

# Урок 39. 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

$$p = nkT$$

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

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

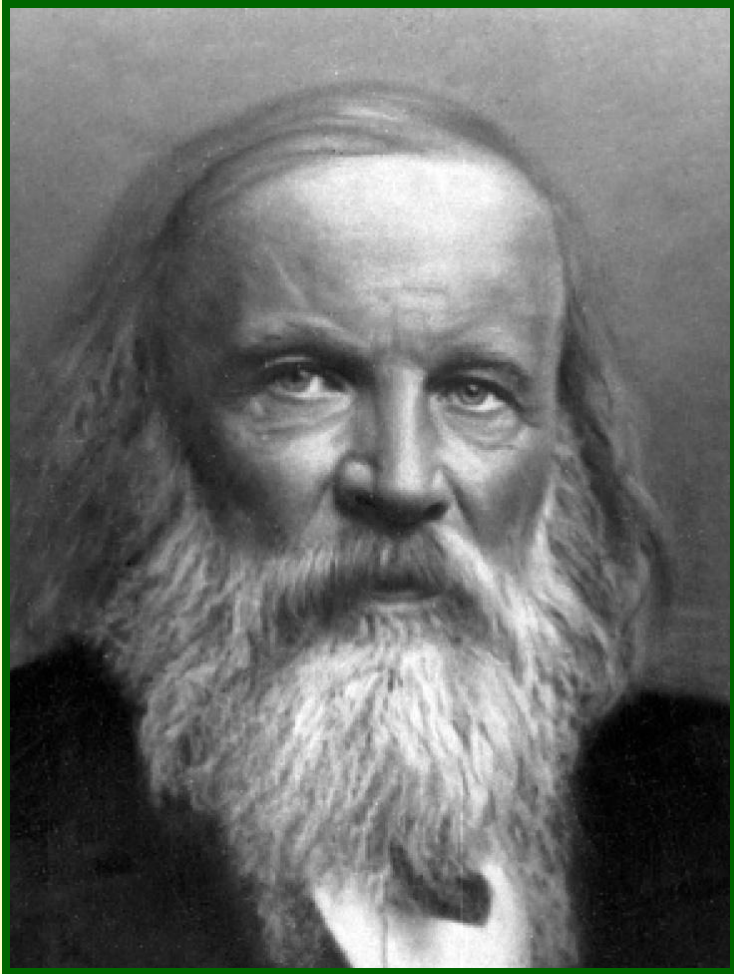
$$\frac{pV}{T} = Nk$$

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

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

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**



# практическое 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



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

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

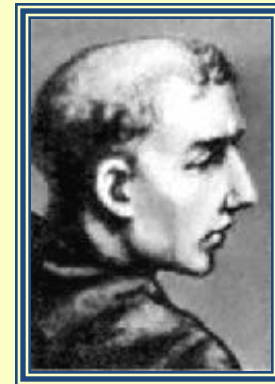
**Закон Бойля-Мариотта:**

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

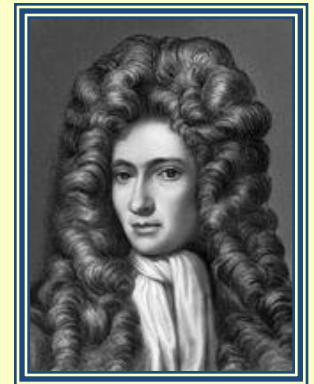
$$pV = \text{const}$$

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

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



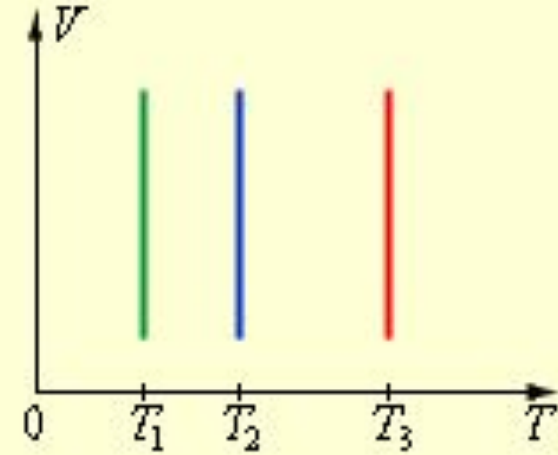
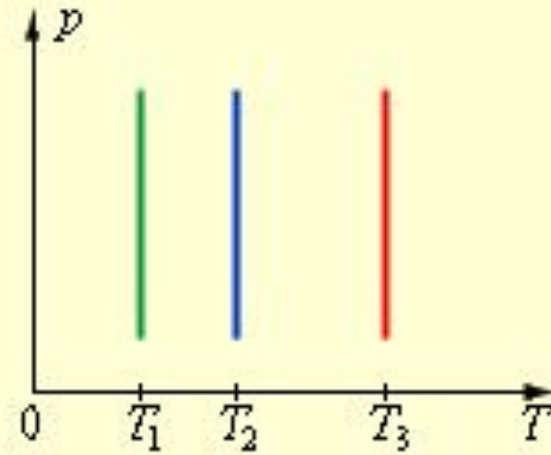
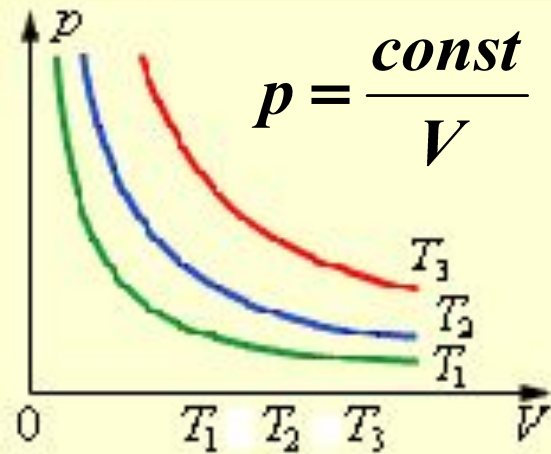
Э.



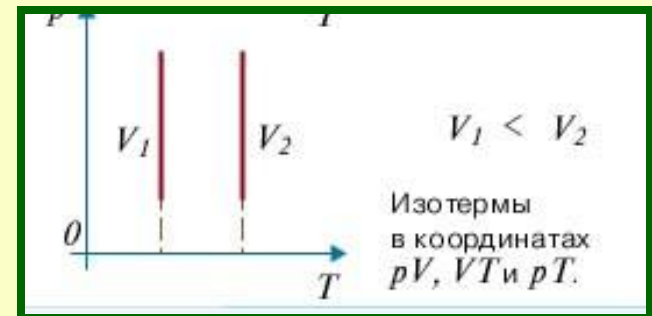
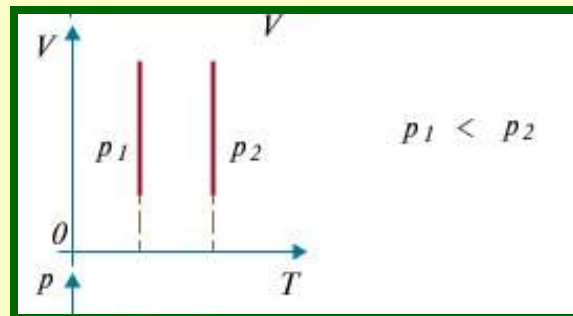
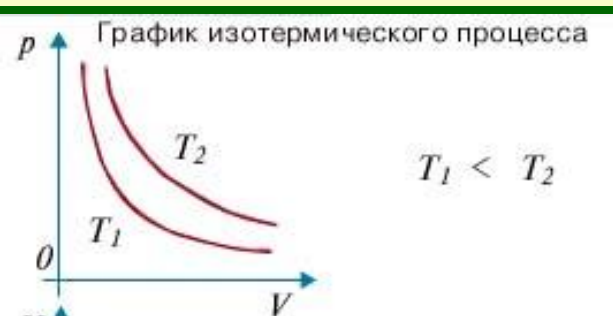
Р.



# графическое изображение изотермического процесса в различных системах координат.

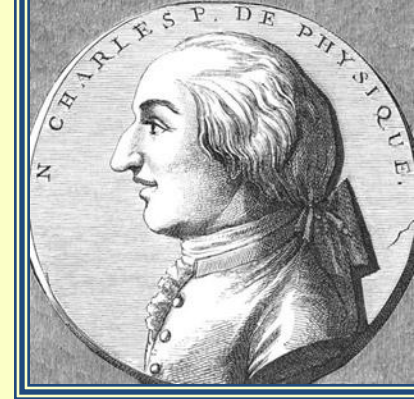


Графики изотермического процесса называют **изотермами**



# $T = \text{const}$

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



Ж.  
Шарль

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

**Закон Шарля:**

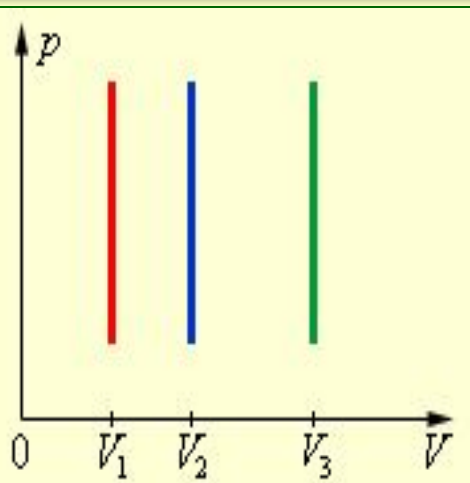
*Для газа данной массы отношение давления газа к температуре постоянно, если объем газа не меняется.*

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

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

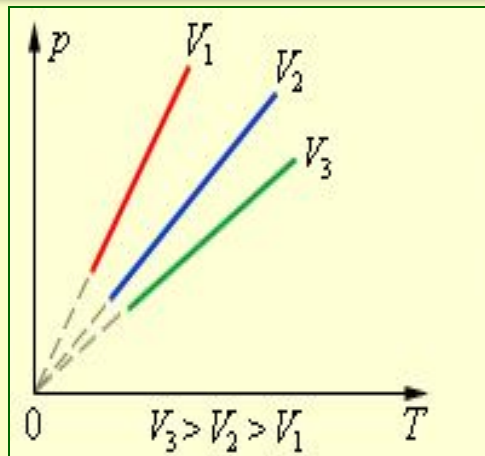
$$p = T \cdot \text{const}$$

# графическое изображение изохорного процесса в различных системах координат.



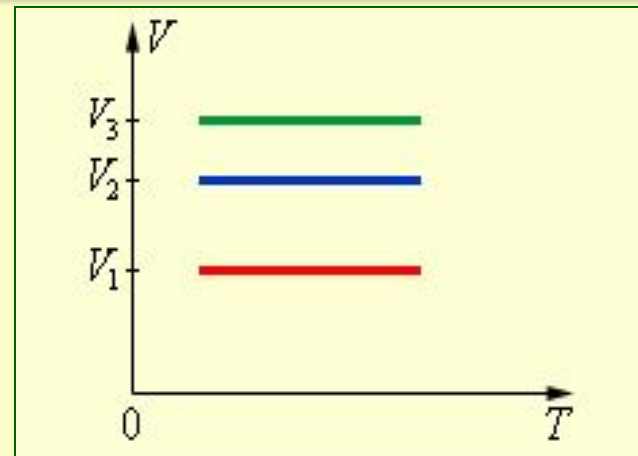
$$V_1 < V_2 < V_3$$

$V = const$



$$V_1 < V_2 < V_3$$

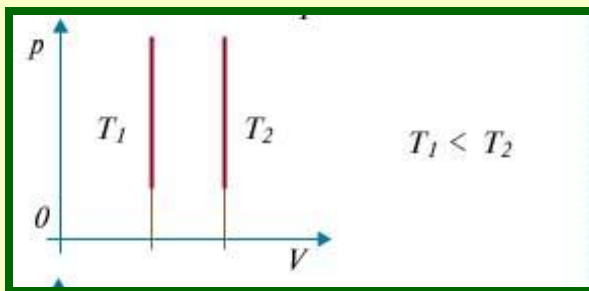
$$p = T \cdot const$$



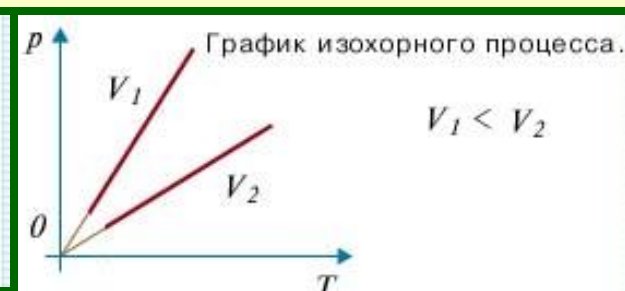
$$V_1 < V_2 < V_3$$

$V = const$

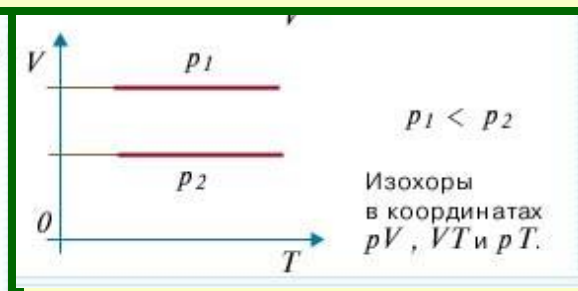
Графики изохорного процесса называют **изохорами**.



$$T_1 < T_2$$



$$V_1 < V_2$$



$$p_1 < p_2$$

Изохоры  
в координатах  
 $pV$ ,  $VT$  и  $pT$ .

$$p = T \cdot const$$

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

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

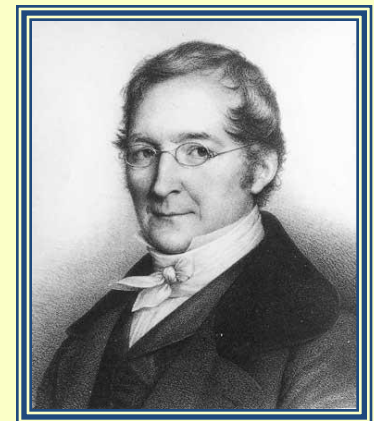
**Закон Гей-Люссака:**

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

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

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

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

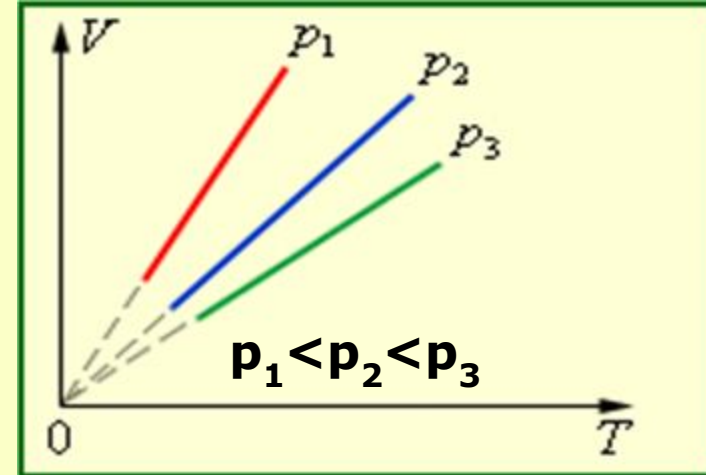
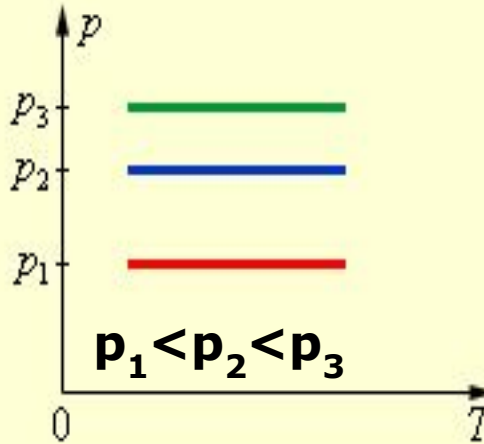
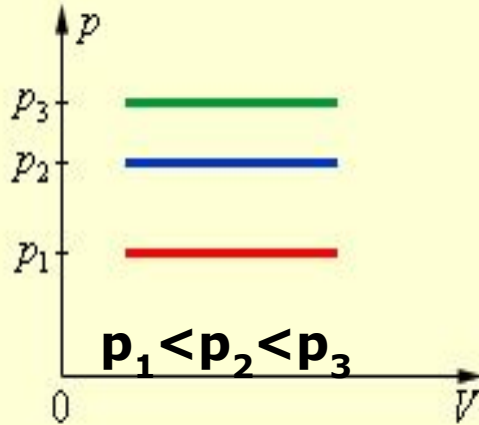


Ж. Гей-

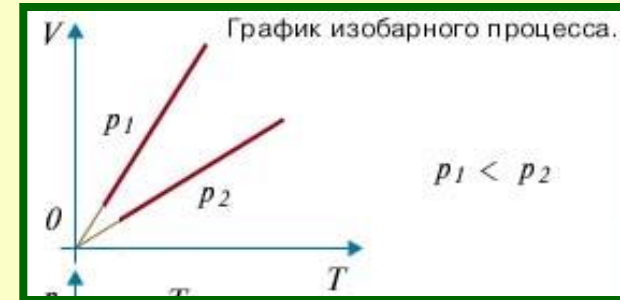
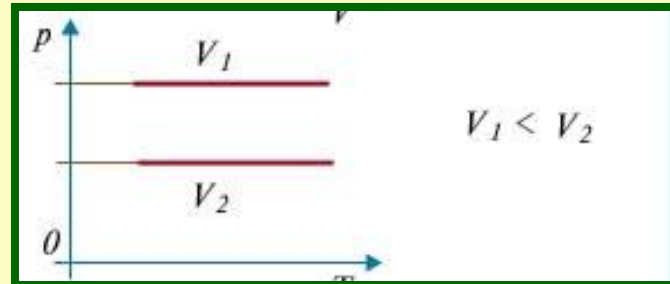
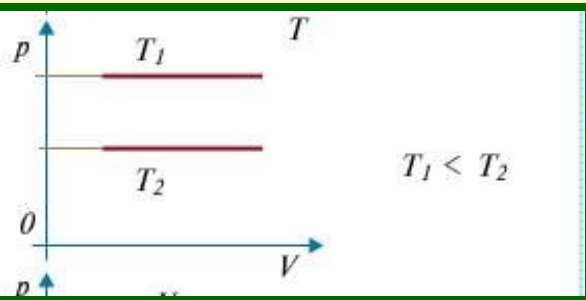
# графическое изображение изобарного процесса в различных системах координат.

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

$$p = \text{const}$$



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*