

# Вывод уравнения состояния идеального газа

$$p = nkT$$

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

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

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

$$\frac{pV}{T} = \frac{m}{m_0} k$$

$$m_0 = \frac{M}{N_A}$$

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

$$R = kN_A = 8,31 \text{ Дж / (моль} \cdot \text{К)}$$

Универсальная  
газовая  
постоянная

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

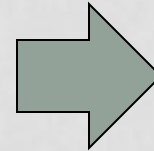
Уравнение Менделеева-Клапейрона

если  $m = \text{const}$  и  
 $M = \text{const}$ , то ...

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

Если  $\bigcirc = \text{const}$ , то

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



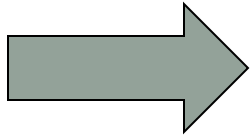
$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} = \text{const}$$

Уравнение  
Клапейрона

Газовый закон –  
количественная  
зависимость между двумя  
параметрами газа при  
фиксированном значении  
третьего

Изопроцесс – процесс, при котором один из  
макроскопических параметров состояния  
данной массы газа остается постоянным

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



$$pV = \text{const}$$

Если  $T = \text{const}$  (не  
изменяется)

Изотермич

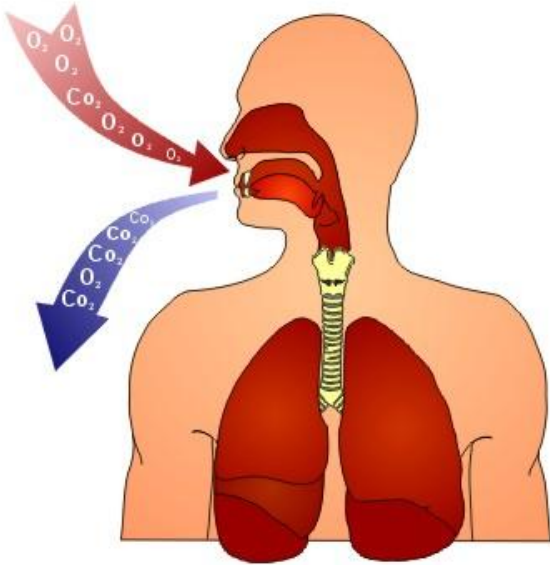
Закон Бойля-Мариотта: для данной  
массы газа при постоянной  
температуре произведение давления  
газа на его объем есть величина  
постоянная

отношение было открыто в 1662 году Робертом Бойлем



При изотермическом процессе  
плотность газа изменяется  
прямо пропорционально  
давлению

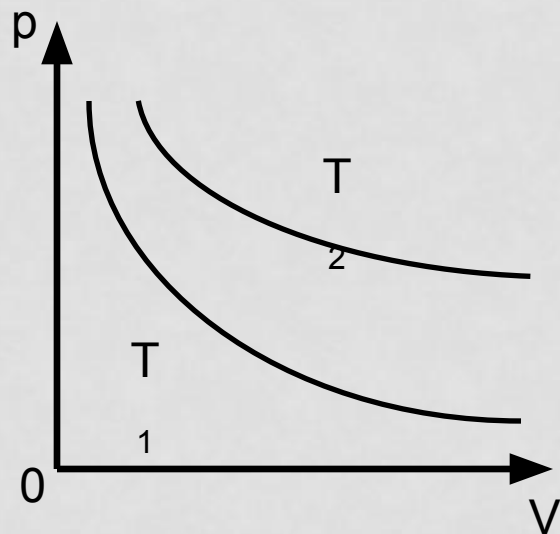
Переоткрыто в 1676 г. Эдмоном Мариоттом



Дыхание можно объяснить так: межреберные мышцы и диафрагма изменяют объем грудной клетки. При ее расширении давление воздуха в легких уменьшается и за счет перепада давления происходит вдох

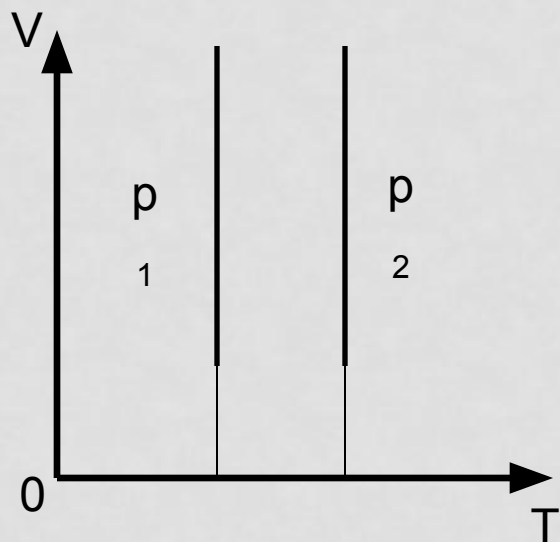


Увеличение объема пузырьков воздуха, когда они поднимаются в воде объясняется так: на глубине давление жидкости больше, чем у поверхности воды

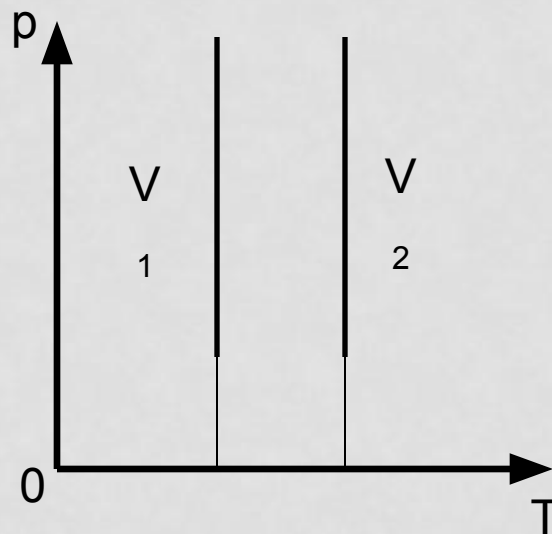


$$T_1 < T_2$$

Изотерма

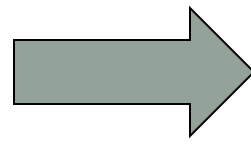


$$p_1 < p_2$$



$$V_1 < V_2$$

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



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

Если  $p=const$  (не  
изменяется)

Изобарн

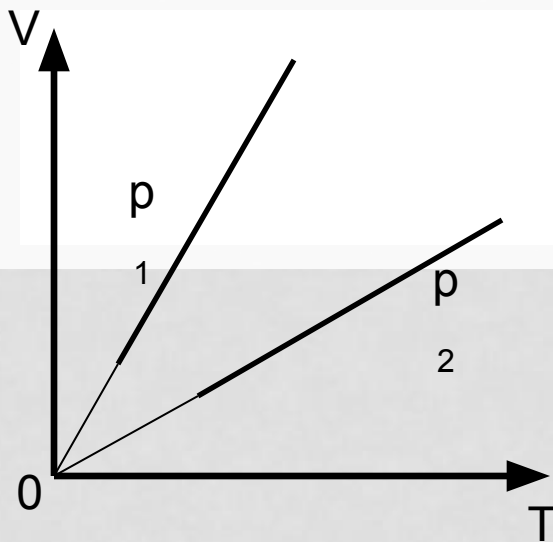
Закон Гей-Люссака: объем данной  
массы газа при постоянном давлении  
изменяется линейно с температурой



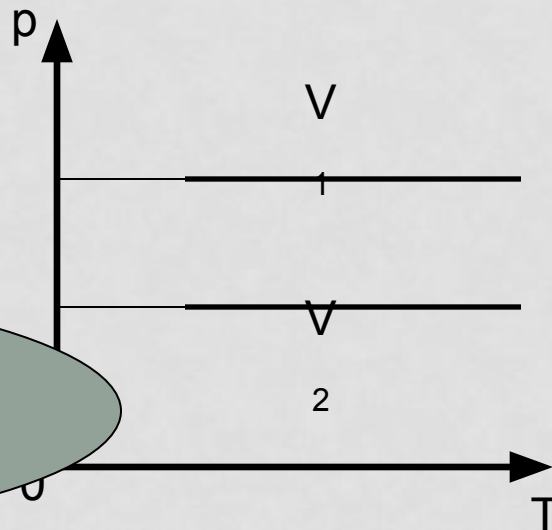
Соотношение было открыто в 1802 г. Жоржем Гей-Люссаком

Расширение газа при  
изобарном процессе не  
зависит от его природы

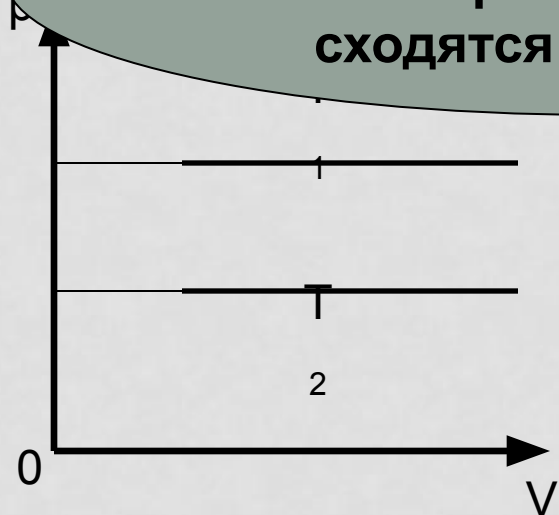
# Изобара



$$p_1 < p_2$$



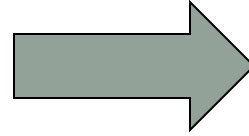
В области низких температур все изобары идеального газа сходятся в точке  $T = 0$



$$T_1 < T_2$$

$$V_1 < V_2$$

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



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

Если  $V=const$  (не  
изменяется)

Изохорн

Закон Шарля: для газа данной массы отношение давления к температуре постоянно, если объем не меняется

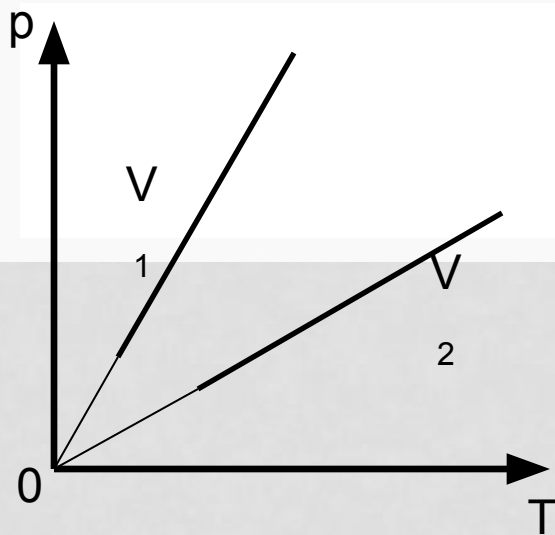
Соотношение было открыто в 1787 г. Жаком Шарлем

Глубоководные рыбы при подъеме на поверхность погибают от разрыва внутренних органов, т.к. внешнее давление уменьшается, внутреннее давление остается прежним

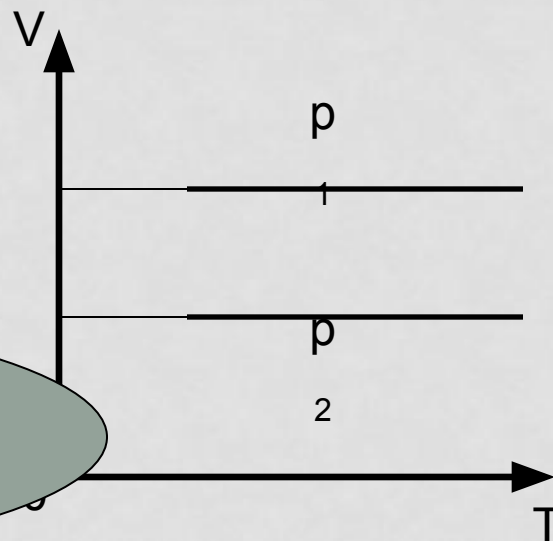




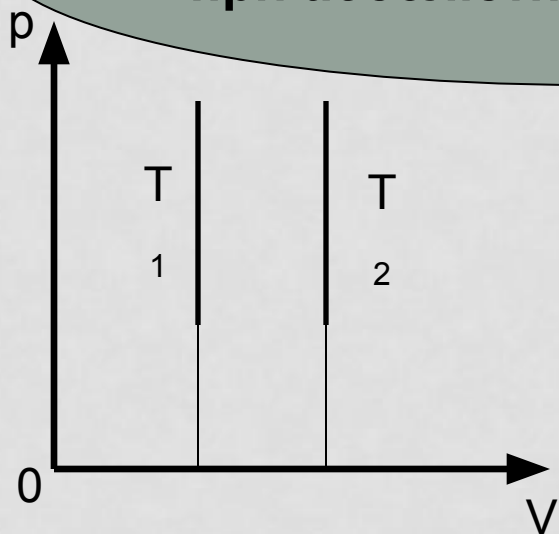
Изохора



$$V_1 < V_2$$



Давление идеального газа при абсолютном нуле равно 0



$$T_1 < T_2$$

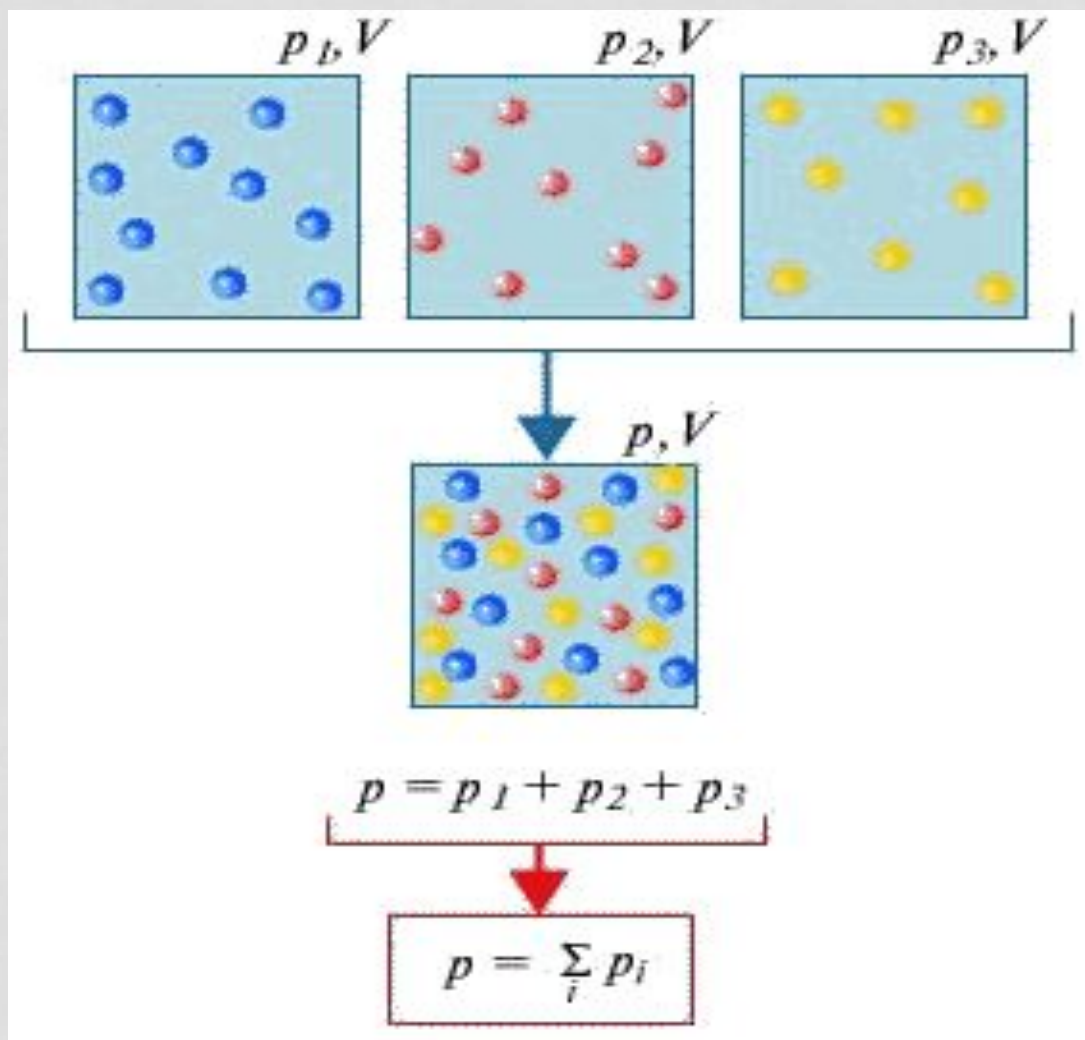
$$p_1 < p_2$$

# ЗАКОН ДАЛЬТОНА

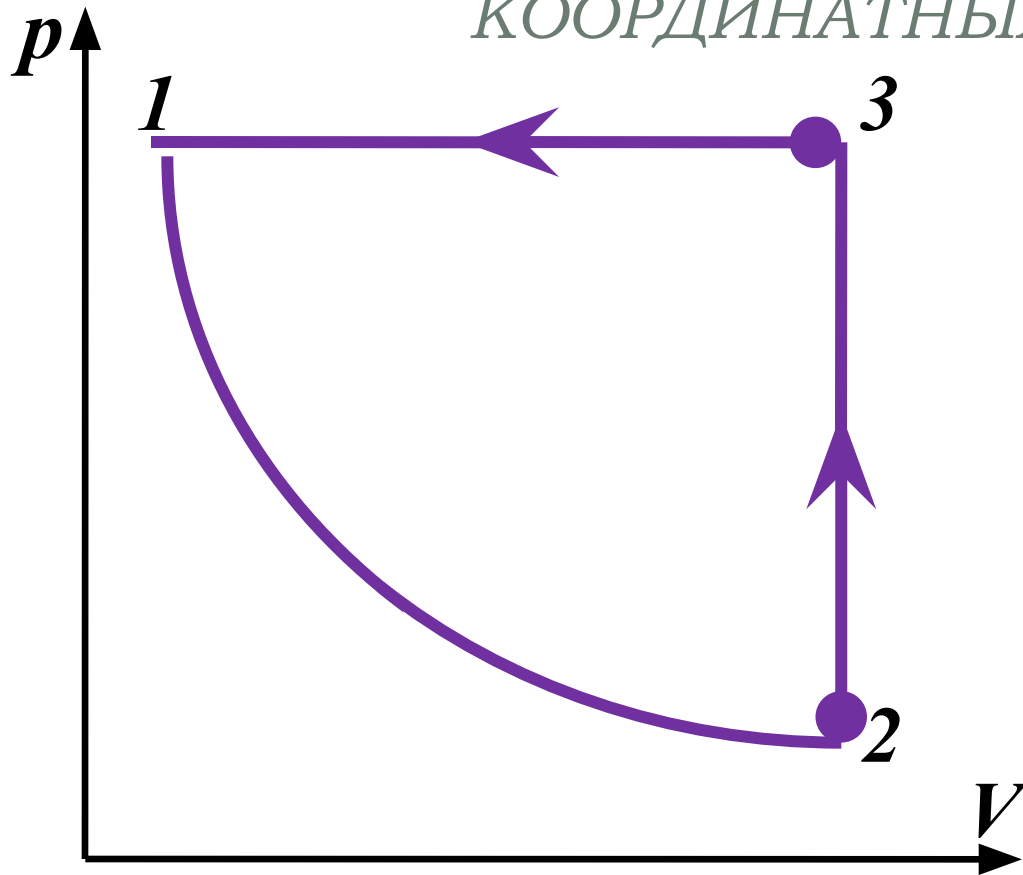
**Если идеальный газ является смесью нескольких газов, давление смеси идеальных газов равно сумме парциальных давлений входящих в нее газов.**

**Парциальное давление** - это такое давление, которое производил бы газ, если бы он один занимал весь объем, равный объему смеси.

# ИЛЛЮСТРАЦИЯ К ЗАКОНУ ДАЛЬТОНА



ПОСТРОИТЬ ЗАМКНУТЫЙ ЦИКЛ В  
КООРДИНАТНЫХ ОСЯХ  $pT$ ,  $Tv$





# АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ

- 1. Определите процесс, соответствующий данному участку графика, по виду этого участка (изотерма, изобара, изохора).*
- 2. Запишите формулу закона.*
- 3. Назовите процесс (например, изотермическое сжатие, изохорное охлаждение, изобарное расширение и т. д.).*
- 4. Укажите, какой закон выполним на данном участке графика.*
- 5. Постройте указанный цикл в других координатных осях. (Помните, если на исходном графике изменения состояния идеального газа цикл был замкнут, то при построении его в других координатных осях должен тоже получиться замкнутый цикл.)*

ПОСТРОИТЬ ЗАМКНУТЫЙ ЦИКЛ В  
КООРДИНАТНЫХ ОСЯХ  $pT$ ,  $V T$

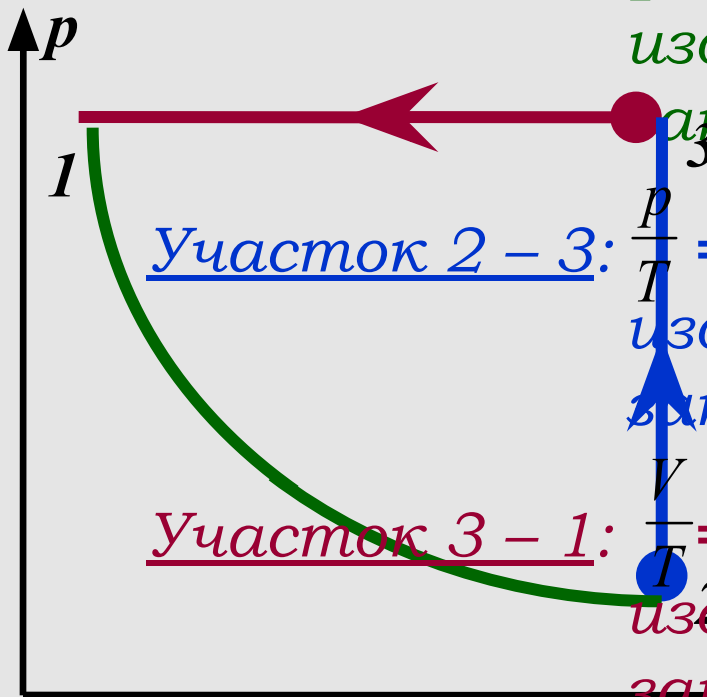
Участок 1 – 2:  $pV = \text{const}$ ,  $T = \text{const}$ ,  $p \downarrow$ ,  $V \uparrow$  –  
изотермическое расширение,

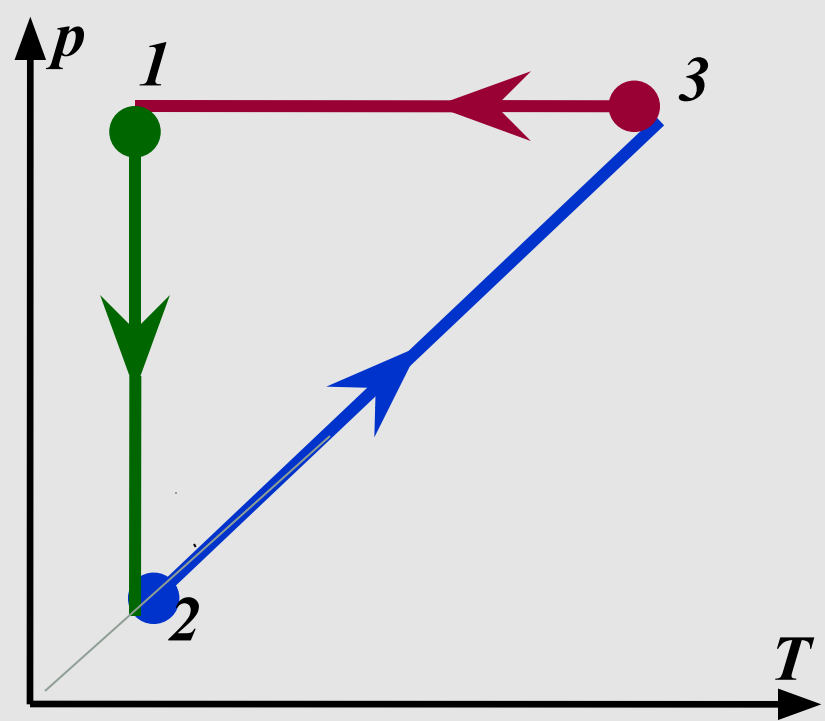
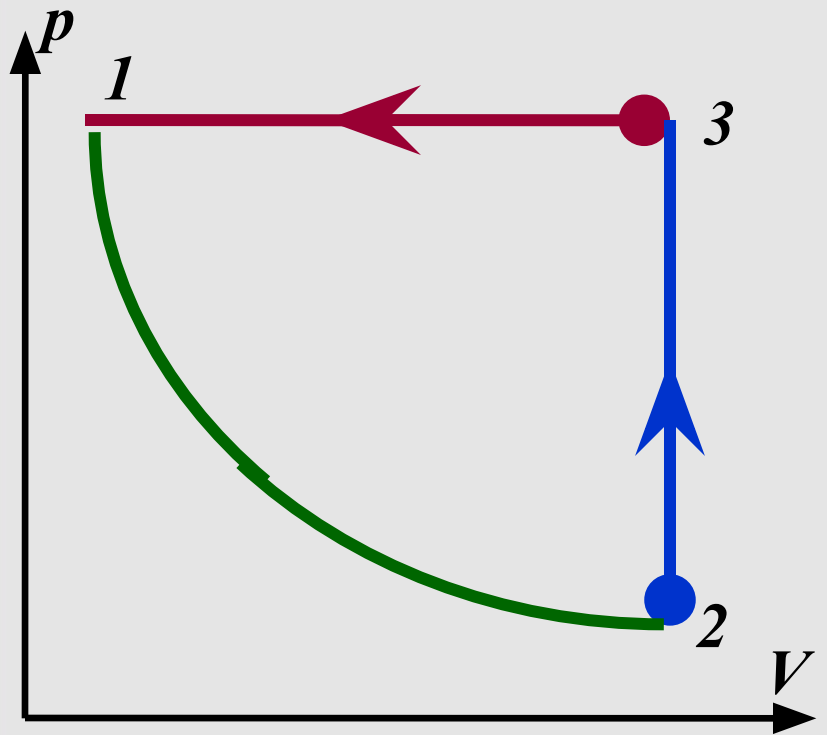
закон Бойля-Мариотта

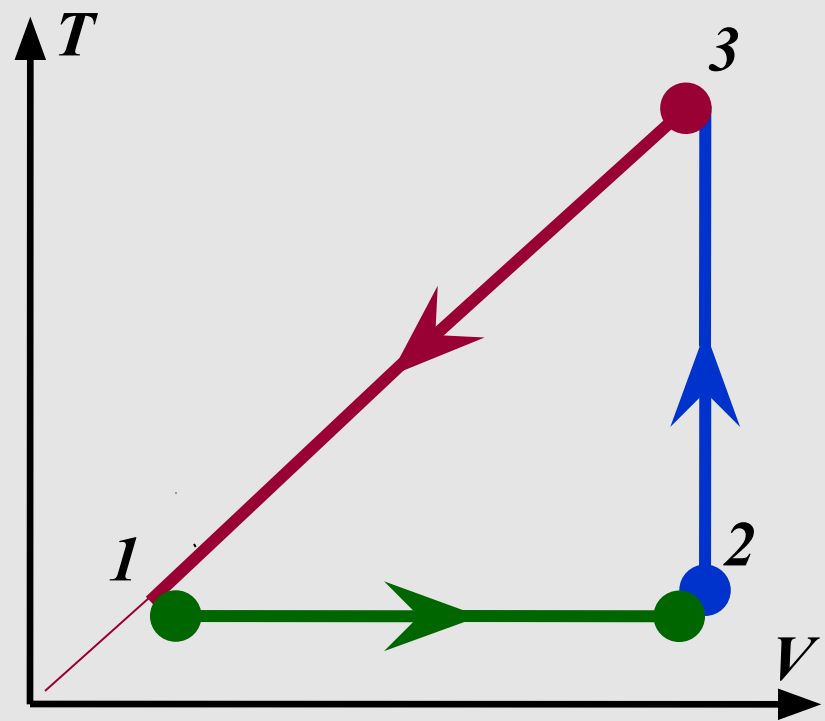
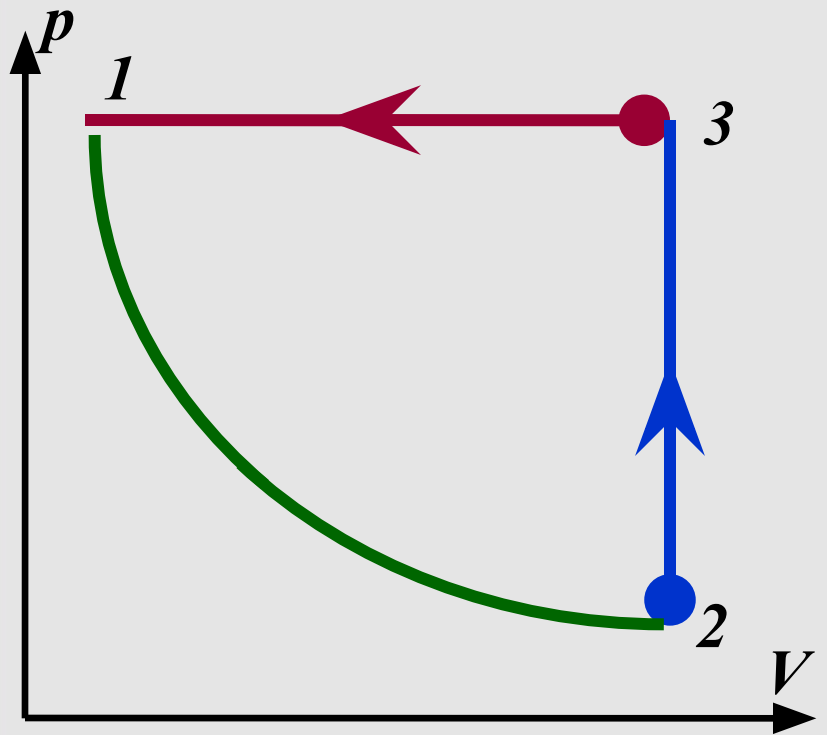
Участок 2 – 3:  $\frac{p}{T} = \text{const}$ ,  $V = \text{const}$ ,  $p \uparrow$ ,  $T \uparrow$  –  
изохорное нагревание,

закон Шарля

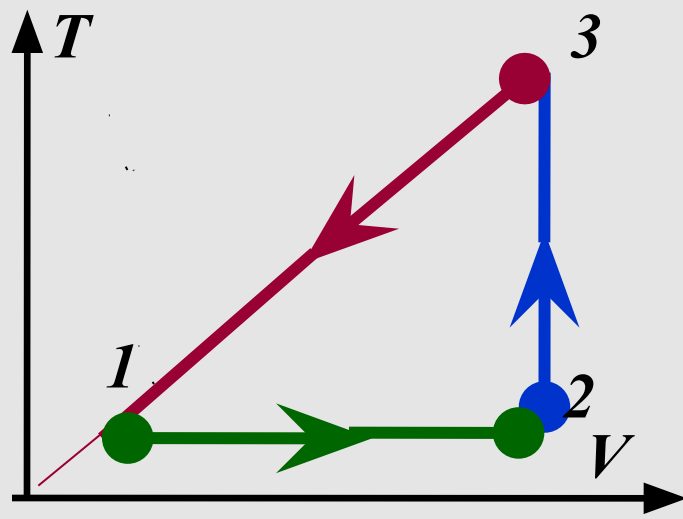
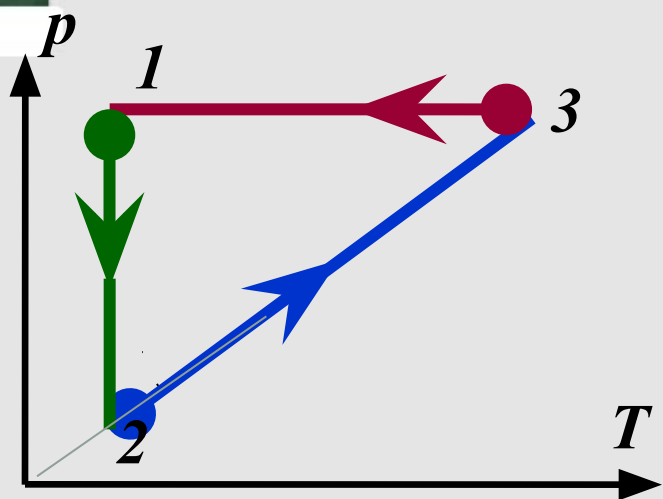
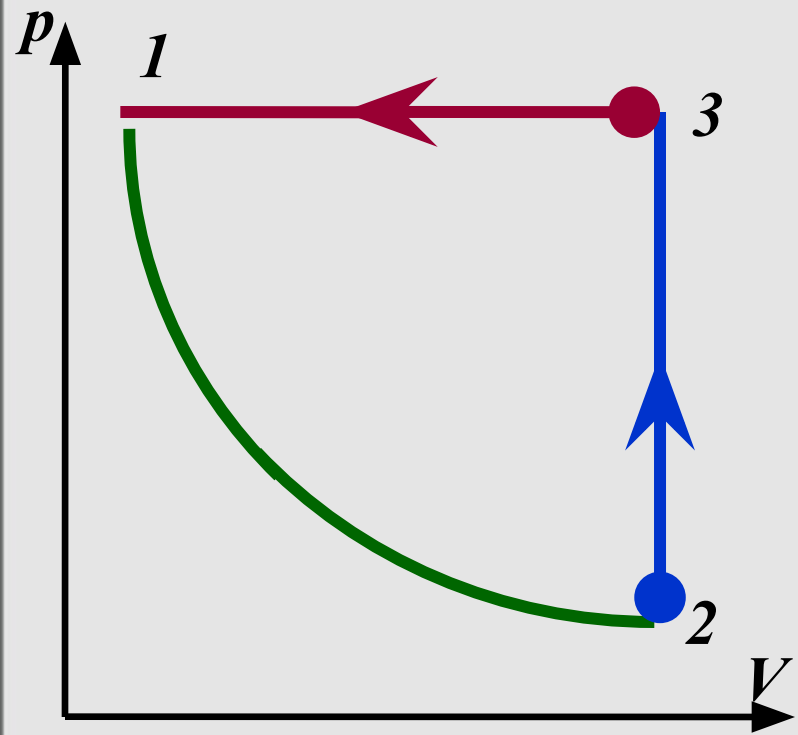
Участок 3 – 1:  $\frac{p}{T} = \text{const}$ ,  $p = \text{const}$ ,  $p \uparrow$ ,  $V \downarrow$  –  
изобарное охлаждение (сжатие),  
закон Гей-Люссака











Построить замкнутый цикл в координатных осях  $pT$ ,  $V T$

