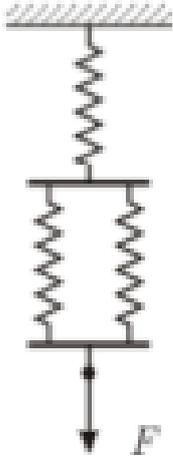


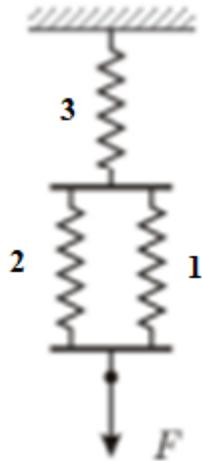
1. «Соединение жгутов»

Пружины, жёсткость каждой из которых $k = 10 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$, соединены как показано на рисунке. С какой силой F нужно растягивать систему, чтобы точка приложения силы опустилась на $\Delta x = 10$ см? Пружины и стержни считать невесомыми.



Возможное решение:

1. Из условия равновесия пружин следует, что на пружину 1 и 2 будет действовать одинаковая деформирующая сила $\frac{F}{2}$, равная силе упругости в каждой из пружин. А на пружину 3 будет действовать деформирующая сила F , равная силе упругости, возникающей в третьей пружине.



2. Из п.1 следует, что $\frac{F}{2} = k\Delta x_1 = k\Delta x_2, F = k\Delta x_3$.
3. $\Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_3 = \frac{3}{2}\Delta x_3 = \frac{3F}{2k}$.
4. Из п.3 следует, что $F = \frac{2}{3}k\Delta x = 0,7 \text{ Н}$.

Система оценивания задачи:

Показано распределение сил по пружинам – **3 балла**

Получено уравнение $\Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_3$ – **3 балла**

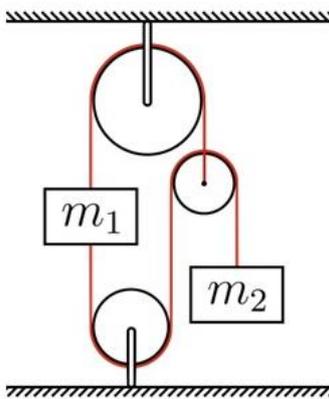
Получена формула для расчёта силы F – **2 балла**

Получено значение силы F – **2 балла**

Максимальный балл за полное решение – 10 баллов

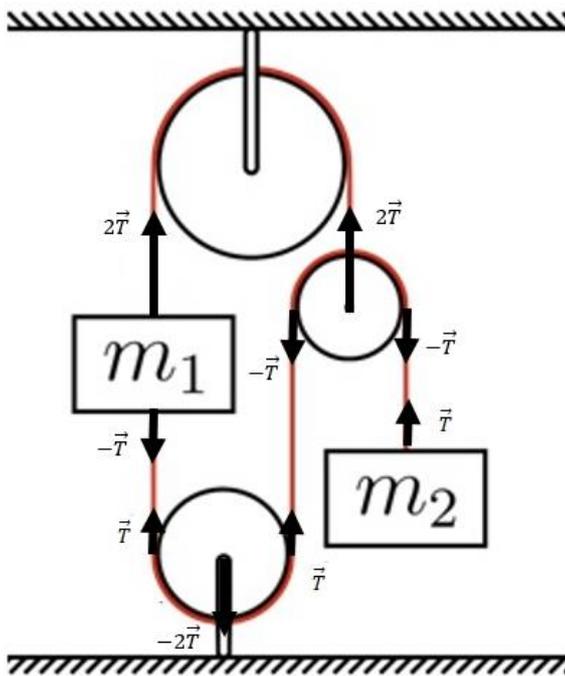
2. «Блоки»

На данной системе блоков имеются грузы массами m_1 и m_2 . При каком соотношении их масс система будет находиться в равновесии? Нити и блоки невесомы, нити нерастяжимы, трения в осях блоков нет. Чему равна сила, действующая со стороны подвеса на верхний блок, если масса m_2 известна, а масса m_1 неизвестна? Куда направлена сила, действующая со стороны опоры на нижний блок?

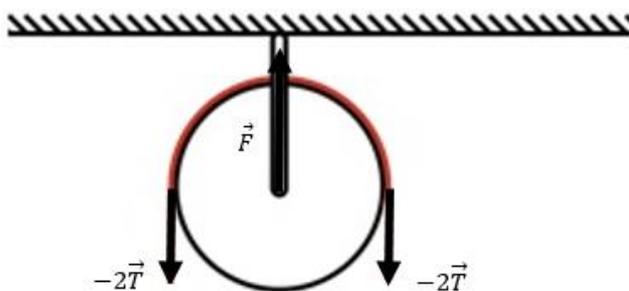


Возможное решение:

1. Нить блока можно считать идеальной \Rightarrow длина нити неизменна.
2. Силы, действующие в нитях из-за невесомости блоков и отсутствия трения в осях можно расписать так:



Отдельно для верхнего блока:



3. Условие равновесия системы – равновесие грузов.
4. Первый груз в равновесии, если все силы, действующие на него, в сумме дают 0:

$$2T - T + m_1g = 0$$
5. Аналогично для второго груза:

$$T - m_2 g = 0$$

6. Тогда получается, что если $m_1 = m_2$, то система будет находиться в равновесии.
7. Условие равновесия для верхнего блока: $F - 4T = 0$
8. Из пункта 5 следует, что $T = m_2 g \Rightarrow F = 4m_2 g$.
9. Для нижнего блока аналогично из условия равновесия следует, что сила со стороны опоры действует вниз.

Система оценивания задачи:

Верно обозначены силы, возникающие в нитях, и действующие на блоки и тела m_1 и m_2 – **2 балла**

Верно записано условие равновесия для груза m_1 – **1 балл**

Верно записано условие равновесия для груза m_2 – **1 балл**

Получено, что равновесие системы будет тогда, когда $m_1 = m_2$ – **2 балла**

Верно записано условие равновесие верхнего блока – **1 балл**

Найдена сила натяжения нижней нити – **1 балл**

Рассчитана сила, действующая на верхний блок со стороны подвеса – **1 балл**

Показано, куда действует сила на нижний блок со стороны опоры – **1 балл**

Максимальный балл за полное решение – 10 баллов

3. «Что в сосуде?»

В теплоизолированный сосуд, в котором находится 300 г льда при температуре -10°C , налили 50 г жидкого олова при температуре 232°C . Какая конечная температура установится в сосуде? Удельная теплоёмкость льда $c_{\text{л}} = 2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$, удельная теплоёмкость воды $c_{\text{в}} = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$, удельная теплоёмкость олова $c_{\text{о}} = 230 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$, удельная теплота плавления льда $\lambda_{\text{л}} = 330000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$, удельная теплота плавления олова $\lambda_{\text{о}} = 59000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$, температура плавления льда равна 0°C , температура плавления олова равна 232°C .

Возможное решение:

1. Решим задачу методом проб: оценим количество теплоты, требующееся или выделяющееся в различных процессах.
2. При кристаллизации жидкого олова выделяется $Q_{\text{о}} = m_{\text{о}}\lambda_{\text{о}} = 2950$ Дж
3. На нагревание льда до температуры его плавления необходимо $Q_{\text{л}} = m_{\text{л}}c_{\text{л}}(t_{\text{л}} - t_{\text{л0}}) = 6300$ Дж \Rightarrow когда олово полностью кристаллизуется, лёд ещё не нагреется до температуры плавления.
4. Количество теплоты, которое выделится при охлаждении олова до температуры плавления льда равно $Q_{\text{о1}} = m_{\text{о}}c_{\text{о}}(t_{\text{о}} - t_{\text{л}}) = 2668$ Дж.
5. $Q_{\text{о1}} + Q_{\text{о}} < Q_{\text{л}} \Rightarrow$ лёд не нагреется до температуры своего плавления, а значит, уравнение теплового баланса будет выглядеть так:
 $-m_{\text{о}}\lambda_{\text{о}} + m_{\text{о}}c_{\text{о}}(t - t_{\text{о}}) + m_{\text{л}}c_{\text{л}}(t - t_{\text{л0}}) = 0$, где t – конечная температура смеси.
6. Из пункта 5 следует, что температура смеси после установления теплового баланса равна $t = \frac{m_{\text{о}}\lambda_{\text{о}} + m_{\text{о}}c_{\text{о}}t_{\text{о}} + m_{\text{л}}c_{\text{л}}t_{\text{л0}}}{m_{\text{о}}c_{\text{о}} + m_{\text{л}}c_{\text{л}}} = -1^\circ\text{C}$.

Система оценивания задачи:

Рассчитано количество теплоты, выделяемое оловом при кристаллизации – **2 балла**

Рассчитано количество теплоты, необходимое для нагревания льда до 0°C – **2 балла**

Рассчитано количество теплоты, выделяющееся при охлаждении олова до 0°C – **2 балла**

Сделан вывод, что лёд не нагреется до 0°C – **1 балл**

Написано верно уравнение теплового баланса для данной системы тел – **1 балл**

Верно найдена конечная температура смеси – **2 балла**

Максимальный балл за полное решение – 10 баллов

4. «Просто добавь фундука»

Коля взял две плитки горького шоколада массой по $m_1 = 100$ г и $m_2 = 40$ г соответственно и расплавил. Одну плитку он вылил в кубическую форму, а вторую вылил в шарообразную форму и положил туда несколько ядер фундука. Найдите плотность шоколада, если массы обеих шоколадок, в итоге, стали равны $m_1 = 100$ г и $m'_2 = 44$ г, а формы оказались заполнены полностью. Ребро кубической формы и диаметр шарообразной формы одинаковы. Объём шара равен $V = \frac{4}{3}\pi R^3$, где R – радиус шара. Плотность фундука равна $\rho_\phi = 0,4 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$.

Возможное решение:

1. $m_1 = \rho a^3$, $m_2 = \rho V_2$ где a – ребро кубической формы и диаметр шарообразной формы.
2. Масса смеси в шарообразно форме равна $m'_2 = Nm_\phi + m_2 \Rightarrow N = \frac{m'_2 - m_2}{m_\phi} = \frac{m'_2 - m_2}{\rho_\phi V_\phi}$, где V_ϕ – объём одного ядра фундука, m_ϕ – масса одного ядра фундука, N – количество ядер фундука, которое положил Коля.
3. Объём смеси в шарообразной форме равен сумме объёма ядер фундука и шоколада: $NV_\phi + V_2 = \frac{4}{3} \frac{\pi a^3}{8} \Rightarrow N = \frac{\frac{4\pi a^3}{3 \cdot 8} V_2}{V_\phi} = \frac{\frac{4\pi a^3}{3 \cdot 8} m_2}{V_\phi}$
4. Из пункта 2 и 3 следует, что $\frac{m'_2 - m_2}{\rho_\phi V_\phi} = \frac{\frac{4\pi a^3}{3 \cdot 8} m_2}{V_\phi} \Rightarrow \frac{m'_2 - m_2}{\rho_\phi} = \frac{4}{3} \frac{\pi a^3}{8} - \frac{m_2}{\rho}$
5. Из пункта 4 следует, что плотность шоколада равна $\rho = \rho_\phi \frac{\frac{4}{3} \frac{\pi a^3}{8} - m_2}{m'_2 - m_2} = 1,23 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$

Система оценивания задачи:

Написано уравнение для нахождения массы смеси из п 2 – **3 балла**

Написано уравнение для нахождения объёма смеси из п 3 – **3 балла**

Получено конечное выражение для расчёта плотности шоколада из п 5 – **3 балла**

Правильно рассчитана плотность шоколада – **1 балл**

Максимальный балл за полное решение – 10 баллов