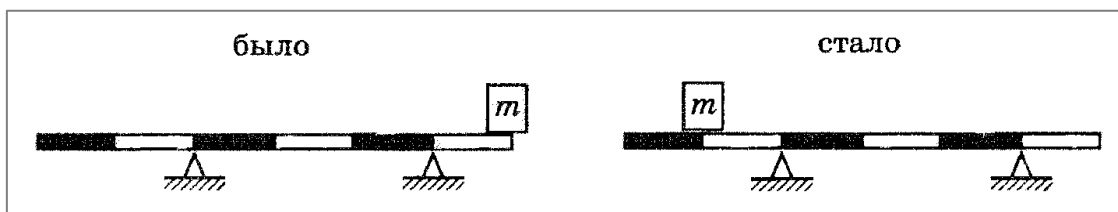


**МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЧЛЕНОВ ЖЮРИ
(КЛЮЧИ, КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ)
Максимальное количество баллов – 40 баллов**

Задание 1. (Всего за задание – 10 баллов)

Небольшой грузик, покоящийся на однородной доске, имеющей две опоры, перенесли справа налево (как показано на рисунке). При этом сила реакции одной из опор уменьшилась на $\Delta N = 12$ Н. Определите массу грузика m . Модуль ускорения свободного падения можно считать равным $g = 10$ м/с².



Возможное решение:

При переносе грузика уменьшается сила реакции правой опоры. Запишем правило моментов относительно левой опоры для начального и конечного состояния, соответственно:

$$Mg \cdot a - N_1 \cdot 3a + mg \cdot 4a = 0,$$

$$Mg \cdot a - N_2 \cdot 3a - mg \cdot a = 0,$$

где M - масса доски, N_1 - модуль силы реакции правой опоры в начальном состоянии, N_2 - модуль силы реакции правой опоры в конечном состоянии.

$$3N_1 = Mg + 4mg,$$

$$3N_2 = Mg - mg.$$

Вычитая из первого уравнения второе, получаем:

$$3\Delta N = 3mg,$$

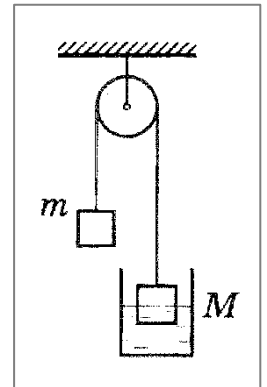
$$m = \frac{\Delta N}{g} = 1,2 \text{ кг}$$

Критерии оценивания:

Записано уравнение моментов до перенесения грузика	3 балла
Записано уравнение моментов после перенесения грузика	3 балла
Получена формула для массы грузика	3 балла
Найдено численное значение массы грузика	1 балл

Задание2. (Всего за задание – 10 баллов)

К одному концу нити, перекинутой через блок, подвешен груз массой M , изготовленный из материала плотностью ρ_1 . Груз наполовину погружен в жидкость с плотностью ρ_2 . К другому концу нити подвешен груз массой $m = 0,6 M$ (см. рисунок). Во сколько раз плотность материала ρ_1 отличается от плотности жидкости ρ_2 , если система может находиться в равновесии?



Возможное решение:

В положении равновесия силы, действующие на концы нити, должны быть равны, так как в соответствии с «золотым правилом механики» неподвижный блок не даёт выигрыша в силе.

На конец нити, к которому подвешен груз массой m , всё время действует сила

$$P = mg.$$

На второй конец нити, когда груз массой M плавает в жидкости, действует сила, равная разности сил тяжести и Архимеда, то есть

$$F = Mg - \rho_2 g \Delta V,$$

где ΔV - объём погруженной в жидкость части тела массой M . Тогда условие равновесия системы имеет вид:

$$mg = Mg - \rho_2 g \Delta V.$$

Масса груза m равна $0,6 M$, а объём погруженной в жидкость части тела массой M равен $0,5V$.

$$0,6Mg = Mg - 0,5\rho_2 gV,$$

$$0,5\rho_2 gV = Mg - 0,6Mg,$$

$$5\rho_2 V = 4M,$$

где масса груза $M = \rho_1 V$. Тогда

$$5\rho_2 V = 4\rho_1 V,$$

$$\rho_1 = 1,25\rho_2.$$

То есть плотность материала ρ_1 больше плотности жидкости ρ_2 в 1,25 раза.

Критерии оценивания:

Названа причина равенство сил, действующих на концы нити	1 балл
Записаны уравнения для сил, действующих на концы нити	2 балла
Записано уравнение условие равновесия	2балла
Выполнены преобразования с учётом соотношения масс грузов и объёма погружённой части груза массой M	2балла
Получено соотношение плотностей	2 балла
Сделан вывод о соотношении плотностей материала и жидкости	1 балл
<i>Всего за задание - 10 баллов.</i>	

Задание 3. (Всего за задание – 10 баллов)

Ученик восьмого класса Архип собирается определить удельную теплоту парообразования воды. В его распоряжении есть медный калориметр, весы, термометр и бытовой парогенератор.

Архип начинает эксперимент со взвешивания калориметра. Масса калориметра $m_k = 200$ г. В калориметр Архип набирает воду из-под крана и снова взвешивает калориметр. Масса калориметра с налитой в него водой $m_0 = 650$ г. Подождав несколько минут, Архип измеряет температуру воды в калориметре. Результат измерения: $t_0 = 20$ °С.

Включив парогенератор, Архип впрыскивает в калориметр порцию водяного пара. Будем считать, что пар имеет температуру $t_{\text{п}} = 100$ °С. Повторное взвешивание калориметра с водой дает $m_1 = 673$ г, а температура воды в калориметре теперь $t_1 = 50$ °С.

Архип впрыскивает в калориметр вторую порцию пара. Теперь масса калориметра с водой $m_2 = 686$ г, а температура воды в калориметре $t_2 = 65$ °С.

После третьего впрыскивания масса калориметра с водой $m_3 = 705$ г, температура воды в калориметре $t_3 = 85$ °С.

Какое значение удельной теплоты парообразования воды получит Архип по результатам своего эксперимента?

Справочные данные: удельная теплоемкость воды $c_v = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}}$,

удельная теплоемкость меди $c_m = 400 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}}$.

Решение:

Рассмотрим детально первое измерение.

Масса воды, находящейся в калориметре перед впрыскиванием пара:

$$m_{\text{в0}} = m_0 - m_k = 650 - 200 = 450 \text{ г} = 0,450 \text{ кг}.$$

Масса калориметра с водой после впрыскивания пара изменяется, т.к. происходит конденсация пара при его контакте с водой и калориметром. Масса сконденсировавшегося пара равна изменению массы калориметра с водой:

$$m_{п1} = m_1 - m_0 = 673 - 650 = 23 \text{ г} = 0,023 \text{ кг}.$$

Вода в калориметре нагревается, получив количество теплоты **(1 балл)**:

$$Q_{\text{нагрев.воды}} = c_v \cdot m_{v0} \cdot (t_1 - t_0) = 4200 \cdot 0,450 \cdot (50 - 20) = 56700 \text{ Дж}.$$

Калориметр нагревается, получив количество теплоты **(1 балл)**:

$$Q_{\text{нагрев.к-ра}} = c_m \cdot m_k \cdot (t_1 - t_0) = 400 \cdot 0,2 \cdot (50 - 20) = 2400 \text{ Дж}.$$

Водяной пар конденсируется, отдав количество теплоты **(1 балл)**:

$$Q_{\text{конденс.пара}} = L_1 \cdot m_{п1} = L_1 \cdot 0,023 \text{ Дж}.$$

Сконденсировавшаяся вода охлаждается, отдав количество теплоты **(1 балл)**:

$$Q_{\text{охл.воды}} = c_v \cdot m_{п1} \cdot (t_{п} - t_1) = 4200 \cdot 0,023 \cdot (100 - 50) = 4830 \text{ Дж}.$$

Уравнение теплового баланса **(2 балла)**:

$$Q_{\text{нагрев.воды}} + Q_{\text{нагрев.к-ра}} = Q_{\text{конденс.пара}} + Q_{\text{охл.воды}},$$

$$56700 + 2400 = L_1 \cdot 0,021 + 4830.$$

Тогда удельная теплота парообразования воды **(1 балл)**:

$$L_1 = \frac{56700 + 2400 - 4830}{0,023} \approx 2,36 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}.$$

Либо

Уравнение теплового баланса **(6 баллов)**:

$$c_v \cdot m_{v0} \cdot (t_1 - t_0) + c_m \cdot m_k \cdot (t_1 - t_0) = L_1 \cdot m_{п1} + c_v \cdot m_{п1} \cdot (t_{п} - t_1),$$

удельная теплота парообразования воды **(1 балл)**:

$$L_1 = \frac{c_v \cdot m_{v0} \cdot (t_1 - t_0) + c_m \cdot m_k \cdot (t_1 - t_0) - c_v \cdot m_{п1} \cdot (t_{п} - t_1)}{m_{п1}}$$

$$= \frac{4200 \cdot 0,450 \cdot (50 - 20) + 400 \cdot 0,2 \cdot (50 - 20) - 4200 \cdot 0,023 \cdot (100 - 50)}{0,023}$$

$$\approx 2,36 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}.$$

Аналогично

Второе измерение	Третье измерение
$m_{в1} = m_1 - m_k = 673 - 200 = 473 \text{ г}$ $= 0,473 \text{ кг}.$	$m_{в2} = m_2 - m_k = 686 - 200 = 486 \text{ г}$ $= 0,486 \text{ кг}.$

$m_{п2} = m_2 - m_1 = 686 - 673 = 13 \text{ г}$ $= 0,013 \text{ кг.}$ $Q_{\text{нагрев.воды}} = c_v \cdot m_{в1} \cdot (t_2 - t_1)$ $= 4200 \cdot 0,473 \cdot (65 - 50)$ $= 29799 \text{ Дж.}$ $Q_{\text{нагрев.к-ра}} = c_m \cdot m_k \cdot (t_2 - t_1)$ $= 400 \cdot 0,2 \cdot (65 - 50)$ $= 1200 \text{ Дж.}$ $Q_{\text{конденс.пара}} = L_2 \cdot m_{п2} = L_2 \cdot 0,013 \text{ Дж.}$ $Q_{\text{охл.воды}} = c_v \cdot m_{п2} \cdot (t_{п} - t_2)$ $= 4200 \cdot 0,013 \cdot (100 - 65)$ $= 1911 \text{ Дж.}$ $L_1 = \frac{29799 + 1200 - 1911}{0,013}$ $\approx 2,24 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг.}}$ (1 балл)	$m_{п3} = m_3 - m_2 = 705 - 686 = 19 \text{ г}$ $= 0,019 \text{ кг.}$ $Q_{\text{нагрев.воды}} = c_v \cdot m_{в2} \cdot (t_3 - t_2)$ $= 4200 \cdot 0,486 \cdot (85 - 65)$ $= 40824 \text{ Дж.}$ $Q_{\text{нагрев.к-ра}} = c_m \cdot m_k \cdot (t_3 - t_2)$ $= 400 \cdot 0,2 \cdot (85 - 65)$ $= 1600 \text{ Дж.}$ $Q_{\text{конденс.пара}} = L_3 \cdot m_{п3} = L_2 \cdot 0,019 \text{ Дж.}$ $Q_{\text{охл.воды}} = c_v \cdot m_{п3} \cdot (t_{п} - t_3)$ $= 4200 \cdot 0,019 \cdot (100 - 85)$ $= 1197 \text{ Дж.}$ $L_1 = \frac{40824 + 1600 - 1197}{0,019}$ $\approx 2,17 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг.}}$ (1 балл)
---	---

Среднее значение удельной теплоты парообразования воды **(1 балл)**:

$$L_{\text{ср}} = \frac{L_1 + L_2 + L_3}{3} = \frac{(2,36 + 2,24 + 2,17) \cdot 10^6}{3} \approx 2,26 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг.}}$$

Задание 4. (Всего за задание – 10 баллов)

Ученицы восьмого класса Маша и Наташа пришли на урок физкультуры. Тема занятия – бадминтон.

Девочки взяли ракетки и воланчик и встали друг напротив друга у длинных стен спортзала. По свистку учителя Маша и Наташа начинают перекидываться воланчиком, двигаясь одновременно навстречу друг другу. Скорость движения Маши $v_M = 3,6$ км/ч, а скорость движения Наташи $v_H = 1,8$ км/ч. Скорость полета воланчика $v_B = 54$ км/ч. Когда расстояние между играющими сокращается до трех метров, учитель дает повторный свисток – сигнал к окончанию игры.

Какое расстояние пролетел воланчик за время выполнения упражнения?

Временем удара воланчика о ракетку можно пренебречь. Считать полет воланчика горизонтальным. Размер стандартного школьного спортзала 24×12 метров.

Решение:

Если девочки встали друг напротив друга у длинных стен спортзала, то начальное расстояние между ними равно его короткой стороне: $l_1 = 12$ м (**2 балла**). Конечное расстояние по условию задачи $l_2 = 3$ м. Маша и Наташа движутся навстречу друг другу, то есть по прямой, а значит, пройденное ими расстояние будет равно (**2 балла**):

$$\Delta l = l_1 - l_2 = 12 - 3 = 9 \text{ м.}$$

Относительная скорость их движения (**2 балла**):

$$v = v_M + v_H = 3,6 + 1,8 = 5,4 \text{ км/ч} = 1,5 \text{ м/с.}$$

Тогда время движения составит (**2 балла**):

$$t = \frac{\Delta l}{v} = \frac{9 \text{ м}}{1,5 \text{ м/с}} = 6 \text{ с.}$$

Скорость полета воланчика $v_B = 54$ км/ч = 15 м/с. Все время движения девочек воланчик также находился в полете (если пренебречь временем ударов о ракетки). Тогда он пролетит расстояние (**2 балла**):

$$S = v_B \cdot t = 15 \cdot 6 = 90 \text{ м.}$$