

**Тема: «Газовые законы. Уравнение Клапейрона, Клапейрона-Менделеева».**



## Цели урока:

- изучить газовые законы;
- научиться объяснять законы с молекулярной точки зрения;
- изображать графики процессов;
- продолжить обучение решать графические и аналитические задачи, используя уравнение состояния и газовые законы.

- Что является объектом изучения МКТ?
- Что в МКТ называют идеальным газом?
- Для того чтобы описать состояние идеального газа используют три термодинамических параметра. Какие?
- Назовите микроскопические параметры идеального газа и макроскопические параметры.
- Как создаётся давление?
- Как термодинамический параметр давления связан с микроскопическими параметрами?
- Как объём связан с микроскопическими параметрами?

# Изопроцессы в газах

Процессы, протекающие при неизменном значении одного из параметров, называют изопроцессами.

Рассмотрим следующие изопроцессы:

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

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

**Газовых закона, как и изопротесса – три.  
Первый газовый закон был получен в 1662 году физиками Бойлем и Мариоттом,  
Уравнение состояния – в 1834 году Клапейроном,  
а более общая форма уравнения – в 1874 году Д.И. Менделеевым.**

## План изучения нового материала

- Определение процесса, история открытия
- Условия применения
- Формула и формулировка закона
- Графическое изображение
- Пример проявления

# Изотермический процесс -

процесс изменения состояния термодинамической системы макроскопических тел при постоянной температуре.

Условия выполнения:

$T - \text{const}$ ,  $m - \text{const}$ , хим. состав – const.

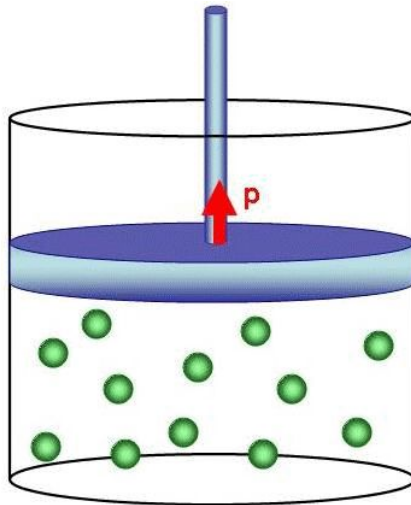
$P_1 V_1 = P_2 V_2$  или  $PV = \text{const}$  (закон Бойля – Мариотта).



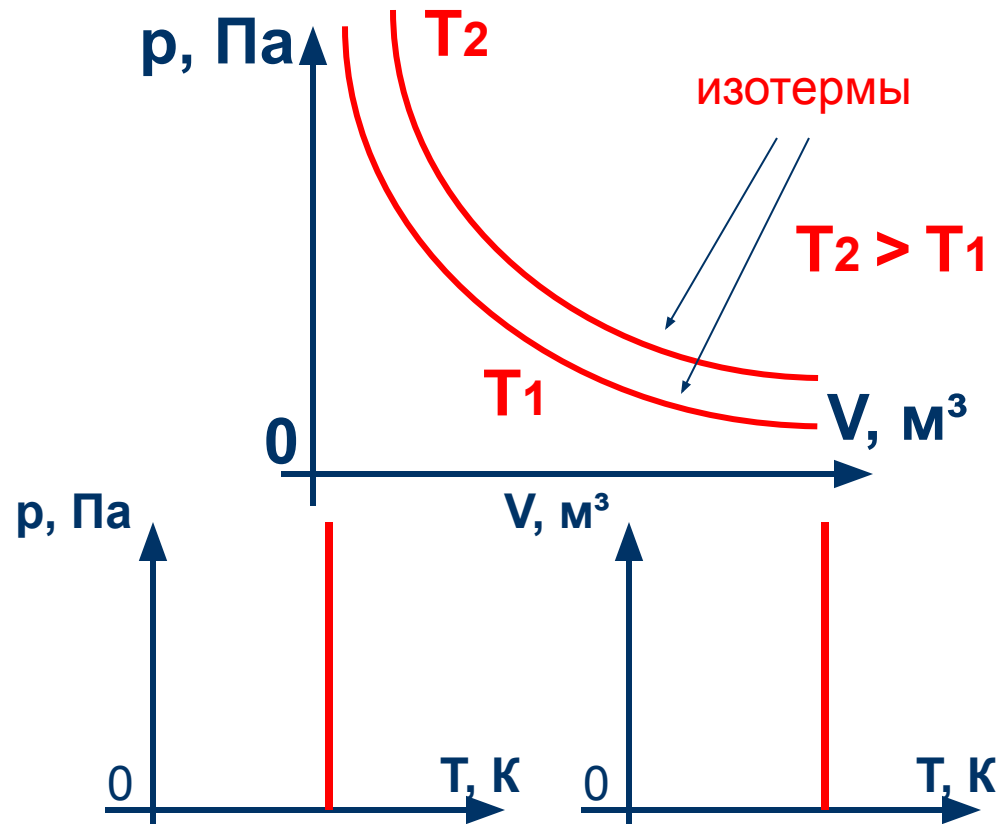
Р. Бойль 1662



Э. Мариотт 1676



Если  $T = \text{const}$ , то  
при  $V \downarrow p \uparrow$ ,  
и наоборот  $V \uparrow p \downarrow$



**Закон Бойля-Мариотта справедлив для любых газов, а так же и для их смесей, например, для воздуха.**

Пример проявления:

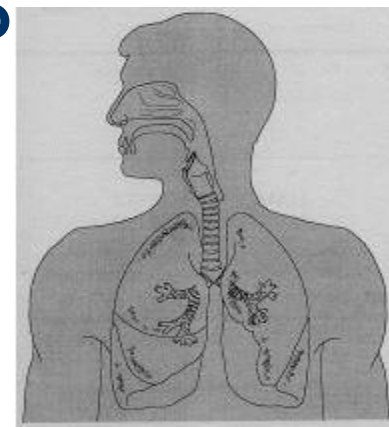
- А) сжатие воздуха компрессором
- Б) расширение газа под поршнем насоса при откачивании газа из сосуда.



## Применение закона Бойля-Мариотта

Газовые законы активно работают не только в технике, но и в живой природе, широко применяются в медицине.

Закон Бойля-Мариотта начинает «работать на человека» (как, впрочем, и на любое млекопитающее) с момента его рождения, с первого самостоятельного вдоха.



## Применение закона Бойля-Мариотта

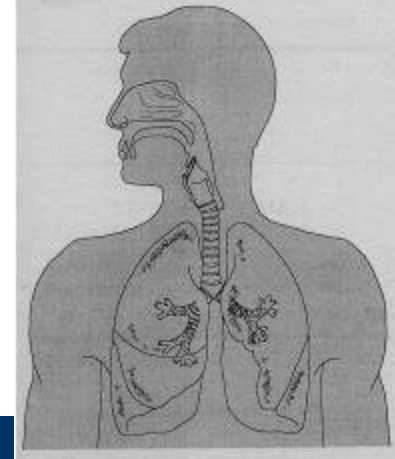


Рис. 1

При дыхании межреберные мышцы и диафрагма периодически изменяют объем грудной клетки. Когда грудная клетка расширяется, давление воздуха в легких падает ниже атмосферного, т.е. «срабатывает» изотермический закон ( $pV = \text{const}$ ), и в следствие образовавшегося перепада давлений происходит вдох.

## Применение закона Бойля-Мариотта

Другими словами воздух идет из окружающей среды в легкие самотеком до тех пор, пока величины давления в легких и в окружающей среде не выровняются.

Выдох происходит аналогично: вследствие уменьшения объема легких давление воздуха в них становится больше, чем внешнее атмосферное, и за счет обратного перепада давлений он переходит наружу.

# Изобарный процесс -

процесс изменения состояния термодинамической системы макроскопических тел при постоянном давлении.

Условия выполнения

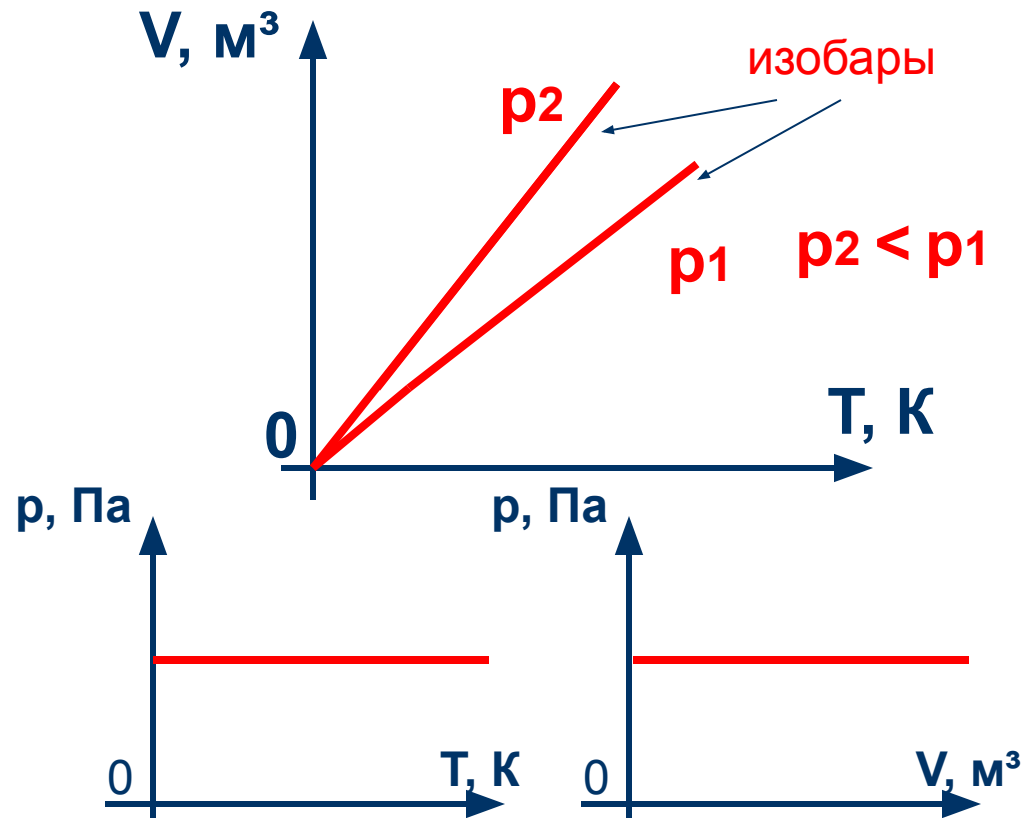
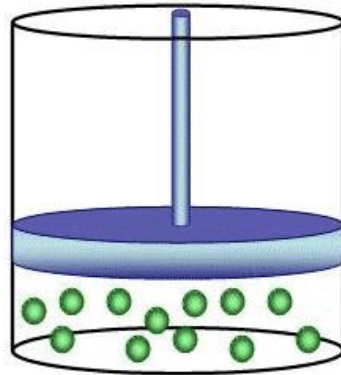
$$P - \text{const}, m - \text{const}, \text{хим. состав} - \text{const} \quad V_1 / T_1 = V_2 / T_2$$

$V/T = \text{const}$  (закон Гей-Люссака).



Ж. Гей-Люссак 1802

Если  $p = \text{const}$ , то  
при  $T \downarrow V \downarrow$ ,  
и наоборот  $T \uparrow V \uparrow$



# Пример проявления

---

Расширение газа в цилиндре с подвижным поршнем при нагревании цилиндра

# Изохорный процесс -

процесс изменения состояния термодинамической системы макроскопических тел при постоянном объеме.

Условия выполнения:

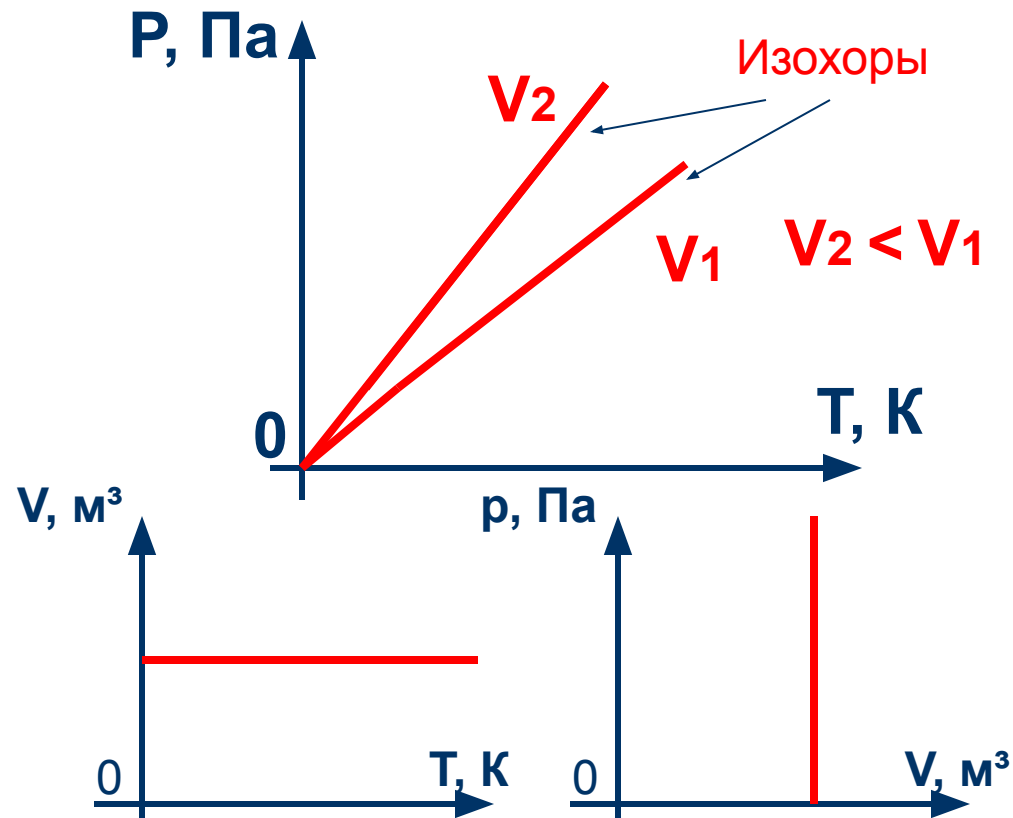
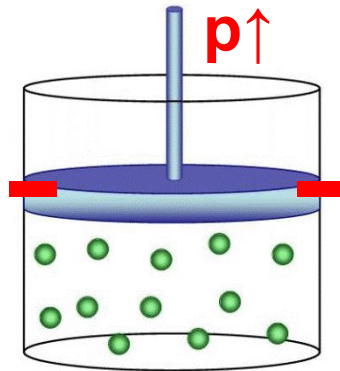
$V - \text{const}$ ,  $m - \text{const}$ , хим. состав – const.

$p/T = \text{const}$  или  $P_1 / T_1 = P_2 / T_2$  (закон Шарля).



Ж. Шарль 1787

Если  $V = \text{const}$ , то  
при  $T \downarrow p \downarrow$ ,  
и наоборот  $T \uparrow p \uparrow$



# Пример проявления

Нагревание газа любой закрытой емкости, например в электрической лампочке при ее включении.

1834г. Французский физик Клапейрон, работавший длительное время в Петербурге, вывел уравнение состояния идеального газа при постоянной массе газа ( $m = \text{const}$ ).

$P = n_0 k T$  – основное уравнение М.К.Т., так как

$n_0$  – число молекул в единице объема газа

$n_0 = N/V$        $N$  - общее число молекул

т.к.  $m = \text{const}$ ,  $N$  - остается неизменным ( $N = \text{const}$ )

$$P = NkT/V \text{ или } PV/T = Nk$$

где  $Nk$  - постоянное число, то

$$PV/T = \text{const} \quad P_1V_1 / T_1 = P_2V_2 / T_2 -$$

*уравнение Клапейрона*



Если взять произвольную массу газа  $m$  при любых условиях, то уравнение Клапейрона примет вид:

$$PV = m/M \cdot RT$$

## уравнение Клапейрона- Менделеева

Это уравнение в отличие от предыдущих газовых законов связывает параметры одного состояния. Оно применяется, когда в процессе перехода газа из одного состояния в другое меняется масса газа.

# Особенность газообразного состояния

1. В свойствах газов:
  - Управление давлением газа
  - Большая сжимаемость
  - Зависимость  $p$  и  $V$  от  $T$
2. Использование свойств газов в технике.

# Использование свойств газов в технике



Газы в технике, применяются главным образом в качестве топлива; сырья для химической промышленности: химических агентов при сварке, газовой химико-термической обработке металлов, создании инертной или специальной атмосферы, в некоторых биохимических процессах. Газы также применяют в качестве амортизаторов (в шинах), рабочих тел в двигателях (тепловых на сжатом газе), двигателях внутреннего сгорания.

# Использование свойств газов в технике



В огнестрельном оружии для выталкивания пули из ствола. В качестве теплоносителей; рабочего тела для выполнения механической работы (реактивные двигатели и снаряды, газовые турбины, парогазовые установки, пневмотранспорт и др.), физической среды для газового разряда (в газоразрядных трубках и др. приборах).

В технике используется свыше 30 различных газов.



# Обобщение

$$PV = m/M \cdot RT$$

$T = \text{const}$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$V = \text{const}$

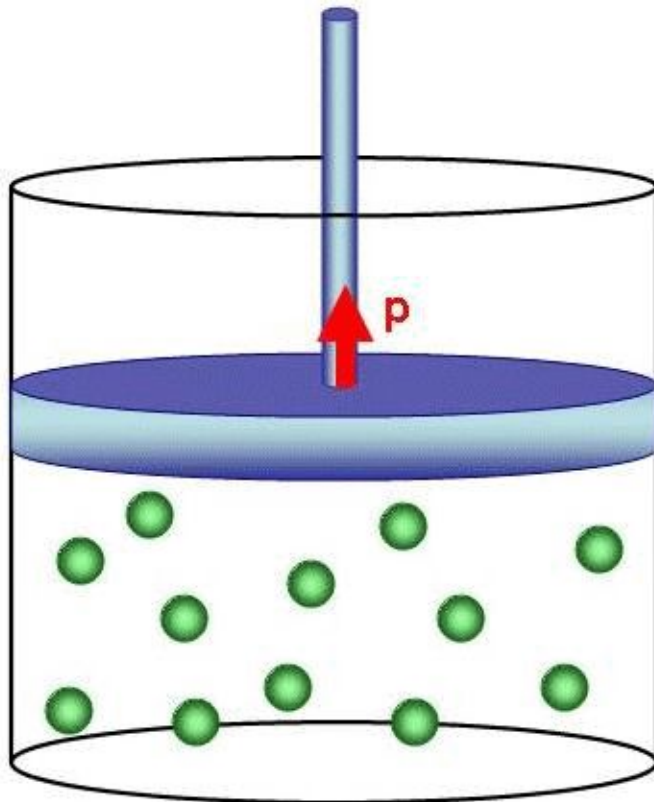
$P = \text{const}$

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

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

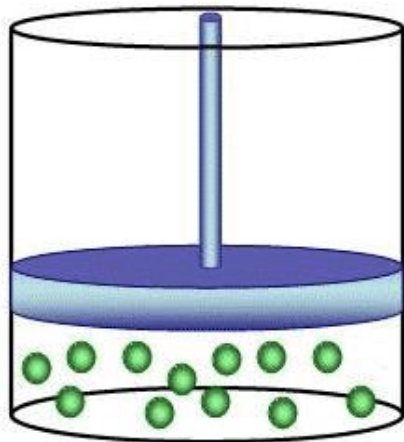
$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

(Название процесса)



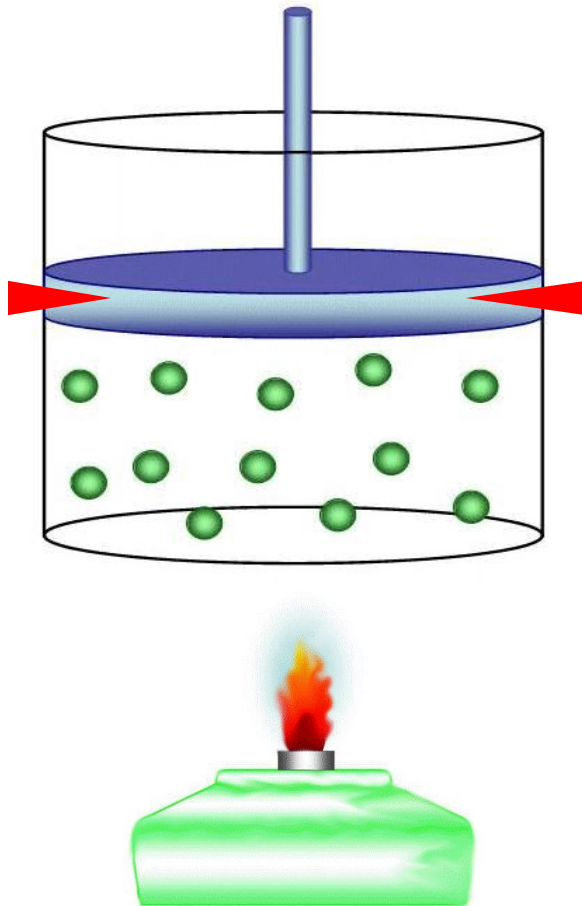
Какие величины сохраняются	Как изменяются остальные величины

(Название процесса)



Какие величины сохраняются	Как изменяются остальные величины

(Название процесса)

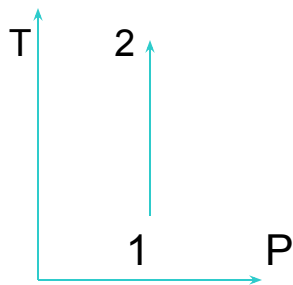
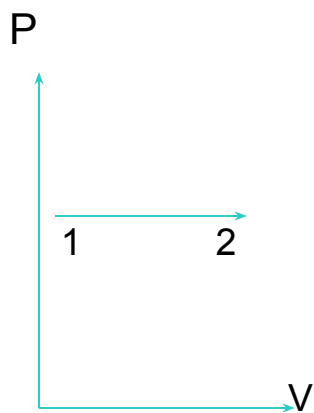


Какие величины сохраняются	Как изменяются остальные величины



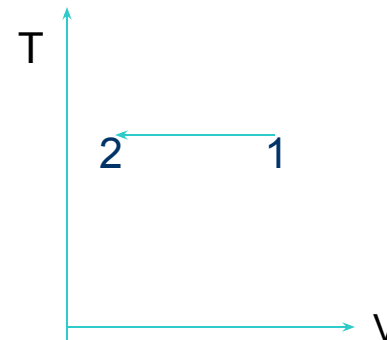
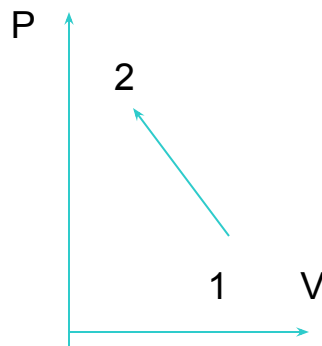
# Ответы 1 –вар

$V \propto \sqrt{P}$ ,  
 $T \propto \sqrt{P}$   
 $P = \text{const}$



# Ответы 2 -вар

$T = \text{const}$   
 $P \propto \sqrt{V}$   
 $V \propto \sqrt{P}$



# Домашнее задание

- *Жданов: § 4.3 – 4.6  
§ 5.1 – 5.10*
- *Дмитриева: § 12 – 16*
- *Гладкова «Сборник задач» № 3.18, 3.43*

# Поведение итога урока

1. Мне было интересно \_\_\_\_\_

2. Мне было легко \_\_\_\_\_

3. Мне было трудно \_\_\_\_\_

4. Я узнал много нового \_\_\_\_\_