

Ключи ответов

Решение каждой задачи оценивается целым числом баллов от 0 до 10.

В исключительных случаях допускаются оценки, кратные 0,5 балла.

Проверка работ осуществляется Жюри олимпиады согласно стандартной методике оценивания решений:

Баллы	Правильность (ошибочность) решения
10	Полное верное решение
8-9	Верное решение. Имеются небольшие недочеты, в целом не влияющие на решение
6-7	Решение в целом верное, однако, содержит существенные ошибки (не физические, а математические)
4-5	Найдено решение одного из двух возможных случаев
2-3	Есть понимание физики явления, но не найдено одно из необходимых для решения уравнений, в результате полученная система уравнений не полна и невозможно найти решение
0-1	Есть отдельные уравнения, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении)
0	Решение неверное, или отсутствует

Максимальный балл за всю работу – 40.

№ 1

Две льдинки.

На рычаге массой 300г висят две льдинки. (рис. 2). К короткому плечу рычага подвешена льдинка массой 400 г.

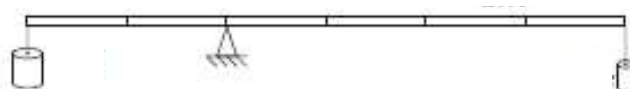


Рис. 2

- 1) Какую массу должна иметь льдинка, подвешенная к длинному плечу рычага, чтобы рычаг находился в равновесии?
- 2) Льдинки одновременно начали нагревать. Во сколько раз должны отличаться мощности подводимого к льдинкам тепла, чтобы равновесие сохранилось? Льдинки находятся при температуре плавления.

Решение:

1. Расставим силы, действующие на рычаг (рис. 3) и воспользуемся правилом моментов относительно точки опоры:

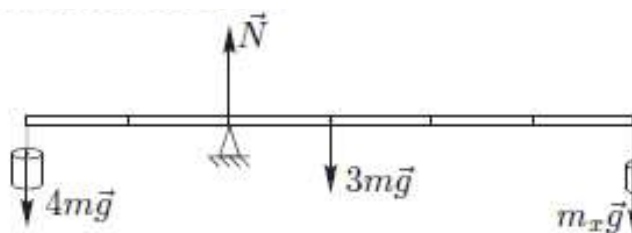


Рис. 3

$$4mg \cdot 2L = 3mgL + m_x g \cdot 4L,$$

отсюда $m_x = 5m/4$.

$m_x = 125$ г

2. Так как льдинки уже при температуре плавления, вся теплота сразу идет на плавление. Пусть за некоторое время Δt масса левой льдинка уменьшилась на Δm , а правой — на Δm_x . Тогда по правилу моментов:

$$4(m - \Delta m)g \cdot 2L = 3mgL + (m_x - \Delta m_x)g \cdot 4L.$$

Если вычесть из первого уравнения второе, получим $2\Delta m = \Delta m_x$. Изменение массы льдинки пропорционально подведённому количеству теплоты, которое пропорционально мощности нагрева. Следовательно, мощность нагрева левой льдинки должна быть в 2 раза больше.

Примерные критерии оценивания

Записано правило моментов исходной системы	3
Получен ответ для массы правой льдинки	1
Найдена связь между изменениями масс льдинок $2\Delta m = \Delta m_x$	3
Приведено доказательство пропорциональности растаявшей массы и мощности	2
Получен ответ для отношения мощностей	1

№ 2

Цилиндрический поплавок.

В герметичном сосуде сверху находится жидкость с плотностью $\rho_0 = 800 \text{ кг/м}^3$, отделенная легким подвижным поршнем от газа (рис. 1), находящегося внизу и имеющего давление $p = 20 \text{ кПа}$. В поршне есть круглое отверстие, в которое вставлен цилиндрический поплавок. В жидкость поплавок погружен на длину h , а в газ на длину $3h$. Площадь основания поплавка S . Поплавок может свободно скользить относительно поршня, а поршень относительно стенок сосуда. Жидкость нигде не подтекает. Какой должна быть плотность поплавка ρ , чтобы система могла оставаться в равновесии? ($g = 10 \text{ Н/кг}$)

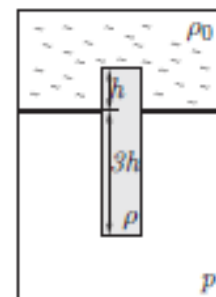


Рис. 1

Решение:

Из условия равновесия легкого поршня следует, что давление непосредственно над поршнем равно p . Тогда давление у верхнего торца поплавка

$$p_1 = p - \rho_0 g h.$$

Из условия равновесия поплавок

$$p_1 S + mg = pS,$$

получаем выражение

$$(p - \rho_0 g h)S + \rho \cdot 4hSg = pS,$$

из которого получаем ответ:

$$\rho = \rho_1 / 4 = 200 \text{ кг/м}^3.$$

Примечание. Положение равновесия, рассматриваемое в задаче — неустойчиво.

Примерные критерии оценивания

Записано условие равновесия поршня	1
Найдено давление наверху поплавка	2
Записано условие равновесия поплавка	4
Найдена плотность поплавка	2
Получен численный ответ	1

№ 3

На прогулке.

Петя договорился встретиться с Игорем в парке и на встречу взял с собой пса Шарика. Когда Петя увидел на дорожке парка Игоря, расстояние между ними было L . Он тут же отпустил Шарика, и тот со всех ног бросился к Игорю со скоростью v_0 в 3 раза превышающей скорость сближения ребят. Шарик, добежав до Игоря, некоторое время идет рядом с ним, а затем бросается к своему хозяину. Пройдясь с хозяином, пес снова бежит к его другу, и так несколько раз. За время сближения приятелей Шарик провел возле каждого из них одинаковое время. Общая длина пути, который успел пройти и пробежать пес, равна $2L$. Сколько времени Шарик бегал со скоростью v_0 , если мальчики встретились через 1 минуту 40 секунд? (Скорости мальчиков считать постоянными все время движения).

Решение:

v_1 – скорость Пети, v_2 – скорость Игоря.
 Время встречи мальчиков $T = L/(v_1 + v_2)$. $L = T \cdot (v_1 + v_2)$
 Пусть t – время, которое Шарик провел, находясь рядом с каждым мальчиком.
 Тогда вместе с Петей и Игорем Шарик прошел часть пути $L_1 = t(v_1 + v_2)$.
 Все остальное время $t_1 = T - 2t$ Шарик бегал со скоростью v_0 .
 За это время он пробежал расстояние $L_2 = (T - 2t) \cdot 3 \cdot (v_1 + v_2)$.
 По условию Шарик пробежал путь $2L = L_1 + L_2$, значит
 $2 \cdot T \cdot (v_1 + v_2) = t(v_1 + v_2) + (T - 2t) \cdot 3 \cdot (v_1 + v_2)$.
 Отсюда $t = 0,2T$, $t_1 = 0,6T = 60$ с.

Критерии оценивания:

Найдена связь между T и L	2
Найдена связь между t и L_1	2
Найдена связь между t_1 и L_2	2
Записано выражение, связывающее разные времена ($t = 0,2T$)	3
Получен численный ответ	1

№ 4

Металлические шайбы.

Теплоизолированный сосуд был до краев наполнен водой при температуре 19°C . В этот сосуд быстро, но аккуратно опустили шайбу, изготовленную из металла плотностью 2700 кг/м^3 , нагретую до температуры 99°C , и закрыли крышкой. После установления теплового равновесия температура воды в сосуде стала равна $32,2^\circ\text{C}$. Затем в точно такой же сосуд, наполненный до краев водой при температуре 19°C , опустили уже две шайбы, нагретые до температуры 99°C , и закрыли крышкой. В этом случае после установления теплового равновесия в сосуде температура воды стала $48,8^\circ\text{C}$. Чему равна удельная теплоемкость металла, из которого изготовлены шайбы? Плотность воды 1000 кг/м^3 , удельная теплоемкость воды $4200 \text{ Дж/(кг} \cdot ^\circ\text{C)}$.

Решение:

$t_0 = 19^\circ\text{C}$, $t_d = 99^\circ\text{C}$, $t_x = 32,2^\circ\text{C}$, $t_y = 48,8^\circ\text{C}$, $\rho_1 = 2700 \text{ кг/м}^3$, $\rho_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$, $c_0 = 4200 \text{ Дж/(кг}\cdot^\circ\text{C)}$.

Пусть объем сосуда равен V_0 , а объем детали, соответственно, V_1 .

Запишем уравнения теплового баланса для первого и для второго случаев:

$$c_1 \rho_1 V_1 (t_d - t_x) = c_0 \rho_0 (V_0 - V_1) (t_x - t_0),$$

$$c_1 \rho_1 \cdot 2V_1 (t_d - t_y) = c_0 \rho_0 (V_0 - 2V_1) (t_y - t_0).$$

Преобразуем эти выражения:

$$c_1 \rho_1 V_1 \frac{t_d - t_x}{t_x - t_0} + c_0 \rho_0 V_1 = c_0 V_0 \rho_0,$$

$$c_1 \rho_1 (2V_1) \frac{t_d - t_y}{t_y - t_0} + c_0 \rho_0 (2V_1) = c_0 V_0 \rho_0.$$

Из равенства правых частей уравнений следует равенство левых частей, на объем V_1 можно сократить:

$$c_1 \rho_1 \frac{t_d - t_x}{t_x - t_0} + c_0 \rho_0 = 2c_1 \rho_1 \frac{t_d - t_y}{t_y - t_0} + 2c_0 \rho_0,$$

откуда

$$c_1 = c_0 \frac{\rho_0}{\rho_1} \frac{1}{\left(\frac{t_d - t_x}{t_x - t_0} - 2 \frac{t_d - t_y}{t_y - t_0} \right)} = 919,642 \text{ Дж/(кг}\cdot^\circ\text{C)} \approx 920 \text{ Дж/(кг}\cdot^\circ\text{C)}.$$

Критерии оценивания:

Записано уравнение теплового баланса (5)	3
Записано уравнение теплового баланса (6)	3
Получено выражение для теплоёмкости c_1	3
Получен числовой ответ	1