

Задание № 30

МКТ. Термодинамика.
Фазовые переходы. Влажность воздуха.

Князева Е.С., учитель физики
МБОУ СОШ № 46 с УИОП

Условное разделение заданий

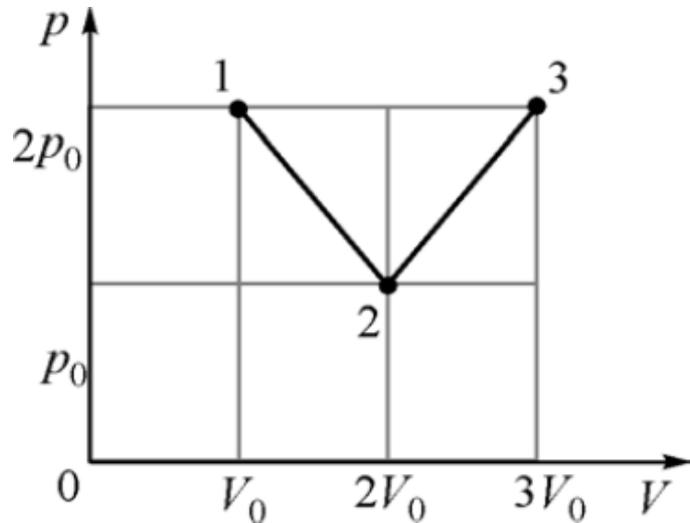
ЗАДАНИЯ 1 ВИДА (Изопроцессы, первый закон термодинамики. Работа. КПД.)

ЗАДАНИЯ 2 ВИДА (Агрегатные превращения вещества. Влажность воздуха.)

ЗАДАНИЯ 3 ВИДА (Движение. Атмосферное давление. Сила Архимеда.)

Примеры заданий 1 вида

Задача 1. С неизменным количеством идеального одноатомного газа проводят процесс 1-2-3 (см. pV -диаграмму на рисунке). Каким количеством теплоты ΔQ_{123} газ обменялся с другими телами в данном процессе? Известно, что $p_0 = 2 \cdot 10^5$ Па и $V_0 = 20$ л.



Задача 2. Цикл тепловой машины, рабочим веществом которой является ν моль идеального одноатомного газа, состоит из изотермического расширения, изохорного охлаждения и адиабатического сжатия. В изохорном процессе температура газа понижается на ΔT , а КПД тепловой машины равен η . Определите работу, совершённую газом в изотермическом процессе.



Примеры заданий 2 вида

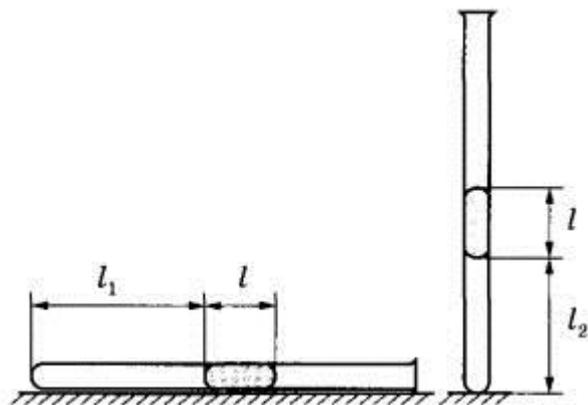
Задача 1. На газовой плите стоит цилиндрическая кастрюля с площадью поперечного сечения $S = 200 \text{ см}^2$, в которой кипятятся 2 литра воды. Если подвод теплоты от горелки не меняется с течением времени, то за 10 минут выкипает слой воды толщиной $h = 1 \text{ см}$. В кастрюлю начинают бросать с постоянной скоростью маленькие шарики льда, имеющие температуру $t = 0 \text{ }^\circ\text{C}$. Какую массу M таких шариков в минуту надо бросать для поддержания постоянного уровня кипящей воды в этой кастрюле?

Задача 2. В комнате $4 \times 5 \times 3 \text{ м}$, в которой воздух имеет температуру $10 \text{ }^\circ\text{C}$ и относительную влажность 30%, включили увлажнитель воздуха производительностью 0,2 л/час. Чему станет равна относительная влажность воздуха в комнате через 1,5 ч? Давление насыщенного водяного пара при температуре $10 \text{ }^\circ\text{C}$ равно 1,23 кПа. Комнату считать герметичным сосудом.

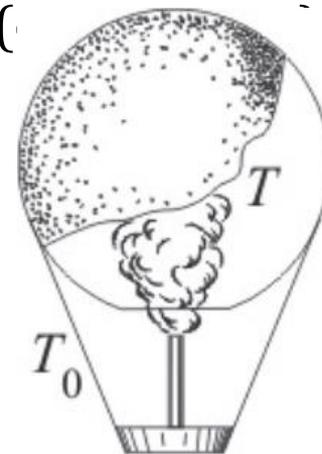


Примеры заданий 3 вида

Задача 1. В запаянной с одного конца длинной горизонтальной стеклянной трубке постоянного сечения (см. рисунок) находится столбик воздуха длиной $l_1 = 30$ см, запёртый столбиком ртути. Если трубку поставить вертикально отверстием вверх, то длина воздушного столбика под ртутью будет равна $l_2 = 25$ см. Какова длина ртутного столбика? Атмосферное давление 750 мм рт. ст. Температуру воздуха в трубке счита



Задача 2. Воздушный шар, оболочка которого имеет массу $M = 145$ кг и объём $V = 230$ м³, наполняется при нормальном атмосферном давлении горячим воздухом, нагретым до температуры $t = 265$ °С. Определите максимальную температуру t_0 окружающего воздуха, при которой шар начнёт подниматься. Оболочка шара нерастяжима и имеет в нижней части небольшое отверстие (



Решение задания 1 вида

задача 1

1. Согласно первому закону термодинамики

$$\Delta Q_{123} = \Delta U_{123} + \Delta A_{123},$$

Где ΔU_{123} – изменение внутренней энергии

ΔA_{123} – работа газа в данном процессе 1–2–3.

2. Внутренняя энергия одноатомного

идеального газа равна $U = \frac{3}{2} pV$.

Таким образом, как следует из диаграммы процесса,

$$\Delta U_{123} = \Delta U_{13} = U_3 - U_1 = \frac{3}{2}(2p_0 \cdot 3V_0 - 2p_0 \cdot V_0) = 6p_0V_0.$$

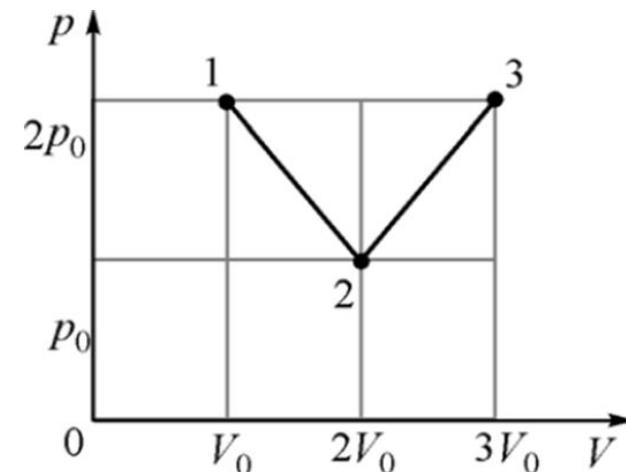
Работа газа ΔA_{123} численно равна площади под кривой, изображающей этот процесс на pV -диаграмме.

Как видно из диаграммы, $\Delta A_{123} = 3p_0V_0$.

3. Таким образом, $\Delta Q_{123} = 6p_0V_0 + 3p_0V_0 = 9p_0V_0$

$$\Delta Q_{123} = 9 \cdot 2 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3 = 36 \cdot 10^3 \text{ Дж} = 36 \text{ кДж}.$$

Ответ: $\Delta Q_{123} = 36 \text{ кДж}$



1. Найдём вначале количество теплоты, подводимое от горелки плиты к кипящей воде за **1 минуту**. Поскольку за это время уровень воды опускается на $0,1\text{h} = 0,1\text{ см}$, то за это время выкипает объём воды V , равный $V = 0,1\text{hS} = 0,1 \cdot 20\text{ см}^3$, имеющий массу $m = \rho V = 1000\text{ кг/м}^3 \cdot 20 \cdot 10^{-6}\text{ м}^3 = 20 \cdot 10^{-3}\text{ кг}$. Для испарения такой массы воды требуется количество теплоты, равное $Q = gm$, где r – удельная теплота парообразования воды). $Q = 2,3 \cdot 10^6\text{ Дж/кг} \cdot 20 \cdot 10^{-3}\text{ кг} = 46 \cdot 10^3\text{ Дж}$

2. При поддержании постоянного уровня кипящей воды в кастрюле всё это количество теплоты будет расходоваться на плавление ледяных шариков массой M (в минуту), на нагревание получившейся воды от 0 °C до 100 °C и на её испарение: $Q = M\lambda + Mc\Delta t + Mr$, где λ – удельная теплота плавления, c – удельная теплоёмкость воды.

3. выразим M из формулы п.2 и произведем расчет

$$Q = M[\lambda + c(100 - 0) + r], \quad M = \frac{Q}{\lambda + 100c + r}$$

$$M = \frac{46 \cdot 10^3\text{ Дж}}{3,3 \cdot 10^5\text{ Дж/кг} + 4,2 \cdot 10^3\text{ Дж/кг} \cdot \text{°C} \cdot 100\text{°C} + 2,3 \cdot 10^6\text{ Дж/кг}} \approx 15,08 \cdot 10^{-3}\text{ кг/мин} \approx 15\text{ г/мин}$$

Ответ: $M \approx 15\text{ г/мин}$.



Решение заданий 3 вида

задача 1

1. Запишем формулу для объема воздуха в трубке при ее горизонтальном положении. Определим давление, испытываемое при этом столбиком воздуха. При горизонтальном положении трубки объем воздуха в ней определяется равенством: $V_1 = Sl_1$, где S – площадь сечения цилиндрической трубки. Давление p_1 в этом положении равно атмосферному: $p_1 = p_{\text{атм}}$.
2. Найдем те же параметры для трубки в вертикальном положении. В вертикальном положении ртутный столбик смещается, поскольку на него кроме давления со стороны атмосферы действует еще и сила тяжести. Применяя закон Паскаля, получим: $p_2 = p_{\text{атм}} + \rho gl$. Объем воздуха в вертикальном положении трубки: $V_2 = Sl_2$.
3. По условию $T = \text{const}$, поэтому имеет место изотермический процесс. Отсюда, применив 3-н Бойля-Мариотта, выразим l и произведем расчет:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 \rightarrow p_{\text{атм}} S l_1 = (p_{\text{атм}} + \rho g l) S l_2 \rightarrow p_{\text{атм}} + \rho g l = \frac{p_{\text{атм}} l_1}{l_2} \rightarrow l = \frac{p_{\text{атм}}(l_1 - l_2)}{\rho g l_2}$$

Вычислим l

$$l = \frac{10^5 (0,3 - 0,25)}{13,6 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 0,25} \approx 0,15 \text{ (м)} = 15 \text{ (см)}$$

Ответ: 15 см.

