**30**

В теплоизолированный сосуд, в котором находится 1 кг льда при температуре –20 °С, налили 0,2 кг воды при температуре 10 °С. Определите массу льда в сосуде после установления теплового равновесия. Теплоёмкостью сосуда и потерями тепла пренебречь.

|  |  |
| --- | --- |
| Возможное решение | |
| Определим конечное состояние смеси лёд – вода, для чего сравним количество теплоты , необходимое для нагревания льда до температуры плавления, и количество теплоты , которое может отдать вода при остывании до начала процесса кристаллизации:  2100·1·(0 – (–20)) = 42 000 Дж;  4200·0,2·10 = 8400 Дж.  >, следовательно, вода остынет до 0 °С и начнёт кристаллизоваться.  Для того чтобы полностью превратиться в лёд, воде при 0 °С необходимо отдать количество теплоты = 330 000·0,2 = 66 000 Дж.  Так как  , 42 000 < 8400 + 66 000 = 74 400, можно сделать вывод, что только часть воды массой *m*3 превратится в лёд и в сосуде установится конечная температура *t*к = 0 °С.  Запишем уравнение теплового баланса:  .  Таким образом, масса кристаллизовавшейся воды:  = = 0,1 кг.  В итоге получаем, что после установления теплового равновесия в сосуде будет находиться  кг льда.  Ответ:  кг | |
| 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: *формулы для количества теплоты, необходимого для нагревания, охлаждения, кристаллизации тела; уравнение теплового баланса*);  II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (*за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов*);  III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);  IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины | 3 |
| Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности,ипроведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.  Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.  И (ИЛИ)  В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).  И (ИЛИ)  В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.  И (ИЛИ)  Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины) | 2 |
| Представлены записи, соответствующие **одному** из следующих случаев.  Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.  ИЛИ  В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.  ИЛИ  В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи | 1 |
| Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла | 0 |
| *Максимальный балл* | *3* |

**30**

|  |
| --- |
| ⇨      *h*  *H*  Рис. 1 Рис. 2  *p*0  *p*0  *p*0  *M*, *S* |

В вертикальном цилиндре с гладкими стенками, открытом сверху, под поршнем находится одноатомный идеальный газ. В начальном состоянии поршень массой *M* и площадью основания *S* покоится на высоте *h*, опираясь на выступы (см. рис. 1). Давление газа *p*0 равно внешнему атмосферному. Какое количество теплоты *Q* нужно сообщить газу при медленном его нагревании, чтобы поршень оказался на высоте *H* (см. рис. 2)? Тепловыми потерями пренебречь.

|  |  |
| --- | --- |
| Возможное решение | |
| 1. Систему отсчёта, связанную с Землёй, будем считать инерциальной. В процессе медленного подъёма поршня его ускорение считаем ничтожно малым. Поэтому сумма приложенных к поршню сил при его движении равна нулю. В проекциях на вертикальную ось *y* получаем:        *y*  , или  . Отсюда получаем давление газа *p*1 под движущимся поршнем:  .  2. Используем модель одноатомного идеального газа:  Отсюда получаем:  .  Внутренняя энергия газа в исходном состоянии  ,  а в конечном состоянии    3. Процесс движения поршня идёт при постоянном давлении газа *p*1. Поэтому из первого начала термодинамики получаем:  . Подставляя сюда выражения для *p*1, *U*0 и *U*1, получим:  .  Ответ: | |
| 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: *второй закон Ньютона, уравнение Менделеева – Клапейрона, выражение для внутренней энергии одноатомного идеального газа, первое начало термодинамики, связь давления и силы*);  II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (*за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов*);  III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);  IV) представлен правильный ответ | 3 |
| Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности,ипроведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.  Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.  И (ИЛИ)  В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).  И (ИЛИ)  В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.  И (ИЛИ)  Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка | 2 |
| Представлены записи, соответствующие **одному** из следующих случаев.  Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.  ИЛИ  В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.  ИЛИ  В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи | 1 |
| Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла | 0 |
| *Максимальный балл* | *3* |