

Телепроект «МОЯ ШКОЛА в online»

ГОТОВИМСЯ К ЕГЭ

ФИЗИКА

11 класс

Урок №5

Идеальный газ.

Закон Дальтона. Изопроцессы.

Сеитов Андрей Иванович,
учитель физики Физтех-лицей
им. П.Л. Капицы, Заслуженный учитель России

Идеальный газ

Идеальный газ – это модель реального газа, частицы которой обладают несколькими свойствами.

Для школьного курса МКТ идеального газа достаточно запомнить лишь три основных свойства:

- 1) частицы газа движутся непрерывно и хаотично;
- 2) силы взаимодействия частиц газа пренебрежимо малы;
- 3) соударения частиц газа между собой и со стенками сосуда абсолютно упругие.

Идеальный газ

Для описания действия газа на поверхности тел, с которыми он соприкасается, используют скалярную физическую величину давление.

Давление – отношение модуля силы, действующей перпендикулярно поверхности к площади этой поверхности.

$$p = \frac{F}{S}; [p] = \frac{Н}{м^2} = Па.$$

Для полноты ответа на задания второй части ЕГЭ необходимо понимать физическую причину давления газа – это среднее давление на поверхность, вызываемое ударами частиц газа вследствие их непрерывного и хаотического движения.

Идеальный газ

Получим уравнение состояния идеального газа. Для этого вспомним связь давления газа с абсолютной температурой:

$$p = nkT$$

$$p = nkT = \frac{N}{V}kT = \frac{N}{N_A V}kN_A T = \frac{1}{V} \nu RT$$

$$pV = \nu RT \text{ или } pV = \frac{m}{M} RT.$$

Где $R = kN_A = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}$ – универсальная газовая постоянная.

Уравнение состояния МКТ идеального газа называют **уравнением Менделеева-Клапейрона**.

В том виде, который мы сейчас его получили, уравнение было впервые записано выдающимся русским учёным **Дмитрием Ивановичем Менделеевым**.

Идеальный газ

Существует ещё одна форма записи уравнения Менделеева-Клапейрона, разрешённая в рамках ЕГЭ. Получим её

$$p = \frac{mRT}{VM} = \frac{m}{V} \frac{RT}{M} = \frac{\rho RT}{M}$$

$$p = \frac{\rho RT}{M}$$

В такой форме уравнение Менделеева-Клапейрона позволяет находить плотность любого газа при известных давлении и температуре.

Идеальный газ

Рассмотрим несколько следствий уравнения состояния идеального газа.

Если давление газа

$p_0 = 1 \text{ атм.} = 760 \text{ мм рт. ст.} \approx 101300 \text{ Па} \approx 10^5 \text{ Па}$, а его температура $T_0 = 273 \text{ К} = 0 \text{ }^\circ\text{С}$, то говорят, что газ находится при нормальных условиях. Из уравнения состояния идеального газа следует, что один моль любого газа при нормальных условиях занимает один и тот же объем:

$$V_0 = \frac{\nu RT_0}{p_0} = 0,0224 \text{ м}^3 = 22,4 \text{ л}$$

Это утверждение называется **законом Авогадро**.

Идеальный газ

Для смеси невзаимодействующих газов уравнение состояния принимает вид:

$$pV = (v_1 + v_2 + \dots + v_n)RT,$$

где v_n – количество вещества каждого из газов в смеси.

Разделив это уравнение на объём и раскрыв скобки в правой части, получим:

$$p = p_1 + p_2 + \dots + p_n.$$

Это уравнение называют законом Дальтона: давление смеси химически невзаимодействующих идеальных газов равно сумме их парциальных давлений.

Парциальное давление – давление, которое имел бы газ, входящий в состав газовой смеси, если бы он при той же температуре один занимал объём, равный объёму смеси.

Идеальный газ

Если абсолютную температуру перенести в левую часть уравнения состояния идеального газа, то в правой части останется масса и постоянные величины. При условии постоянства массы, можно считать правую часть некоторой константой. Это уравнение впервые экспериментально получил в середине XIX века французский физик Бенуа Клапейрон:

$$\frac{PV}{T} = \text{const} \text{ или } \frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} \text{ —}$$

уравнение Клапейрона.

Изопроцессы

Изобарный процесс – изопроцесс, протекающий при неизменном давлении.

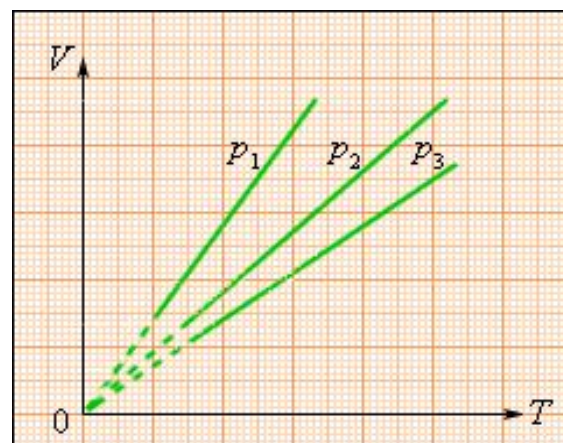
Из уравнения состояния идеального газа следует:

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

Экспериментально зависимость объёма газа от температуры исследовал французский физик Жозеф Гей-Люссак, поэтому уравнение изобарного процесса называют законом Гей-Люссака.

Закон Гей-Люссака: для данного количества вещества газа отношение его объема к абсолютной температуре есть величина постоянная при неизменном давлении газа.

В изобарном процессе объём газа прямо пропорционален его абсолютной температуре, поэтому на плоскости (V, T) процесс изображают прямой, проходящей через начало координат, которую называют изобара. Изобары, соответствующие более высоким значениям давления для данной массы газа, располагаются на графике ниже изобар, соответствующих меньшим значениям давления ($p_1 < p_2 < p_3$).



Изопроцессы

Изохорный процесс – изопроцесс, протекающий при неизменном объеме.

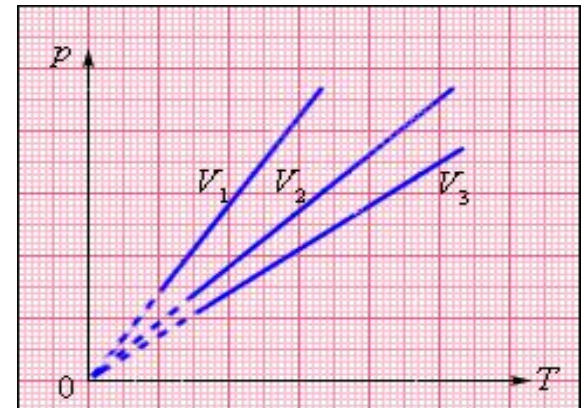
Из уравнения состояния идеального газа следует:

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

Экспериментально зависимость давления газа от температуры исследовал французский физик Жак Шарль, поэтому уравнение изохорного процесса называется законом Шарля.

Закон Шарля: для данного количества вещества газа отношение его давления к абсолютной температуре есть величина постоянная при неизменном объеме газа.

В изохорном процессе давление газа прямо пропорционально его абсолютной температуре, поэтому на плоскости (p , T) процесс изображают прямой, проходящей через начало координат, которую называют *изохора*. Изохоры, соответствующие более высоким значениям объема для данной массы газа, располагаются на графике ниже изохор, соответствующих меньшим значениям объема ($V_1 < V_2 < V_3$).



Изопроцессы

Изотермический процесс – изопроцесс, протекающий при неизменной температуре.

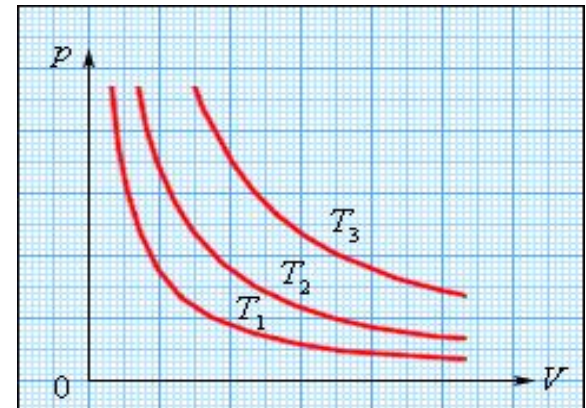
Из уравнения состояния идеального газа следует:

$$pV = \text{const} \text{ или } p_1V_1 = p_2V_2.$$

Уравнение изотермического процесса экспериментально получили независимо друг от друга английский физик Роберт Бойль и французский физик Эдм Мариоттом, поэтому это уравнение называют законом Бойля–Мариотта.

Закон Бойля-Мариотта: для данного количества вещества газа произведение его давления на объем есть величина постоянная при неизменной температуре газа.

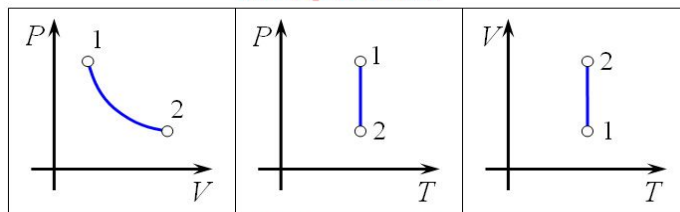
В изотермическом процессе давление газа обратно пропорционально его объёму, поэтому на плоскости (p , V) процесс изображают гиперболой, которую называют *изотерма*. Изотермы, соответствующие более высоким значениям температуры для данной массы газа, располагаются на графике выше изотерм, соответствующих меньшим значениям температуры ($T_1 < T_2 < T_3$).



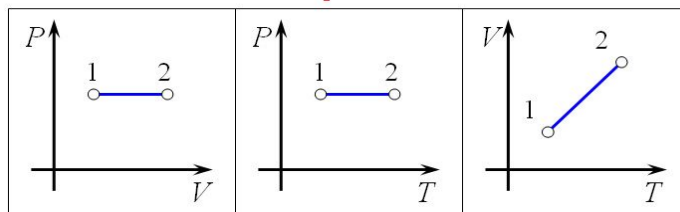
Изопроцессы

В ЕГЭ очень большое количество задач на графическое представление перехода газа из одного состояния в другое. Для решения таких задач надо узнавать изопроцессы во всех координатных плоскостях.

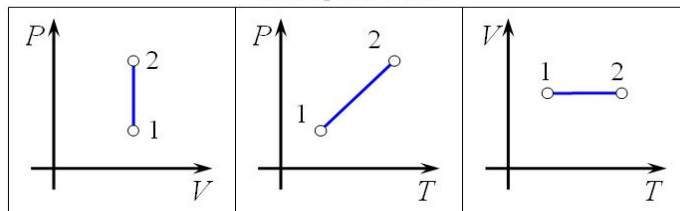
Изотермический



Изобарический



Изохорический

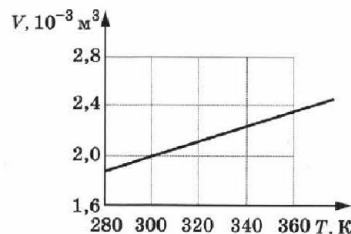


Задачи

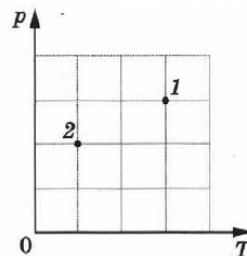
- Неон изохорно нагревают в закрытом сосуде так, что его температура изменяется на 200 К, а давление – в 1,5 раза. **Найдите начальную абсолютную температуру газа.**
- Воздух охлаждали в сосуде постоянного объёма. При этом абсолютная температура воздуха в сосуде снизилась в 2,4 раза, а его давление уменьшилось в 1,6 раза. Оказалось, что кран у сосуда был закрыт плохо, и через него просачивался воздух. **Во сколько раз увеличилась масса воздуха в сосуде?**
- Определите плотность воздуха, находящегося в баллоне при температуре 17 °С под давлением 200 кПа. **Ответ округлите до десятых.**

Задачи

- На рисунке показан график изменения объёма аргона массой 8 г при изобарном нагревании. **Чему равно давление газа?** Ответ округлите до целых.



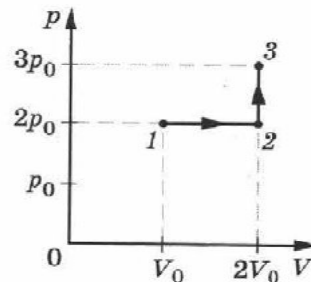
- Идеальный газ, находящийся в сосуде под поршнем, переходит из состояния 1 в состояние 2. Масса газа в сосуде остаётся постоянной. **Найдите отношение объёмов газа V_2/V_1 .**



Задачи

3 моль идеального газа переходят из состояния 1 в состояние 3 так, как показано на графике зависимости давления от объёма. Из предложенного ниже списка выберите два правильных утверждения, характеризующие процессы на графике, и укажите их номера.

- 1) абсолютная температура газа максимальна в состоянии 1
- 2) в процессе 1-2 абсолютная температура газа изобарно увеличилась в 2 раза
- 3) в процессе 2-3 абсолютная температура газа изохорно увеличилась в 1,5 раза
- 4) плотность газа минимальна в состоянии 1
- 5) среднеквадратичная скорость теплового движения молекул газа в ходе процесса 1-2-3 увеличивается в 6 раз



Задачи

В сосуде неизменного объёма находилась при комнатной температуре смесь двух идеальных газов, по 1 моль каждого. Половину содержимого сосуда выпустили, а затем добавили в сосуд 1 моль второго газа. Как изменились в результате парциальное давление первого газа и давление смеси газов, если температура в сосуде поддерживалась неизменной?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

1. увеличилось
2. уменьшилось
3. не изменилось