

1. «Следы на песке»

Рабочий утрамбовывает песок тяжёлой плитой массой 140 кг с площадью рабочей поверхности плиты $S = 30 \times 42 \text{ см}^2$. За плитой идёт рабочий массой $m = 90 \text{ кг}$. Площадь подошвы одного ботинка $s = 250 \text{ см}^2$. Будет ли оставаться след от ботинка на песке?

Возможное решение:

Плита утрамбовывает песок до определённой плотности. Если приложить большее давление, то песок продолжит сжиматься, то есть, рабочий провалится, и останется след.

Давление плиты $P_1 = \frac{Mg}{S} = 10937,5 \text{ Па}$.

При ходьбе рабочий будет некоторое время опираться только на одну ногу. Давление в этот момент на песок будет равно $P_2 = \frac{mg}{s} = 36 \text{ кПа}$.

Т.е. $P_2 > P_1 \Rightarrow$ После рабочего будут оставаться следы.

Система оценивания задачи:

Объяснено, при каком условии будут оставаться следы – **3 балла**

Рассчитано давление плиты – **2 балла**

Рассчитано давление одной ноги – **1 балла**

Указано, что человек некоторое время будет опираться на одну ногу – **3 балла**

Сравнены давления и дан ответ – **1 балл**

Максимальный балл за полное решение – 10 баллов

2. «Изменяющийся куб»

Из старой алюминиевой велосипедной рамы изготовили игральный куб плотностью $2700 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$. Куб нагрели, после чего длины рёбер увеличились на 0,3%. На сколько изменилась плотность куба?

Возможное решение:

Пусть длина каждого ребра равна a . Тогда начальный объём куба $V = a^3$. Длина после теплового расширения стала $a_1 = 1,03a \Rightarrow V_1 = a_1^3 = (1,03a)^3$.

Поскольку масса молекул при тепловом расширении не меняется, то масса куба осталась прежней =

$$m = \rho V = \rho_1 V_1 \Rightarrow \rho_1 = \frac{\rho V}{V_1} = \frac{\rho}{(1,03)^3} = 2471 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \Rightarrow \Delta\rho = \rho_1 - \rho = -229 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Система оценивания задачи:

Написана формула объёма куба – **1 балл**

Найден объём после теплового расширения – **2 балла**

Указано, что масса при тепловом расширении не меняется – **3 балла**

Выражена плотность после расширения – **2 балла**

Найдено, на сколько изменилась плотность куба – **2 балла**

Максимальный балл за полное решение – 10 баллов

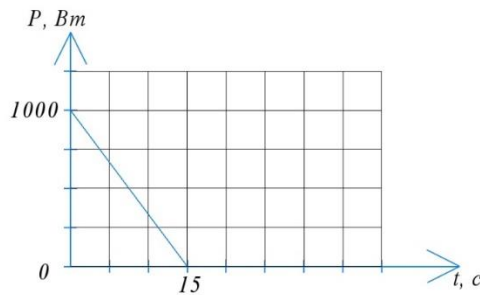
3. «Заготовка»

В термос наливают воду почти до краёв при температуре $t_0 = 100^\circ\text{C}$. Затем внутрь бросают небольшую металлическую заготовку при температуре $t_1 = 386^\circ\text{C}$. График зависимости мощности теплопередачи от времени показан на рисунке.

1) Как менялась со временем температура заготовки, если мощность теплопередачи заготовки прямо пропорциональна разности температур?

2) Какой объём имеет заготовка?

Считать, что вода, с которой контактирует заготовка, очень быстро испаряется всё время, пока не установится тепловое равновесие в термосе с заготовкой. Уровень воды после охлаждения заготовки не изменился. Конечная температура воды в термосе равна $t_0 = 100^\circ\text{C}$. Удельная теплота парообразования воды равна $2,3 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$, плотность воды - $1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

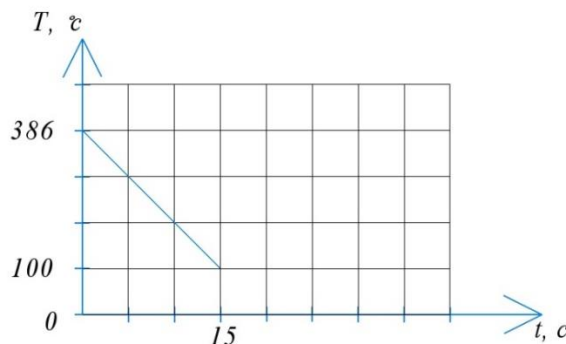


Возможное решение:

Из графика видно, что $P = P_0 - \beta t$, где $P_0 = 1000$ Вт.

По условию $P \sim \Delta T \Rightarrow P = \alpha \Delta T$ или $P = \alpha T - \alpha T_0$, где T - температура заготовки, а T_0 - температура воды.

$T = \frac{P}{\alpha} + T_0 = \frac{P_0}{\alpha} + T_0 - \frac{\beta}{\alpha} t$, т.е. зависимость линейная \Rightarrow график будет такой:



Поскольку уровень воды после установления теплового баланса не изменился \Rightarrow объём заготовки равен объёму испарившейся воды.

Количество теплоты, переданное воде, можно найти из графика $P(t)$ - оно равно площади под графиком $P(t)$.

$$Q = \frac{1}{2} P_0 t = L \rho_V V_{\text{ж}}, \text{ где } L = 2,3 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}, \rho_V = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}, V_{\text{ж}} - \text{объём заготовки.}$$

Отсюда $V_{\text{ж}} = 3,26$ мл.

Система оценивания задачи:

Найдена зависимость $T(t)$ в алгебраическом виде - **2 балла**

Построен верный график $T(t)$ - **1 балл**

Указано, что объём заготовки будет равен объёму испарившейся воды - **3 балла**

Показано, что количество теплоты, переданное воде, равно площади под графиком $P(t)$ - **2 балла**

Написано уравнение теплового баланса - **1 балл**

Найден $V_{\text{ж}} = 3,26$ мл - **1 балл**

Максимальный балл за полное решение - 10 баллов

4. «Эксперимент»

Ньютон экспериментально доказал, что все тела вблизи поверхности Земли, будучи сброшенными с одной высоты, падают одновременно, то есть быстрота падения не зависит от их массы. Предложите способ, с помощью которого это можно доказать теоретически, имея при себе 2 груза разной массы и лёгкую верёвку.

Возможное решение:

Возьмём два груза, один из которых тяжелее другого, соединённых верёвкой друг с другом, и сбросим эту связку с башни.

Если мы предположим, что тяжёлые предметы действительно падают быстрее, чем лёгкие и наоборот, то лёгкий предмет должен будет замедлять падение тяжёлого.

Но поскольку рассматриваемая система в целом тяжелее, чем один тяжёлый предмет, то она должна падать быстрее него.

Таким образом мы приходим к противоречию, из которого следует, что изначальное предположение (тяжёлые предметы падают быстрее лёгких) — неверно.

Система оценивания задачи:

Сказано, что мы должны рассматривать тела не в отдельности, а связанные друг с другом верёвкой – **2 балла**

Предположено, что одни тела падают быстрее других (например, более тяжёлые быстрее, чем более лёгкие) – **4 балла**

Сравнены движение тяжёлого груза и системы «тяжёлый-верёвка-лёгкий» – **2 балла**

Путём корректного рассуждения получен верный ответ – **2 балла**

Максимальный балл за полное решение – 10 баллов