

Решения и критерии оценивания

Задача 1

Система из подвижного и неподвижного блоков и двух грузов, показанная на рис. 1, находится в равновесии. Масса левого груза $m_1 = 3$ кг, масса каждого из блоков равна $m = 1$ кг, массой нитей можно пренебречь. Найдите массу m_2 правого груза. Трения нет.

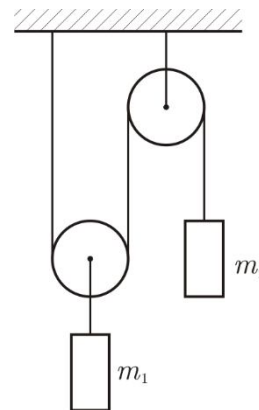


Рис. 1

Решение

Пусть T – сила натяжения нити, проходящей через блоки (поскольку нить невесома и система находится в равновесии, то в каждой точке нити сила натяжения постоянна). На правый груз действует сила тяжести m_2g , направленная вниз, и сила натяжения T , направленная вверх. Поскольку груз находится в равновесии, то

$$T = m_2g.$$

На подвижный блок действуют две силы натяжения нити, направленные вверх, сила тяжести mg , направленная вниз, и сила натяжения нити, держащей левый груз, равная по величине силе тяжести груза m_1g и направленная вниз. Поскольку блок неподвижен,

$$2T = mg + m_1g,$$

откуда $T = (m + m_1)g / 2$, а учитывая предыдущее уравнение для T ,

$$m_2 = \frac{m + m_1}{2} = 2 \text{ кг}.$$

Критерии оценивания

Записано условие равновесия правого груза.....	2 балла
Записано условие равновесия подвижного блока	5 баллов
Получен ответ.....	3 балла

За каждое верно выполненное действие баллы складываются.

При арифметической ошибке (в том числе ошибке при переводе единиц измерения) оценка снижается на 1 балл.

Максимум за задание – 10 баллов.

Задача 2

В калориметр налито 100 г воды, имеющей температуру 20,0 °С. В калориметр помещают металлическое тело массой 40,0 г, нагретое до температуры 100,0 °С. После установления теплового равновесия температура в калориметре стала равна 23,2 °С. Найдите удельную теплоёмкость металла, из которого изготовлено тело. Удельная теплоёмкость воды 4,19 кДж/(кг · °С), теплоёмкость калориметра 35,2 Дж/°С, потерями теплоты в окружающую среду можно пренебречь.

Примечание: теплоёмкостью тела называется количество теплоты, которое нужно сообщить этому телу для того, чтобы его температура увеличилась на 1 °С.

Решение

Обозначим теплоёмкость металлического тела c и запишем уравнение теплового баланса:

$$\left(4,19 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}} \cdot 0,1 \text{ кг} + 35,2 \frac{\text{Дж}}{^\circ\text{С}}\right)(23,2 ^\circ\text{С} - 20,0 ^\circ\text{С}) = c(100,0 ^\circ\text{С} - 23,2 ^\circ\text{С}),$$

откуда $c = 18,925 \text{ Дж/} ^\circ\text{С}$. Значит, искомая удельная теплоёмкость равна

$$\frac{18,925 \frac{\text{Дж}}{^\circ\text{С}}}{40,0 \text{ г}} \approx 0,47 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}}.$$

Критерии оценивания

Учёт теплоёмкости калориметра.....	2 балла
(далее за пренебрежение теплоёмкостью калориметра баллы не снимаются)	
Записано уравнение теплового баланса.....	3 балла
Найдена теплоёмкость тела.....	2 балла
Получен ответ.....	3 балла

За каждое верно выполненное действие баллы складываются.

При арифметической ошибке (в том числе ошибке при переводе единиц измерения) оценка снижается на 1 балл.

Максимум за задание – 10 баллов.

Задача 3

В кружке находится смесь воды и льда. После того как содержимое кружки 2 минуты нагревали кипятильником, в ней оказалось 300 мл воды при температуре 30 °С. Кипятильник работает от сети напряжением 220 В, и его сопротивление равно 95 Ом. Найдите массу льда в кружке до начала нагревания. Плотность воды 1,0 г/см³, её удельная теплоёмкость 4,2 кДж/(кг·°С), удельная теплота кристаллизации 0,33 МДж/кг. Потерями теплоты в окружающую среду и на нагревание кружки можно пренебречь.

Решение

Найдём количество теплоты, переданное смеси кипятильником:

$$Q = \frac{(220 \text{ В})^2}{95 \text{ Ом}} \cdot 120 \text{ с} \approx 61,1 \text{ кДж}.$$

Пусть m – искомая масса льда в кружке, а $m_0 = 1,0 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \cdot 300 \text{ см}^3 = 300 \text{ г}$ – конечная масса смеси. Запишем уравнение теплового баланса:

$$0,33 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}} \cdot m + 4,2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}} \cdot 30 ^\circ\text{С} \cdot m_0 = Q,$$

откуда $m \approx 70,6 \text{ г}$.

Критерии оценивания

Записано выражение для мощности кипятильника	2 балла
Записано выражение для работы кипятильника (количества выделившейся теплоты)	2 балла
Записано уравнение теплового баланса	2 балла
Получен ответ	4 балла

За каждое верно выполненное действие баллы складываются.

При арифметической ошибке (в том числе ошибке при переводе единиц измерения) оценка снижается на 1 балл.

Максимум за задание – 10 баллов.

Задача 4

На рис. 2 изображена схема электрической цепи, состоящей из омметра, резистора и реостата. Сопротивление резистора $R_1 = 5 \text{ Ом}$, а полное сопротивление реостата равно $R_0 = 20 \text{ Ом}$. Положение движка реостата подбирают так, чтобы показания омметра были максимальны. Найдите, что при этом показывает омметр.

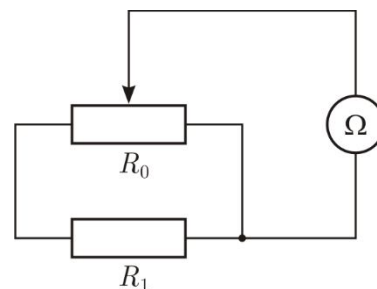


Рис. 2

Решение

По условию, сопротивление левой и правой частей реостата одинаково, значит, каждое из них равно $\frac{R_0}{2} = 10 \text{ Ом}$. Эквивалентная схема цепи показана на рис. 2а. Сопротивление, измеряемое омметром, равно

$$R = \left(\frac{1}{R_0/2} + \frac{1}{R_0/2 + R_1} \right)^{-1} = \frac{\frac{R_0}{2} \left(\frac{R_0}{2} + R_1 \right)}{R_0 + R_1} = 6 \text{ Ом}.$$

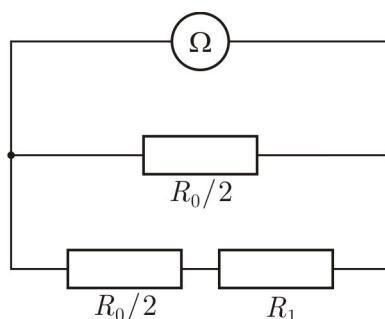


Рис. 2а

Критерии оценивания

Найдено сопротивление левой и правой частей реостата.....	1 балл
Приведена эквивалентная схема	2 балла
Использованы правила расчёта сопротивления при последовательном и параллельном соединении	3 балла
Получен ответ.....	4 балла

За каждое верно выполненное действие баллы складываются.

При арифметической ошибке (в том числе ошибке при переводе единиц измерения) оценка снижается на 1 балл.

Максимум за задание – 10 баллов.

Задача 5

К концам лёгкого рычага, находящегося в равновесии, подвешены грузы: к левому концу подвешено два груза, а к правому три (рис. 3). Затем к левому и правому концам рычага подвесили ещё по одному грузу, а точку подвеса рычага переместили на 1 см, после чего рычаг вновь оказался в равновесии. Какова длина рычага? Все грузы одинаковые.

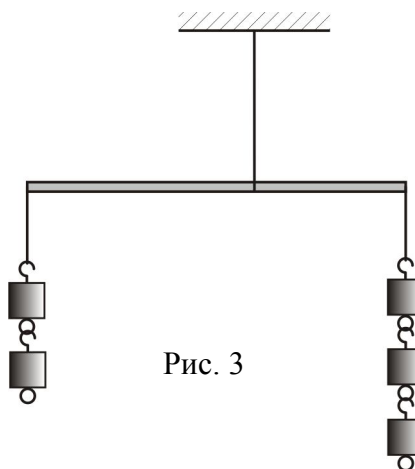


Рис. 3

Решение

Пусть масса одного груза равна m , а длина рычага l . По правилу рычага в первом случае левое плечо рычага относится к правому как $3:2$. Значит, в первом случае длина левого плеча равна $\frac{3}{5}l$ (при этом длина правого плеча равна $\frac{2}{5}l$). Во втором случае левое плечо относится к правому как $4:3$. Значит, после перемещения точки подвеса длина левого плеча равна $\frac{4}{7}l$ (а правого $\frac{3}{7}l$). Расстояние, на которое переместили точку подвеса рычага, равно

$$\frac{3}{5}l - \frac{4}{7}l = \frac{1}{35}l = 1 \text{ см, откуда } l = 35 \text{ см.}$$

Критерии оценивания

Записано правило рычага для первого случая.....	1 балл
Длина левого (или правого) плеча выражена через общую длину рычага в первом случае.....	2 балла
Записано правило рычага для второго случая.....	1 балл
Длина левого (или правого) плеча выражена через общую длину рычага во втором случае	2 балла
Смещение точки подвеса выражено через общую длину рычага	2 балла
Получен ответ.....	2 балла

За каждое верно выполненное действие баллы складываются.

При арифметической ошибке (в том числе ошибке при переводе единиц измерения) оценка снижается на 1 балл.

Максимум за задание – 10 баллов.

Всего за работу – 50 баллов.