В данной работе предлагается определенный подход к классификации и способам решения задач на газовые законы. Такой подход позволит быстро сориентироваться в большом количестве задач на свойства газов и применить к ним те или иные приемы решения.

**Основные теоретические сведения**

Состояние газа характеризуется совокупностью трех физических величин или термодинамических параметров: объемом газа V, давлением Р и температурой Т. Состояние газа, при котором эти параметры остаются постоянными считают равновесным состоянием. В этом состоянии параметры газа связаны между собой уравнением состояния. Самый простой вид уравнение состояния имеет для идеального газа. Идеальным газом называют газ, молекулы которого не имеют размеров (материальные точки) и взаимодействуют друг с другом лишь при абсолютно упругих соударениях (отсутствует межмолекулярное притяжение и отталкивание). Реальные газы тем точнее подчиняются законам идеальных газов, чем меньше размеры их молекул (т.е. газ одноатомный), и чем больше он разряжен.

Уравнение состояния идеального газа или уравнение Менделеева-Клапейрона имеет вид:   
 - универсальная газовая постоянная

Из этого закона вытекает, что для двух произвольных состояний газа справедливо равенство, называемое уравнением Клапейрона:

Так же для идеальных газов имеют место следующие экспериментальные законы:

**Закон Бойля — Мариотта**:

**Закон Гей-Люссака:**   
**Закон Шарля**:   
Если в сосуде находится смесь нескольких газов, не вступающих друг с другом в химические реакции, то результирующее давление определяется по закону Дальтона: давление смеси равно сумме давлений, производимых каждым газом в отдельности, как если бы он один занимал весь сосуд.

Р = Р1 + Р2 +... + РN

Задачи, решение которых основывается на данных уравнениях, можно разделить на две группы:

* задачи на применение уравнения Менделеева-Клапейрона.
* задачи на газовые законы.

**ЗАДАЧИ НА ПРИМЕНЕНИЕ УРАВНЕНИЯ МЕНДЕЛЕЕВА-КЛАПЕЙРОНА.**

Уравнение Менделеева-Клапейрона применяют тогда, когда

1. дано только одно состояние газа и задана масса газа (или вместо массы используют количество вещества или плотность газа).
2. масса газа не задана, но она меняется, то есть утечка газа или накачка.

При решении задач на применение равнения состояния идеального газа надо помнить:

1. если дана смесь газов, то уравнение Менделеева-Клапейрона записывают для каждого компонента в отдельности. Связь между парциальными давлениями газов, входящих в смесь и результирующим давлением смеси, устанавливается законом Дальтона.
2. если газ меняет свои термодинамические параметры или массу, уравнение Менделеева-Клапейрона записывают для каждого состояния газа в отдельности и полученную систему уравнений решают относительно искомой величины.

**P.S.**

* *Необходимо пользоваться только абсолютной температурой и сразу же переводить значения температуры по шкале Цельсия в значения по шкале Кельвина.*
* *В задачах, где рассматривается движение сосуда с газом (пузырька воздуха, воздушного шара) к уравнению газового состояния добавляют уравнения механики.*
* *если между газами происходит реакция, то надо составить уравнение реакции и определить продукты реакции*

**ПЕРВЫЙ ТИП ЗАДАЧ: НЕТ ИЗМЕНЕНИЯ МАССЫ**

* **Определить давление кислорода в баллоне объемом V = 1 м3  при температуре t=27 °С. Масса кислорода m = 0,2 кг.**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| V = 1 м3  μ = 0,032кг/моль  m = 0,2 кг  t=27 °С | Т=300К | Записываем уравнение Менделеева-Клапейрона и находим из него давление, производимое газом: |
| Р-? |

* **Баллон емкостью V= 12 л содержит углекислый газ. Давление газа Р = 1 МПа, температура Т = 300 К. Определить массу газа.**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| V = 12 л  μ =0,044кг/моль  Т=300К  Р =1 МПа | 0,012м3  1∙106Па | Записываем уравнение Менделеева-Клапейрона и находим массу газа |
| m -? |

* **При температуре Т = 309 К и давлении Р = 0,7 МПа плотность газа ρ = 12 кг/м3. Определить молярную массу газа.**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| V = 12 л  Т=309К  Р =0,7 МПа  ρ = 12 кг/м3 | 0,012м3  0,7∙106Па | Записываем уравнение Менделеева-Клапейрона  Так как масса газа может быть определена через плотность газа и его объем имеем: |
| μ -? |
| Отсюда находим молярную массу газа: | | |

* **Какова плотность водорода при нормальном атмосферном давлении и температуре 20°С.**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| V = 12 л  t=20°C  Р =105 Па  μ =0,002кг/моль | 0,012м3  T=293К | Нормальное атмосферное давление – это давление, равное 105 Па. И эту информацию запишем как данные задачи. Записываем уравнение Менделеева-Клапейрона |
| ρ -? |
| Так как масса газа может быть определена через плотность газа и его объем имеем:  Отсюда находим плотность газа: | | |

* **До какой температуры Т1 надо нагреть кислород, чтобы его плотность стала равна плотности водорода при том же давлении ,но при температуре Т2 = 200 К?**

|  |  |
| --- | --- |
| Т2=200К  ρ1 = ρ2  μ1 =0,032кг/моль  μ2 =0,002кг/моль | Записываем уравнение Менделеева-Клапейрона для кислорода и для водорода через плотности газов:  Так как по условию давление у двух газов одинаковое, то можно приравнять правые части данных уравнений:  Сократим на R и на плотность ρ (по условию плотности газов равны) и найдем Т1 |
| Т1 -? |
|  | |

* **В сосуде объемом 4·10-3 м3 находится 0,012 кг газа при температуре 177°С. При какой температуре плотность этого газа будет равна 6·10-6 кг /см3, если давление газа остается неизменным.**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| V=4·10-3 м3  m=0,012 кг  t1=177°C  ρ2=6·10-6 кг /см3 | Т1=450К  6 кг/м3 |  |
| Т2 -? |  | |

***Смесь газов***

* **В баллоне объемом 25 литров находится 20 г азота и 2 г гелия при 301К. Найдите давление в баллоне.**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| V = 25 л  μ1 = 0,028кг/моль  m1 = 20 г  μ2 = 0,004кг/моль  m2 = 2 г  Т=301К | 0,025м3  0,02кг  0,002кг | Записываем уравнение Менделеева для каждого газа и находим из него давление газов  По закону Дальтона результирующее давление в сосуде равно сумме парциальных давлений газов: |
| Р-? |  | |

* **Определить плотность смеси, состоящей из 4 граммов водорода и 32 граммов кислорода при давлении 7°С и давлении 93кПа?**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| μ1 = 0,002кг/моль  m1 = 4 г  μ2 = 0,032кг/моль  m2 = 32 г  t=7°С  Р =93кПа | 0,004кг  0,032кг  T=280K  93000Па | По закону Дальтона: |
| ρ-? |  | |
|  | | |

* **Сосуд емкостью 2V разделен пополам полупроницаемой перегородкой. В одной половине находится водород массой mВ  и азот массой mА. В другой половине вакуум. Во время процесса поддерживается постоянная температура Т. Через перегородку может диффундировать только водород. Какое давление установиться в обеих частях сосуда?**

|  |  |
| --- | --- |
| μа  m1 = m2 = m3 = m  μв  μк  Т | ***отсек №1 отсек №2 отсек №3***  **mв mв**  Диффундирует только водород. Следовательно, после завершения установочных процессов, в отсеке I будет водород, массой на |
| РI-?  РII-? |
| половину меньшей, чем была, и весь азот. А во втором отсеке только половина массы водорода. Тогда для первого отсека установившееся давление равно:  Для отсека II можно так же определить установившееся давление: | |

* **Вакуумированный сосуд разделен перегородками на три равных отсека, каждый объемом V. В средний отсек ввели одинаковые массы кислорода, азота и водорода. В результате чего давление в этом отсеке стало равно Р. Перегородка I проницаема только для молекул водорода, перегородка II проницаема для молекул всех газов. Найти давления Р1 Р2 и Р3, установившиеся в каждом отсеке, если температура газа поддерживается постоянной и равной Т.**

|  |  |
| --- | --- |
| μа  m1 = m2 = m3 = m  μв  μк  Р | ***отсек №1 отсек №2 отсек №3***  После диффундирования газов через перегородки в первом отсеке окажется треть массы водорода. Во втором и в третьем отсеках будет треть водорода, половина массы кислорода и половина всей массы азота. Тогда для первого отсека установившееся давление равно: |
| Р1-?  Р2-?  Р3-? |
|  | |
| Если до диффундирования первоначальное давление во втором отсеке было Р, то можно записать:  Отсюда можно найти  Находим выражение для давления во втором и в третьем отсеках | |
| И тогда давление в первом отсеке равно: | |

***С химическими реакциями***

* **В сосуде находится смесь азота и водорода. При температуре Т, когда азот полностью диссоциирован на атомы, давление равно Р (диссоциацией водорода можно пренебречь). При температуре 2Т, когда оба газа полностью диссоциированы, давление в сосуде 3Р. Каково отношение масс азота и водорода в смеси?**

|  |  |
| --- | --- |
| μа  μв  Т1 =Т  Т2 =2Т  Р1=Р  Р2=3Р | При температуре Т параметры газов в сосуде следующие:  **mв μв mа**  **Т Т**  **Рв  Ра**  И результирующее давление в сосуде по закону Дальтона равно: |
|  |
| При температуре 2Т параметры газов в сосуде следующие:    **2Т 2Т**  **Р'в  Р'а**  И результирующее давление в сосуде по закону Дальтона равно: | |

* **В герметично закрытом сосуде находится 1 моль неона и 2 моля водорода. При температуре Т1=300К, когда весь водород молекулярный, атмосферное давление в сосуде Р1=105 Па. При температуре Т2=3000К давление возросло до Р2=1,5∙105 Па. Какая часть молекул водорода диссоциировала на атомы?**

|  |  |
| --- | --- |
| ν1=1 моль  ν2=2 моль  Т1 =300К  Т2 =3000К  Р1=105 Па  Р2=1,5∙105 Па | При температуре Т1 давление газа в сосуде складывается из парциальных давлений двух газов и равно:  При температуре Т2 давление газа равно: |
|  |
| Из уравнения (1):  Из первого находим объем V: | |
|  | |

* **В закрытом баллоне находится смесь из m1= 0,50 г водорода и m2 = 8,0 г кислорода при давлении Р1= 2,35∙105 Па. Между газами происходит реакция с образованием водяного пара. Какое давление Р установится в баллоне после охлаждения до первоначальной температуры? Конденсации пара не происходит.**

|  |  |
| --- | --- |
| V = 25 л  μ1 = 2г/моль  m1 = 0,5 г  μ2 = 32г/моль  m2 = 8 г | В сосуде будет происходить реакция водорода с кислородом с образованием воды: |
| Р-? | Из уравнения реакции видно, что если в реакцию вступит весь водород, то кислорода только половина |
| В результате образуется ν3=0,25 молей водяного пара и останется ν4= 0,125молей кислорода.  По закону Дальтона результирующее давление в сосуде равно сумме парциальных давлений  Так как известно, что до реакции давление в сосуде было Р1, то для этого момента можно так же применить закон Дальтона:  Решаем полученные уравнение в системе относительно неизвестного: | |

***С добавлением законов механики.***

* **На дне сосуда, заполненного воздухом, лежит шарик радиусом r и массой m. До какого давления надо сжать воздух в сосуде, чтобы шарик поднялся вверх. Температура воздуха Т известна.**

|  |  |
| --- | --- |
| m  r  Т  Т | Запишем уравнение динамики и уравнение Менделеева-Клапейрона. Решаем полученную систему уравнений относительно неизвестного:  mg  FАРХ |
| Р-?Р  Р-? |

* **Тонкостенный резиновый шар массой 50г наполнен азотом и погружен в озеро на глубину 100 м. Найти массу азота, если шар находится в положении равновесия. Атмосферное давление 760мм. рт. ст. Температура воды в озере на глубине 100м равна 4°С.**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| mоб=50г  h=100м  Р=760мм.рт.ст.  t=4°С  μ=0,028кг/моль | 0,05кг  105Па  Т=277К | **(mоб+mа) g**  **FАРХ** | Запишем второй закон Ньютона в проекции на вертикальную ось.  Объем шара равен объему азота в нем. Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона для азота и выразим из него объем азота |
| ma-? |
| Р-?  Давление азота на этой глубине равно давлению внешнему на шар, так как по условию оболочка шара не пульсирует. Следовательно: | | | |

* **Надувной шарик, заполненный гелием, удерживают на нити. Найдите натяжение нити, если масса оболочки шарика 2г, объем 3литра, давление гелия 105 Па, температура 27°С. Плотность воздуха 1,3 кг/м3**

**(mоб+mа) g**

**FАРХ**

**Т**

**х**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| mоб=2г  Р=105Па  t=27°С  μгел=0,004кг/моль  Vшара=3л  μвоз=0,029 кг/моль | 0,002кг  Т=300К  0,003м3 |  | Запишем второй закон Ньютона в проекции на вертикальную ось х. |
| Т-? |
| Объем шара равен объему гелия в нем, а значит 3литра; Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона для воздуха (среда, в которой находится шар), и введем в него плотность воздуха:  Тогда уравнение (1) принимает вид:  Теперь надо записать уравнение Менделеева-Клапейрона для гелия и выразить из него массу гелия. Надо учесть, что объем азота равен объему шара. А так же температура окружающего воздуха и температура гелия равны, как равны и давления воздуха и гелия.  С учетом определенной массы гелия, сила натяжения равна: | | | |

* **В вертикально расположенном цилиндре находится кислород массой m= 64 г, отделенный от атмосферы поршнем, который соединен с дном цилиндра пружиной жесткостью k = 830 H/м. При температуре T1= 300 К поршень располагается на расстоянии h *=* 1 м от дна цилиндра. До какой температуры T2 надо нагреть кислород, чтобы поршень расположился на высоте H *=* 1,5м от дна цилиндра? Универсальная газовая постоянная R= 8,31 Дж/(моль∙ К), молярная масса кислорода μ *=* 32 г/моль.**

|  |  |
| --- | --- |
| m=0,064кг  Т1=300К  h=1м  H=1,5м  k=830 Н/м  μ = 0,032 кг/моль | Поскольку в условии задачи не сказано, что поршень невесом, будем полагать, что он обладает некоторой массой, которую обозначим через m0. Ничего не говорится также про атмосферное давление, поэтому будем считать, что оно равно Р0 Таким образом, на поршень действуют в общем случае четыре силы: сила тяжести, сила упругости пружины, сила атмосферного давления, направленные вниз, и сила давления газа в цилиндре, направленная вверх. Условия равновесия поршня в начальном и конечном состояниях имеют вид: |
| Т2-? |  |
| Здесь через Р1 и через Р2 обозначено давление газа в первом и во втором состояниях. Через х1 и х2 обозначена деформация пружины в двух состояниях.  Вычтем из второго уравнения первое уравнение:  Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона для двух состояний газа:  Приравняем разности давлений газа, найденные двумя способами:  Из полученного уравнения находим Т2**:** | |

**ВТОРОЙ ТИП ЗАДАЧ: ЕСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ МАССЫ**

* **Температуру воздуха в комнате подняли с t1 = 7 °С до t2 = 27 °С. Какая масса воздуха должна выйти из комнаты, чтобы давление осталось неизменным, Р = 105 Па? Объем воздуха в комнате V = 50 м3.**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| μ = 0,029кг/моль  t1 = 7°C  t2 = 27°C  Р =105 Па  V=50м3 | Т1=280К  Т2=300К | Так как при нагревании все тела расширяются, а комната не герметична, следовательно, масса воздуха в комнате при нагревании уменьшается (есть утечка газа), но при этом, понятно, что объем газа не меняется и остается равным объему комнаты. Для каждого состояния газа запишем уравнение Менделеева-Клапейрона, и определим из них массу воздуха в комнате при разной температуре. |
| ρ-? |  | |
|  | | |

* **Стеклянная колба закрыта пробкой и взвешена при температуре t1 = 15 °С. Открыв пробку, колбу нагрели до температуры t2 = 80 °С. При следующем взвешивании масса колбы оказалась на m = 0,25 г меньше. Чему равен объем колбы?**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| μ = 0,029кг/моль  t1 = 15°C  t2 = 80°C  Р =105 Па  ∆m=0,25 г | Т1=288К  Т2=353К  0,25∙10-3кг | Масса стеклянной колбы не меняется, меняется масса газа в ней, так как есть утечка: при нагревании все тела расширяются, а колба не герметична, следовательно, масса воздуха в ней при нагревании уменьшается, но при этом, понятно, что объем газа не меняется и остается равным объему колбы. Будем считать, что атмосферное давление нормальное.  Для каждого состояния газа запишем уравнение Менделеева-Клапейрона, и определим из них массу воздуха в колбе при разной температуре. |
| V -? |  | |
| Выразим отсюда объем колбы: | | |

* **В баллоне емкостью V = 12 л находится азот массой m1 = 1,5 кг при температуре t1 = 37°С. Каким станет давление в баллоне при температуре t2 =50 °С, если выпустить 35% азота? Первоначальное давление считать нормальным.**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| μ = 0,028кг/моль  t1 = 37°C  t2 = 50°C  Р1 =105 Па  m2=0,65m1 | Т1=310К  Т2=323К | Для каждого состояния газа запишем уравнение Менделеева-Клапейрона. |
| Р2 −? |  | |

* **В сосуде объемом V = 1 л находится идеальный газ. В сосуде объемом V = 1 л находится идеальный газ. Сколько молекул газа нужно выпустить из сосуда, чтобы при понижении температуры в k=2 раза его давление уменьшилось в z =4 раза?**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| μ = 0,028кг/моль  t1 = 37°C  t2 = 50°C  Р1 =105 Па  m2=0,65m1 | Т1=310К  Т2=323К | Для каждого состояния газа запишем уравнение Менделеева-Клапейрона. |
| Р2 −? |  | |

* **Когда из сосуда выпустили некоторое количество газа, давление в нем упало на 40%, а абсолютная температура на 20%. Какую часть газа выпустили?**

|  |  |
| --- | --- |
| T2 = 0,8T1  Р2 =0,6Р1  m2=0,65m1 | Для каждого состояния газа запишем уравнение Менделеева-Клапейрона. |
|  |
|  | |

* **В сосуде объемом V = 0,5 л находится идеальный газ при давлении Р1=1 атм. и температуре t = 27 °С. Сколько молекул газа нужно выпустить из сосуда, чтобы давление в нем уменьшилось в 2 раза? Температура газа не изменяется.**

|  |  |
| --- | --- |
| T = 300К  Р=1 атм. =105Па  Р1=2Р2  V=0,5л=0,5∙10-3м3 | Для каждого состояния газа запишем уравнение Менделеева-Клапейрона. |
| ∆N−? |
|  | |

* **В пустой сосуд объемом V нагнетают воздух при помощи поршневого насоса, объем цилиндра которого V0. Каким будет давление воздуха в сосуде после N качаний?**

|  |  |
| --- | --- |
| V  N  V0 | Задачи про насосы решаются так же на основе уравнения Менделеева-Клапейрона. Надо записать уравнение для накаченной массы, то есть той, что поступила в сосуд. И так же записать уравнение Менделеева-Клапейрона для газа, поступающего в рабочий резервуар насоса. И учесть, что вся масса газа, попавшая в сосуд – это масса газа, попадавшая в резервуар насоса N раз. Будем считать, что в насос газ поступает при атмосферном давлении |
| Р−? |
| Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона для газа, поступившего в цилиндр насоса:  Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона для газа, поступившего в сосуд:  Поделим второе уравнение на первое: | |

* **Компрессор засасывает из атмосферы каждую секунду 3 литра воздуха, которые подаются в баллон емкостью 45 литров. Через сколько времени давление в баллоне будет превышать атмосферное в 9 раз? Начальное давление в баллоне равно атмосферному.**

|  |  |
| --- | --- |
| V=45л  V0=3л  Ррез=9Ратм | Данная задача решается так же, как предыдущая, но с одним отличием: в баллоне уже был воздух при атмосферном давлении. Поэтому, записывая уравнение Менделеева-Клапейрона для накаченного воздуха, надо учесть, что создаваемое им давление превышает атмосферное в 8 раз.  Р=8Ратм  Так как по условию задачи компрессор работает так, что ежесекундно засасывает воздух, то число секунд равно числу «засасываний» |
| t−? |
| Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона для газа, поступившего в цилиндр компрессора:  Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона для газа, поступившего в баллон:  Поделим второе уравнение на первое:  Время, потребовавшееся для такого накачивания, так же составляет 120с | |

**Задачи на применение газовых законов.**

**Газовые законы применяют тогда, когда даны два состояния газа и при переходе газа из одного состояния в другое масса газа не меняется.**

**ГРАФИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ НА ГАЗОВЫЕ ЗАКОНЫ**

* **На диаграмме РT изображен цикл идеального газа постоянной массы. Изобразите его на диаграмме Р,V**.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Проведем поэтапный анализ представленного цикла:  **1–2:** изохорический процесс; **V** – const; **Р**↑ **T**↑  **2–3:** изотермический процесс; **V**↑ **Р**↓ **Т** – const  **3–1:** изобарический процесс; **V**↓; **Р**– const; **T**↓  Теперь результаты поэтапного анализа перенесем на диаграмму РV **⇒** |  |

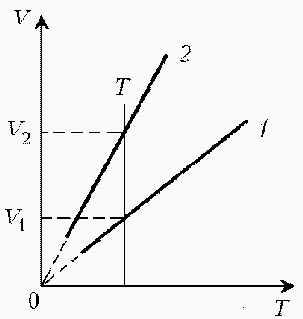
* **Для постоянной массы идеального газа представлен цикл на диаграмме РV. Изобразить этот цикл на диаграмме VT.**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **Решение: ⇒** |  |

* **Изобразите на диаграмме РТ цикл постоянной массы идеального газа, представленный на диаграмме РV.**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **Решение: ⇒** |  |

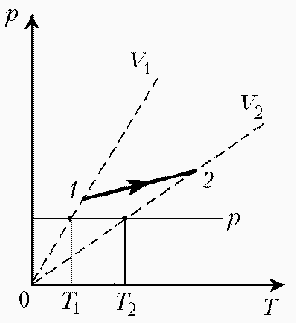
* **Какая из двух линий графика соответствует большему давлению данной массы идеального газа?**



Прежде всего установим, что это за линии. Эти линии выражают прямо пропорциональную зависимость между объемом газа и его температурой, а это возможно для идеального газа только при изобарическом процессе, следовательно, изображенные линии графика – изобары.

Проведем изотерму до пересечения с обеими изобарами, а точки их пересечения спроецируем на ось ординат (объемов). Из построения видно, что V2 > V1. Поскольку при изотермическом процессе газ подчиняется закону Бойля–Мариотта: Р1V1 = Р2V2, то Р1 > Р2.

* **При нагревании идеального газа постоянной массы получена зависимость Р(T) при переходе из состояния 1 в состояние 2. Как при этом переходе менялась плотность газа?**



Прежде всего обратим внимание на то, что линия графика не описывается ни одним из изопроцессов («неявная форма»). Проведем через начальную и конечную точки линии графика две изохоры. Проведя еще изобару (или, как вариант, изотерму) и, спроецировав точки ее пересечения с изохорами на ось Т, убедимся, что Т2 > Т1.

При изобарическом процессе, по закону Гей-Люссака, V ~ T, следовательно, V2 > V1. А так как плотность и объем связаны обратной зависимостью (при данной массе), то ρ1 > ρ2, откуда следует, что газ расширялся, а значит, его плотность уменьшилась.

* **Как менялась температура постоянной идеального массы газа на протяжении цикла?**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Точки 1 и 2 лежат на одной изотерме. Проведем изотермы через характерные точки 1, 2, 3 и касательную к участку 1–2. Как следует из теории, изотермы, более удаленные от координатных осей, соответствуют более высоким температурам. В этом можно убедиться, используя методы, предложенные в предыдущих задачах **⇒** |  |

* **Идеальный газ с молярной массой М участвует в изотермическом процессе. При этом получена зависимость между объемом V и давлением р. Представьте этот цикл на диаграмме V, m.**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Запишем уравнение Клапейрона–Менделеева:  По условию, T, M и R – постоянные, следовательно, m ~ рV.  Рассмотрим процессы цикла поэтапно:  **1–2:** T = const, V = const; m ~ р;  **2–3:** T = const, р = const; m ~ V;  **3–4:** T = const, V = const; m ~ р;  **4–1:** T = const, р = const; m ~ V; **⇒** |  |

***Аналитические задачи на газовые законы***

При решении аналитических задач на газовые законы надо:

1. Убедиться, что при изменении состояния масса газа остается постоянной.
2. Сделать схематический чертеж, на котором условно отметить состояния газа параметрами Р, V, Т. Записать закон Клапейрона для данных двух состояний.
3. Если какой-либо параметр при переходе газа из одного состояния в другое остается неизменным (могут меняться все три параметра), то уравнение Клапейрона перевести в закон Бойля — Мариотта, Гей-Люссака или Шарля.
4. В случае, когда газ заключен в цилиндрический сосуд и объем газа меняется только за счет изменения высоты его столба h, уравнение Клапейрона можно сразу записывать в виде:
5. Используя условия задачи, определить термодинамические параметры, выразив их через заданные величины. И если газ граничит с жидкостью, то особое внимание следует обратить на определение давления. Для его определения тех случаях, когда газ производит давление на жидкость, следует использовать закон Паскаля: провести нулевой уровень через границу, отделяющую газ от жидкости, и записать уравнение равновесия жидкости.
6. Полученную систему уравнений решить относительно неизвестной величины.

**P.S.**

* ***Если в задаче рассматривают состояния нескольких газов, отделенных друг от друга поршнями или входящих в состав смеси, то все указанные действия нужно проделать для каждого газа отдельно.***
* ***В задачах на газовые законы используется только абсолютная температура.***
* **При увеличении абсолютной температуры газа в 2 раза давление увеличилось на 25%. во сколько раз изменился объем газа?**

|  |  |
| --- | --- |
| Т2=2Т1  Р2=1,25Р1 | Запишем уравнение Клапейрона, так как меняются все три параметра идеального газа: |
|  | С учетом данных, уравнение принимает вид: |

* **Газ изотермически сжат от объема V1 = 8 л до объема V2 = 6 л. Давление при этом возросло на ΔР = 4∙103 Па. Определить первоначальное давление.**

Запишем уравнение Клапейрона и, так как процесс изотермический, переведем его в закон Бойля-Мариотта

Поэтому можно записать:

Отсюда находим первоначальное давление:

И объемы газов можно оставить в литрах, не переводить в систему СИ.

* **При нагревании газа при постоянном давлении на 1К его объем увеличился на 5% от первоначального. При какой температуре находился газ?**
* **Сколько ртути войдет в стеклянный баллончик объемом V0, нагретый до Т0, если плотность ртути при температуре Т равна ρ.**
* **Закрытый с обоих концов цилиндрический сосуд разделен на две равные части теплонепроницаемым поршнем. Длина каждой части 42см. В обеих половинках находится одинаковое количество азота при температуре 27°С и давлении 1 атмосфера. На сколько надо нагреть газ в одной части сосуда, чтобы поршень переместился на 2 см?**

**I**

**II**

**x**

Для газа в отделе I:

Для газа в отделе II:

Отсюда следует:

* **Объем баллона, содержащего газ под давлением 1,2·105 Па составляет 6 литров. Каким станет давление газа, если этот баллон соединить с другим баллоном объем которого 10 литров и он практически не содержит газа.**
* **Два одинаковых стеклянных шара соединены трубкой. При 0° С капелька ртути находится посередине трубки. Объем воздуха в каждом шаре и части трубки У= 200 см3 . На какое расстояние *х*  сместится капелька, если один шар нагреть на 2° С, а другой на столько же охладить? Поперечное сечение трубки S=20 мм2**

**I**

**II**

x

Для газа в отделе I:

* **Температура воздуха в цилиндре 7°С. На сколько переместиться поршень при нагревании воздуха на 20К, если ℓ1=14см?**

ℓ

***Газ граничит с жидкостью***

* **Электрическая лампа наполнена азотом при давлении Р= 600 мм рт. ст. Объем лампы V = 500 см3. Какая масса воды войдет в лампу, если у нее отломить кончик под водой? Атмосферное давление 760 мм рт. ст.?**

Объем воды, поступившей в сосуд равен изменению объема газа при изотермическом процессе. Вода будет заходить в колбу до тех пор, пока давление внутри колбы не станет равным давлению наружному, то есть атмосферному.

Запишем закон Бойля-Мариотта для газа в колбе:%

Отсюда определим изменение объема:

Масса поступившей воды равна:

* **Объем пузырька воздуха по мере всплывания со дна озера на поверхность увеличивается в 3 раза. Какова глубина озера?**

* **Открытую стеклянную трубку длиной ℓ=1м наполовину погружают в ртуть.Затем трубку закрывают пальцем и вынимают из ртути. Какой длины столбик ртути останется в трубке? атмосферное давление нлормальное.**

* **Узкая вертикальная цилиндрическая трубка длиной L,закрытая с одного конца, содержит воздух, отделенный от наружного воздуха столбиком ртути длиной h. Плотность ртути ρ. Трубка расположена открытым концом вверх. Какова была длина ℓ столбика воздуха в трубке, если при перевертывании трубки открытым концом вниз, из трубки вылилось половина ртути. атмосферное давление Р0**

**h**

**ℓ**

**h/2**

* **В стеклянной трубке, запаянной с одного конца и расположенной горизонтально, находится столбик воздуха длиной 300мм, закрытый столбиком ртути длиной 200мм. На сколько изменится длина воздушного столбика, если трубку расположить открытым концом вверх? Атмосферное давление нормальное.**

**Р1V1**

**Р2V2**

* **Длинная пробирка открытым концом погружена в сосуд с ртутью. При температуре t1 = 47 °С уровни ртути в пробирке и в сосуде совпадают. Над уровнем ртути остается часть пробирки длины L = 76см. На какую высоту ℓ поднимется ртуть в пробирке, если ее охладить до температуры t2 = -33 °С? Атмосферное давление Р0 = 0,1 МПа.**
* **Посередине откачанной и запаянной с обоих концов горизонтально расположенной трубки длины L = 1 м находится столбик ртути длины h = 20 см. Если трубку поставить вертикально, столбик ртути сместится на расстояние ℓ = 10 см. До какого давления Р была откачана трубка? Плотность ртути ρ= 13,6∙103 кг/м3.**

В обоих концах трубки воздух первоначально занимал объем

V = S(L - h)/2,

где S - площадь поперечного сечения трубки, и имел давление Р.

Когда трубку поставили вертикально, объем воздуха в верхней части трубки стал

V1 = S[(L - h)/2 + ℓ],

а давление стало Р1;

В нижней части трубки объем стал V2 = S[(L - h)/2 - ℓ], а давление стало равным Р2

Согласно закону Бойля-Мариотта для верхней части трубки PV = P1V2

Откуда (L - h) P =(L-h + 2ℓ)P1;

Для нижней части трубки

PV = P2V2, откуда (L-h)P = (L-h-2ℓ)Р2.

С другой стороны, столбик ртути находится в равновесии, когда давление воздуха в нижней части трубки равно сумме давлений воздуха в верхней части трубки и столбика ртути, т.е.

P2=P1+ρgh

Исключив Р1 иР2 из уравнений, найдем = 50 кПа.