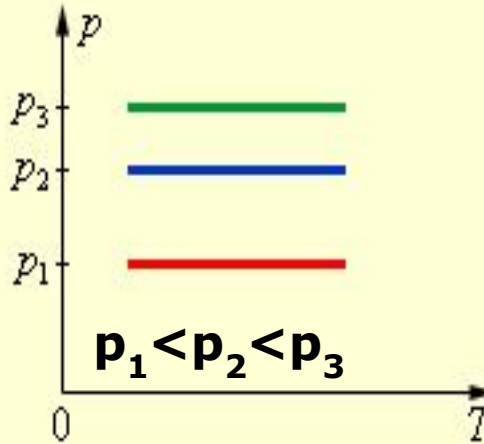
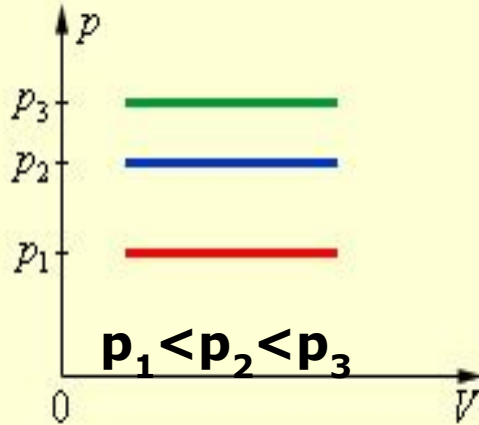
$$p = \text{const}$$

$$V \sim T$$

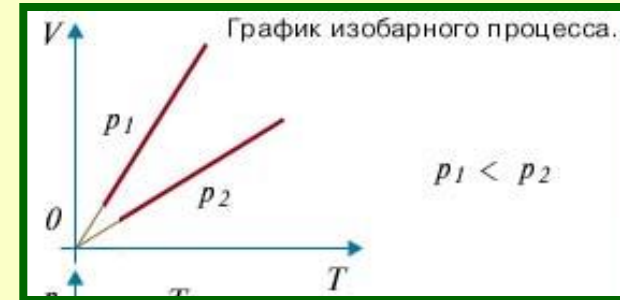
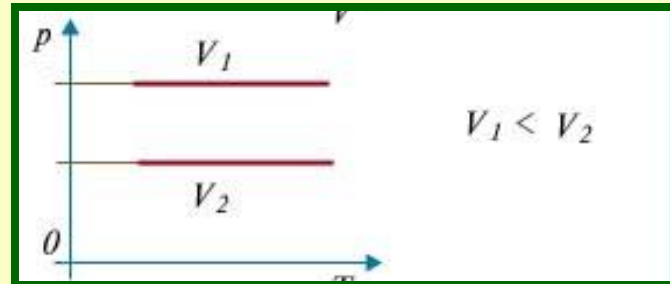
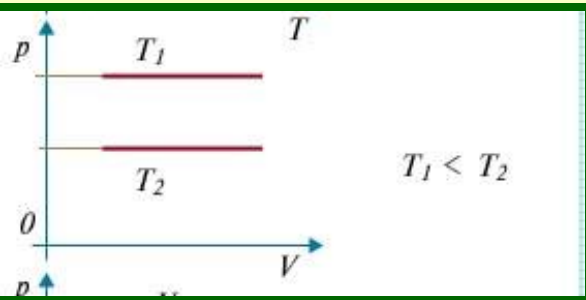
графическое изображение изобарного процесса в различных системах координат.

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

$$p = \text{const}$$



Графики изобарного процесса называют **изобарами**.



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

Изопроцессы в газах

Процессы, протекающие при неизменном значении

одного из параметров, называют изопроцессами.

| Название процесса | Изотермический процесс | Изобарный процесс | Изохорный процесс |
|---------------------|------------------------|--------------------|--------------------|
| Постоянная величина | $T = \text{const}$ | $p = \text{const}$ | $V = \text{const}$ |

Обобщение

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

$$v = \frac{m}{M} = \text{const}$$

T = const

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

V = const

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

p = const

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

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

Бойля-Мариотта

Закон Гей-Люссака

Закон Шарля

Выполнение лабораторной работы.

Практическая часть

1. Инструктаж по ТБ.
2. Выполнение практической части работы по инструкции

Аналитическая часть

1. Расчет искомых величин.
2. Расчет погрешностей.
3. Вывод о проделанном эксперименте.

***Опытная проверка
закона Гей – Люссака***

ХОД РАБОТЫ

- 1. *Последовательность действий*
- 2. *Измерить l в мм, t в $^{\circ}\text{C}$*
- 3. *С индексом (1) – горячее состояние, (2) – холодное состояние*
- 4. *Измерить l_1 и l_2 , t_1 и t_2 – известны*
- 5. *Перевод $t \rightarrow T$*

ХОД РАБОТЫ

- 1. Последовательность действий
- 2. Измерить l в мм, t в $^{\circ}\text{C}$
- 3. С индексом (1) – горячее состояние,
(2) – холодное состояние
- 4. Измерить l_1 и l_2 , t_1 и t_2 – известны
- 5. Перевод $t \rightarrow T$

Таблица результатов

| <i>измерено</i> | | |
|---------------------------|------------|--|
| Высота воздушного столба | l_1 , мм | |
| Высота воздушного столба | l_2 , мм | |
| Температура горячей воды | t_1 , °C | |
| Температура холодной воды | t_2 , °C | |

Таблица результатов (продолжение)

| <i>вычислено</i> | | |
|--|-----------------------|--|
| Инструментальная погрешность линейки, | $\Delta_{и\ell}$, мм | |
| Погрешность отсчета линейки, | $\Delta_{о\ell}$, мм | |
| Абсолютная погрешность измерения высоты, | $\Delta\ell$, мм | |
| Температура | T_1 , К | |
| Температура | T_2 , К | |
| Инструментальная погрешность термометра | $\Delta_{иT}$, К | |
| Погрешность отсчета термометра | $\Delta_{оT}$, К | |

Таблица результатов (продолжение)

| | | |
|--|----------------------|--|
| Абсолютная погрешность измерения температуры | $\Delta T, \text{K}$ | |
| Отношение столбов воздуха | l_1 / l_2 | |
| Относительная погрешность | $\varepsilon_1, \%$ | |
| Абсолютная погрешность | Δ_1 | |
| Отношение температур | T_1 / T_2 | |
| Относительная погрешность | $\varepsilon_2, \%$ | |
| Абсолютная погрешность | Δ_2 | |

Вычисления:

$$T = t + 273$$

$$T_1 = 64 + 273 = 327\text{K} \quad T_2 = 20 + 273 = 293\text{K}$$

$$\frac{\varnothing_1}{\varnothing_2} = \frac{500}{426} = 1,17 \quad \frac{T_1}{T_2} = \frac{327}{293} = 1,15$$

Погрешности измерений:

$$\Delta \ell = \Delta \ell_{\text{и}} + \Delta \ell_{\text{о}} = 1 + 0,5 = 1,5\text{мм}$$

$$\Delta T = \Delta T_{\text{и}} + \Delta T_{\text{о}} = 1 + 0,5 = 1,5\text{К}$$

Относительные погрешности:

$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta \varnothing}{\varnothing_1} + \frac{\Delta \varnothing}{\varnothing_2} = \frac{1,5\text{мм}}{500\text{мм}} + \frac{1,5\text{мм}}{425\text{мм}} = 0,0065 = 0,65\%$$

$$\varepsilon_2 = \frac{\Delta T}{T_1} + \frac{\Delta T}{T_2} = \frac{1,5\text{К}}{327\text{К}} + \frac{1,5\text{К}}{293\text{К}} = 0,0096 = 0,96\%$$

Абсолютные погрешности:

$$\Delta_1 = \frac{V_1}{V_2} \cdot \varepsilon_1 = 1,17 \cdot 0,0065 \approx 0,01$$

$$\frac{V_1}{V_2} = 1,17 \pm 0,01$$

$$\Delta_2 = \frac{T_1}{T_2} \cdot \varepsilon_2 = 1,15 \cdot 0,0096 \approx 0,01$$

$$\frac{T_1}{T_2} = 1,15 \pm 0,01$$

$$1,16 \leq \frac{V_1}{V_2} \leq 1,18$$

$$1,14 \leq \frac{T_1}{T_2} \leq 1,16$$

Вывод: закон Гей-Люссака выполняется, так как отношение объемов равно отношению температур с учетом погрешностей

Домашнее задание.

1. Повторить теорию по теме «Молекулярно – кинетическая теория. Идеальный газ. Уравнение состояния. Основное уравнение МКТ. Газовые законы».
2. Отчет о выполнении лабораторной работы.