

10 класс

Задача 10.1. Вверх!

Мальчик Паша, находящийся в движущемся равноускоренно вверх лифте, оказывает давление на пол кабины, равное 12,3 кПа. Найдите ускорение кабины, если масса мальчика равна 54 кг, а общая площадь подошв его обуви — 500 см². Ускорение свободного падения принять равным 9,8 м/с².

Ответ: 1,6 м/с².

Решение: Пусть лифт движется вверх с ускорением a . Тогда вес мальчика массы m , с учётом перегрузки, равен $P = m(g + a)$. Давление мальчика вычисляется по формуле

$$p = \frac{P}{S} = \frac{m(g + a)}{S},$$

где S — площадь подошв его обуви. Выражаем отсюда ускорение лифта

$$a = \frac{pS}{m} - g = \frac{12300 \text{ Па} \cdot 0,05 \text{ м}^2}{54 \text{ кг}} - 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \approx 1,6 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

Критерии:

Найдено выражение для веса мальчика	4 балла
Найдено выражение для давления мальчика	2 балла
Найдено ускорение лифта	4 балла

Задача 10.2. Космические эксперименты.

Космонавты, изучающие поверхность Европы (спутника Юпитера), в свободное от основной работы время провели следующий опыт. Они подбросили вертикально вверх камень и обнаружили, что в точке, расположенной на расстоянии 1,95 м от точки бросания, камень побывал дважды: через 1 с и через 3 с после броска. Определите ускорение свободного падения на Европе. Атмосфера у Европы практически отсутствует.

Ответ: 1,3 м/с².

Решение: Пусть v_0 — начальная скорость камня, g — ускорение свободного падения на Европе. Так как камень побывал на высоте 1,95 м через 1 с и через 3 с, получаем

$$1,95 \text{ м} = v_0 \cdot 1 \text{ с} - \frac{g(1 \text{ с})^2}{2},$$

$$1,95 \text{ м} = v_0 \cdot 3 \text{ с} - \frac{g(3 \text{ с})^2}{2}.$$

Исключая отсюда v_0 , находим значение ускорения свободного падения

$$\frac{g(3 \text{ с})^2}{2} - 3 \cdot \frac{g(1 \text{ с})^2}{2} = 3,9 \text{ м} \Rightarrow g = 1,3 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

Критерии:

Записано условие $1,95 \text{ м} = v_0 \cdot 1 \text{ с} - g(1 \text{ с})^2/2$	3 балла
Записано условие $1,95 \text{ м} = v_0 \cdot 3 \text{ с} - g(3 \text{ с})^2/2$	3 балла
Найдено значение g	4 балла

Задача 10.3. Умелые руки.

Мальчик Паша решил собрать электроплитку своими руками. Для изготовления спирали нагревательного элемента мощностью 400 Вт Паша взял моток нихромовой проволоки. Кусок какой длины необходимо мальчику отрезать от мотка, если площадь поперечного сечения проволоки равна 0,2 мм², а напряжение в сети — 220 В? Удельное сопротивление нихрома равно 1,1 Ом · мм²/м.

Ответ: 22 м.

Решение: Сопротивление проволоки запишем в виде $R = \rho L/S$, где L — длина проволоки, S — площадь её поперечного сечения, ρ — удельное сопротивление нихрома. Тогда мощность, выделяющаяся в проводнике, равна

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{U^2 S}{\rho L}.$$

Отсюда получаем, что длина проводника равна

$$L = \frac{U^2 S}{\rho P} = \frac{(220 \text{ В})^2 \cdot 0,2 \text{ мм}^2}{1,1 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м} \cdot 400 \text{ Вт}} = 22 \text{ м}.$$

Критерии:

Формула $R = \rho L/S$	3 балла
Формула $P = U^2/R$	3 балла
Найдена длина проволоки	4 балла

Задача 10.4. Больше льда!

В калориметр, в котором находится вода массой 1,5 кг при температуре 5 °С, поместили кусок очень холодного льда массой 800 г. Когда установилось тепловое равновесие, оказалось, что масса льда увеличилась до 821 г. Определите начальную температуру льда. Удельная теплоёмкость воды равна 4200 Дж/(кг · °С), удельная теплоёмкость льда — 2100 Дж/(кг · °С), удельная теплота плавления льда — 340 кДж/кг. Теплоёмкостью калориметра и тепловыми потерями пренебречь. Вода из калориметра не выливается.

Ответ: –23 °С.

Решение: Согласно условию, масса льда в калориметре увеличилась на 21 г. Это значит, что вся вода, находящаяся в сосуде, охладилась до 0 °С, а затем часть её (21 г) ещё превратилась в лёд. Температура, установившаяся в калориметре, равна 0 °С. Пусть t — начальная температура льда ($t < 0$). Запишем уравнение теплового баланса:

$$c_{\text{в}} \cdot 1,5 \text{ кг} \cdot (5 \text{ °С} - 0 \text{ °С}) + \lambda \cdot 0,021 \text{ кг} = c_{\text{л}} \cdot 0,8 \text{ кг} \cdot (0 \text{ °С} - t)$$

и найдём из него температуру льда:

$$t = -\frac{c_{\text{в}} \cdot 1,5 \text{ кг} \cdot 5 \text{ °С} + \lambda \cdot 0,021 \text{ кг}}{c_{\text{л}} \cdot 0,8 \text{ кг}} = -\frac{31500 \text{ Дж} + 7140 \text{ Дж}}{2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}} \cdot 0,8 \text{ кг}} = -23 \text{ °С}.$$

Критерии:

Указано, что установившаяся температура равна 0 °С	2 балла
Уравнение теплового баланса	4 балла
Найдена температура льда	4 балла

Задача 10.5. Равновесие на блоках.

Рычаг подвешен к системе блоков так, что точки подвеса делят его на отрезки $a = 30$ см, $b = 20$ см и $c = 10$ см (см. рис. 10.1). Какова масса первого груза m_1 , если масса второго $m_2 = 2,2$ кг, и система находится в равновесии? Массой рычага, блоков и нитей пренебречь. Трение в системе отсутствует.

Ответ: 1,4 кг.

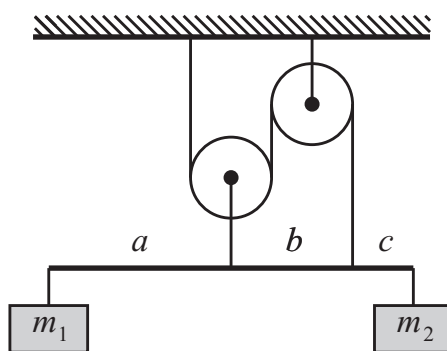


Рис. 10.1.

Решение: На рычаг действуют четыре силы (см. рис. 10.2): веса обоих грузов ($F_1 = m_1g$ и $F_2 = m_2g$) и силы натяжения нитей T_1 и T_2 . Так как левый блок подвижный, то $T_1 = 2T_2$. Рычаг находится в равновесии, поэтому

$$(m_1 + m_2)g = T_1 + T_2 = 3T_2 \Rightarrow T_2 = \frac{1}{3}(m_1 + m_2)g.$$

Запишем теперь правило моментов относительно точки подвеса левой нити

$$m_1ga + T_2b = m_2g(b + c) \Rightarrow 3m_1a + (m_1 + m_2)b = 3m_2(b + c) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m_1 = m_2 \cdot \frac{2b + 3c}{3a + b} = \frac{7m_2}{11} = 1,4 \text{ кг.}$$

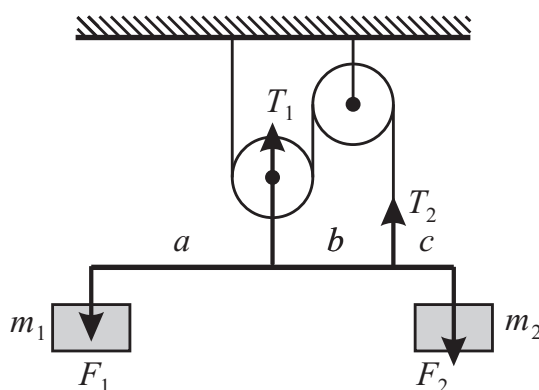


Рис. 10.2.

Критерии:

Найдена связь между T_1 и T_2	2 балла
Записано условие равенства сил	2 балла
Записано правило моментов	3 балла
Найдено значение m_1	3 балла

Максимально возможный балл в 10 классе 50