МКТ, газовые законы

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **С3.** В понтон, лежащий на дне моря, закачивается сверху воздух. Вода вытесняется из понтона через нижнее отверстие (см. рисунок), и когда объем воздуха в понтоне достигает 28 м3, понтон всплывает вместе с прикрепленным к нему грузом. В момент начала подъема расстояние от поверхности воды в понтоне до поверхности воды в море равно 73,1 м. Масса оболочки понтона 2710 кг. Определите массу поднимаемого груза. Температура воды равна 7°С, атмосферное давление на уровне моря равно 105Па. Объемом груза и стенок понтона пренебречь. |  | | | |
| **Образец возможного решения**  Понтон с грузом начнет всплывать при условии: ρVg = Mg + mгg + mвg, где М и mг — масса оболочки понтона и масса груза, V и mв — объем и масса воздуха в понтоне, ρ — плотность воды.  Следовательно, mг = ρV – М – mв.  Согласно уравнению Менделеева–Клапейрона, для воздуха в понтоне имеем:  pV = , причем давление воздуха равно давлению воды на заданной глубине h: p = ра + ρgh, где ра — атмосферное давление. Отсюда:  =  ≈ 290 (кг). Следовательно,  mг = 103·28 – 2,71·103 – 0,29·103 ≈ 25·103 (кг). Ответ: М = 25·103 кг. | | | | |
|  |  | | | | |
|  | | | | |
|  |  | | | | |
|  | | | | |
|  |  | | | | |
|  |  | | | | |
|  |  | | | | |
|  | | | | |
|  |  | | | | |
|  | | | | |
|  | (2660С) | | | | |
|  |  | | | | |
|  |  | | | | |
|  |  | | | | |
|  |  | | | | |
|  |  | | | | |
|  | | | | |
|  |  | | | | |
|  |  | | | | |
|  |  | | | | |
|  |  | | | | |
|  |  | | | | |
|  | | | | |
|  |  | | | | |
|  | | | | |
|  |  | | | | |
|  | | | | |
|  | Газ с температурой *Т* = 300 К и давлением *р* = 2·105 Па находится в цилиндрическом сосуде с сечением *S* = 0,1 м2 под невесомым поршнем, который удерживается пружиной с жесткостью  *k* = 1,5∙104 Н/м на высоте *h* = 2 м над дном сосуда (см. рис.). Температуру газа увеличили на Δ*Т* = 15 К. Чему равно при этом смещение поршня Δ*h*? | |  | | |
| Использование уравнения Клапейрона–Менделеева для начального и конечного состояний газа:  .  Использование закона Гука для определения силы, действующей на поршень: , где  – смещение поршня из положения, в котором пружина не деформирована.  Определение условия равновесия поршня: приращение силы давления газа равно приращению силы упругости: .  Переход к одному уравнению для искомой величины :  .  Использование малости отношения  для получения приближенного уравнения .  Δ*h* ≈ 4⋅10–2 м = 4 см. | | | | |
|  | В цилиндр закачивается воздух со скоростью 0,002 кг/с. В верхнем торце цилиндра есть отверстие площадью 5∙10–4 м2, закрытое легким предохранительным клапаном. Клапан удерживается в закрытом состоянии невесомым стержнем длиной 0,5 м, который может свободно поворачиваться вокруг оси в точке А (см. рисунок). Расстояние АВ равно 0,1 м. К свободному концу стержня подвешен груз массой 2 кг. Клапан открывается через 580 с работы насоса, если в начальный момент времени давление воздуха в цилиндре было равно атмосферному. Температура воздуха в цилиндре и снаружи не меняется и равна 300 К. Определите объем цилиндра. | | | img043 | |
| **Образец возможного решения**   1. Клапан откроется, когда сумма сил, действующих на клапан, станет равна нулю, то есть когда сила избыточного (по сравнению с атмосферным) давления воздуха в цилиндре станет равной силе давления стержня на этот клапан:  (1). 2. Силу избыточного давления воздуха можно рассчитать через площадь клапана и давление закачанного в цилиндр воздуха:  (2). 3. Избыточное давление воздуха в цилиндре по сравнению с атмосферным рассчитывается с помощью уравнения состояния идеального газа:  (3), где масса накачанного за время *t* воздуха равна:  (*υ* – указанная в условии задачи скорость поступления воздуха в цилиндр) (4). 4. Сила давления стержня на клапан равна по величине силе давления клапана на стержень (третий закон Ньютона):  (5). 5. Стержень находится в равновесии, если относительно оси вращения (точка А) момент силы давления груза равен моменту силы давления со стороны клапана:  (6) , где *L* – длина стержня, *ℓ* - длина отрезка АВ. В данном случае учтено, что . 6. Совместное решение системы уравнений (1) – (6) дает формулу для расчета искомой величины: .   Ответ: . | | | | |
| **Критерии оценивания выполнения задачи** | | | | **Баллы** |
| Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:   1. правильно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – *второй и третий законы Ньютона*, *уравнение состояния идеального газа, формула для расчета силы давления газа, условие равновесия рычага* ); | | | | **3** |
|  | (300К) | | | | |
|  |  | | | | |
|  |  | | | | |
|  | (0,022 моль) | | | | |
|  |  | | | | |
|  |  | | | | |
|  |  | | | | |
|  | | | | |
|  |  | | | | |
|  | | | | |
|  |  | | | | |
|  |  | | | | |
|  |  | | | | |
|  |  | | | | |
|  |  | | | | |
|  |  | | | | |
|  |  | | | | |
| Парц давл | В открытый контейнер поместили 1,5 г изотопа полония - 210  Затем контейнер герметично закрыли. Изотоп полония радиоактивен и претерпевает альфа-распад с периодом полураспада примерно 140 дней, превращаясь в стабильный изотоп свинца. Через 5 недель давление внутри контейнера составило 1,4·105 Па. Определите объём контейнера. Температура внутри контейнера поддерживается постоянной и равна 45 °С. Атмосферное давление равно 105 Па. | | | | |
| |  |  | | --- | --- | | Возможное решение | | | 1. В герметично закрытом контейнере первоначально находятся полоний и атмосферный воздух. В процессе радиоактивного распада полония в контейнере будут образовываться атомы свинца и гелия, в результате чего искомое давление в контейнере будет складываться из парциальных давлений воздуха  и гелия  т.е.  2. Парциальное давление гелия можно определить с помощью уравнения Клапейрона – Менделеева: , где – объём контейнера;   – абсолютная температура в нём;  и  – соответственно масса и молярная масса гелия.  3. К определённому моменту времени  число атомов гелия  равно числу распавшихся атомов полония и может быть определено с помощью закона радиоактивного распада:  и , где  – начальное число атомов полония;  и  – соответственно начальная масса полония и его молярная масса  (0,210 кг/моль);  – оставшееся к моменту времени  число атомов полония;  – период полураспада полония.  4. Число молей получившегося в результате распада гелия равно числу молей распавшегося полония:  следовательно, .  В результате математических преобразований получаем:    Ответ: 75 см3 | | | Критерии оценивания выполнения задания | Баллы | | Приведено полное решение, включающее следующие элементы:  I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: *уравнение Клапейрона – Менделеева, закон Дальтона, закон радиоактивного распада*); | 3 | | | | | |

**Термодинамика (+силы)**

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |
|  |  |
|  |
|  |  |
|  |
|  |  |
|  |  |
|  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  | ( уменьшилась в 8 раз) |
|  |  |
|  |

**Термодинамика (графики – изопроцессы, адиабатный)**

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |
|  |
|  |  |
|  |
|  |  |
|  |
|  |  |
|  |
|  |  |
|  |
|  |  |
|  |
|  |  |
|  |  |
|  |
|  |  |
|  |  |
|  |
|  |  |
|  |
|  |  |
|  |
|  | img031 |
| img031 |

**Термодинамика (изопроцессы, адиабатный)**

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |
|  | ЕГЭ 1-1 |
| ЕГЭ 1-1 |
|  | ЕГЭ 2-1 |
| ЕГЭ 2-1 |
|  | ЕГЭ 3-1 |
| ЕГЭ 3-1 |
|  | ЕГЭ 4-1 |
| ЕГЭ 4-1 |
|  |  |
| -+ |
|  |  |
|  |  |
|  |
|  |  |

**Термодинамика (процессы разные)**

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |
|  |  |
|  |
|  |  |
|  |
|  |  |

**Термодинамика (нагреватель, холодильник)**

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |
|  |  |
|  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

**Тепловые процессы**

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1 кг) |
|  |  |
|  |
|  |  |
|  |  |
|  | ( - 5 0С) |
|  |  |
|  |
|  |  |

|  |  |
| --- | --- |
|  | В теплоизолированном сосуде длительное время находилась вода с плавающим в ней куском льда. В воду через трубку медленно впустили порцию водяного пара, имеющего температуру 100 °С (так, чтобы пузырьки пара не достигали поверхности воды). В результате масса куска льда уменьшилась на 100 г. Определите массу впущенного пара. |
| |  |  | | --- | --- | | Образец возможного решения | | | Длительность нахождения куска льда в воде означает, что и лёд, и вода имеют температуру 0°С. Тот факт, что к концу опыта лед растаял не весь, свидетельствует, что равновесная температура воды и льда тоже равна 0°С.  Впускаемый в воду пар массой mп конденсируется, отдавая количество теплоты Q1 = λmп (здесь λ — удельная теплота парообразования воды). Далее конденсировавшаяся вода той же массы остывает от t0 = 100 °С до 0 °С, отдавая количество теплоты Q2 = c mпt0, где с — удельная теплоемкость воды. Так что в сумме пар и образовавшаяся из него вода отдали количество теплоты  Q = λmп + c mпt0.  Поскольку сосуд теплоизолированный, а температура воды не изменилась, то это количество теплоты пошло на таяние mл кг льда при температуре его плавления, так что Q = Lmл, где L — удельная теплота плавления льда.  Следовательно, λmп + cmпt0 = Lmл., и mп =  ≈ 12⋅10 – 3 кг  Ответ: mп ≈ 12 г | | | Критерии оценки выполнения задания | Баллы | | Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:  1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – *уравнение теплового баланса, формулы для расчета количества теплоты при агрегатных превращениях*);  2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ; при этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями). | 3 | |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

Дополнительные задачи

1. Две одинаковые свинцовые пули летят по взаимно перпендикулярным направлениям со скоростями 260 м/с относительно Земли. На сколько градусов нагреются пули при абсолютно неупругом ударе? Удельная теплоёмкость свинца равна 130 Дж/(кг·К).
2. Установка мощностью 21 кВт охлаждается водой, текущей по спиральной трубке сечением 1 см2. При установившемся режиме работы проточная вода нагревается на 20 К. Определить скорость воды, считая, что 10% мощности установки идёт на нагревание воды. Удельная теплоёмкость воды равна 4,2 Дж/(г·К).
3. Из сосуда с небольшим количеством воды при 00С откачивают воздух. При этом испаряется 6,6 г воды, а оставшаяся часть замерзает. Найдите массу образовавшегося льда. Удельная теплота парообразования воды при 00С равна 2,5 • 105 Дж / кг. (8,7 г)

**Насыщенный пар**

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |