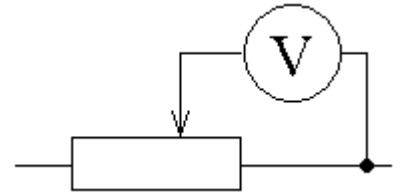


9 класс

Задача №1

Мальчик Петя решил измерить сопротивление вольтметра. Для этого он подключил его к реостату сопротивлением 1200 Ом, как показано на рисунке. Длина левой части реостата в 2 раза больше правой. Вольтметр показывает напряжение 8 В. Затем он переместил ползунок реостата в крайнее левое положение. В этом случае показания вольтметра равны 28 В. Какое сопротивление вольтметра получил Петя?



Возможное решение

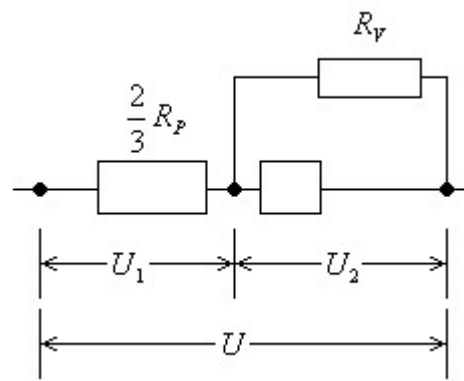
$$U = U_1 + U_2 \Rightarrow U_1 = 20B$$

$$I = \frac{3U_1}{2R_p}$$

$$I = \frac{U_2(3R_v + R_p)}{R_v R_p}$$

$$\frac{3U_1}{2R_p} = \frac{U_2(3R_v + R_p)}{R_v R_p}$$

$$R_v = \frac{2U_2 R_p}{3U_1 - 6U_2} = 1600 \text{ Ом}$$



Критерии оценивания

Рассчитано напряжение на левой части реостата	1 балл
Найдена сила тока через левую часть реостата	1 балл
Записано выражение общего сопротивления вольтметра и правой части реостата	2 балла
Записано выражение для силы тока через параллельно соединенные вольтметр и правую часть реостата	1 балл
Приравнены силы тока в левой и правой частях цепи	1 балл
Получено выражение для сопротивления вольтметра	3 балла
Рассчитано сопротивление вольтметра	1 балл

Задача №2

Незнайка с друзьями решили покататься на воздушном шаре. Шар начал подниматься с поверхности земли вертикально вверх с ускорением 2 м/с^2 .

Через 5 секунд он случайно уронил шляпу. Через какое время после падения шляпа окажется на земле? Сопротивлением воздуха при падении шляпы пренебречь.

Возможное решение

Уравнения для координаты движения шляпы в проекциях на ось OY имеют вид:

$$y = h + V_{0y}t_{ш} - \frac{gt_{ш}^2}{2}$$

Уравнения для координаты и скорости движения воздушного шара в проекциях на ось OY с учетом начальных условий имеют вид:

$$h = \frac{at_{вш}^2}{2}$$

$$V_y = at_{вш}$$

и что соответствует началу падения шляпы $V_{0y} = V_y$.

Подставим в уравнение для координаты движения шляпы, получим

$$y = \frac{at_{вш}^2}{2} + at_{вш}t_{ш} - \frac{gt_{ш}^2}{2}$$

Для момента падения шляпы на землю имеем $y = 0$:

$$0 = \frac{at_{вш}^2}{2} + at_{вш}t_{ш} - \frac{gt_{ш}^2}{2}$$

Решив квадратное уравнение, получим

$$t_{ш} = 3,45c$$

Критерии оценивания

Записано уравнение для координаты воздушного шара	1 балл
Записано уравнение для скорости шара	1 балл
Записано уравнение для координаты шляпы	2 баллы
Записано, что начальная скорость шляпы равна скорости шара в момент ее выпадения	1 балл
Указана координата шляпы в момент ее падения на землю	1 балл
Получено квадратное уравнение для движения шляпы	2 балла
Решено квадратное уравнение и найдено время движения шляпы	2 балла

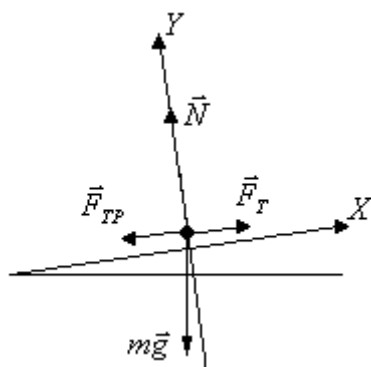
Задача №3

Тепловоз массой 6 тонн начинает двигаться в гору с ускорением и за 40 секунд проходит 200 м. КПД двигателя 20%. Уклон горы (отношение высоты горы к ее длине составляет 0,025. Коэффициент трения 0,02. Сколько литров

дизельного топлива было потрачено на этот подъем? Плотность топлива 850 кг/м^3 , удельная теплота сгорания 42 МДж/кг .

Возможное решение

Уравнения динамики в проекциях на оси координат имеют вид:



Ось X : $F_T - F_{TP} - mg \sin \alpha = ma$

Ось Y : $N - mg \cos \alpha = 0$

С учетом $F_{TP} = \mu N$ и уравнений кинематики

$l = \frac{at^2}{2}$, $a = \frac{2l}{t^2}$ получим

$F_T = \frac{2ml}{t^2} + \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha$

так как $\sin \alpha = \frac{h}{l} = 0,025$, что много меньше 1, то

$\cos \alpha \approx 1$

С одной стороны работа силы тяги $A = F_T l$, с другой стороны $A = \eta Q$, где $Q = qm = q\rho V$

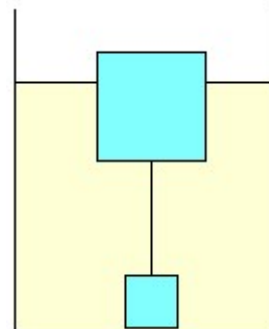
$V = \frac{F_T l}{\eta q \rho} = 0,13 \text{ л}$

Критерии оценивания

Сделан рисунок с указанием действующих на тепловоз сил	2 балла
Записан второй закон Ньютона в векторном виде и в проекциях на оси координат	2 балла
Найдено выражение для силы тяги двигателя	2 балла
Записано выражение для КПД двигателя	1 балл
Записано выражение для количества теплоты, выделившегося при сгорании топлива	1 балл
Получено выражение для объема топлива	1 балл
Посчитано значение объема топлива	1 балл

Задача №4

Два кубика, связанные натянутой нитью, находятся в воде (см. рисунок). Верхний кубик со стороной $a = 10 \text{ см}$ плавает, погрузившись в воду на три четверти своего объёма. Нижний кубик касается дна (вода под него подтекает). Сторона нижнего кубика равна $a/2$, а его плотность в 2 раза больше, чем у верхнего. Определите,



при каких значениях плотности материала верхнего кубика возможно такое состояние системы. Плотность воды $\rho_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$, ускорение свободного падения принять равным $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Возможное решение

Пусть объём нижнего кубика V , тогда объём верхнего $8V$, и в воду погружена его часть объёмом $6V$.

При малой плотности верхнего кубика система отрывается от дна и нарушается условие сохранения контакта нижнего кубика с дном. Минимально возможное значение плотности ρ_1 верхнего кубика соответствует обращению в ноль силы реакции опоры, действующей на нижний кубик ($N = 0$). Из условия равновесия для всей системы в этом случае следует: $\rho_0 g \cdot 6V + \rho_0 g V = \rho_1 g \cdot 8V + 2\rho_1 g V$.

$$\text{Отсюда } \rho_1 = (7/10) \cdot \rho_0 = 700 \text{ кг/м}^3$$

При максимально возможной плотности верхнего кубика ρ_2 он плавает при объёме погружённой части $6V$, не натягивая нить ($T = 0$). Условие плавания верхнего кубика в этом случае имеет вид: $\rho_0 g \cdot 6V = \rho_2 g \cdot 8V$,

$$\text{откуда } \rho_2 = 3/4 \rho_0 = 750 \text{ кг/м}^3$$

Окончательно, чтобы выполнялись требования условия задачи, плотность верхнего кубика должна лежать в диапазоне

$$700 \text{ кг/м}^3 < \rho < 750 \text{ кг/м}^3$$

Критерии оценивания

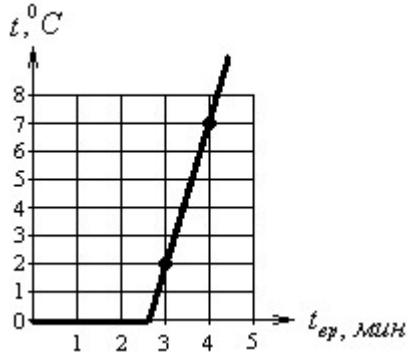
Проведён анализ возможного поведения системы при граничных значениях плотностей	1 балл
Записано условие плавания всей системы в случае $N = 0$	1 балл
Получено выражение для минимальной плотности верхнего кубика	2 балла
Найдено численное значение минимальной плотности верхнего кубика	1 балл
Записано условие плавания верхнего кубика в случае $T = 0$	1 балл
Получено выражение для максимальной плотности верхнего кубика	2 балла
Найдено численное значение максимальной плотности верхнего кубика	1 балл
Явно указан диапазон допустимых плотностей верхнего кубика	1 балл

Задача №5

В калориметре плавает в воде кусок льда. В калориметр опускают нагреватель постоянной мощности $P = 50 \text{ Вт}$ и начинают ежеминутно измерять температуру воды. В течение первой и второй минут температура воды не изменяется, к концу третьей минуты увеличивается на $\Delta t_1 = 2^\circ \text{С}$, а к концу четвёртой минуты ещё на $\Delta t_2 = 5^\circ \text{С}$. Сколько граммов воды и сколько граммов льда было изначально в калориметре?

Возможное решение

Построим график зависимости температуры воды в калориметре t от времени t_{ep} . Известно, что он должен состоять из горизонтального (плавление льда) и наклонного (нагрев образовавшейся воды) участков. Имеющиеся данные позволяют однозначно восстановить зависимость температуры от времени, которое будем отсчитывать от момента включения нагревателя (см. рис.).



Из графика можно найти, сколько времени продолжалось таяние льда. Действительно, зависимость температуры воды от времени после того, как весь лёд растаял, даёт формулой

$$t = at_{ep} + b.$$

Мы знаем, что при $t_{ep} = 3 \text{ мин}$, $t = 2^\circ \text{C}$, а при $t_{ep} = 4 \text{ мин}$, $t = 7^\circ \text{C}$.

Подставим, получим систему уравнений

$$\begin{cases} 2 = 3a + b \\ 7 = 4a + b \end{cases}$$

Решая полученную систему, находим

$$a = 5, \quad b = -13, \quad \text{и} \quad t = 5t_{ep} - 13.$$

Время таяния льда $t_{ep,л}$ определяется по точке пересечения этой наклонной прямой с прямой $t = 0$. Отсюда

$$t_{ep,л} = \frac{13}{5} = 2.6 \text{ мин} = 156 \text{ с}$$

(Возможен и другой способ нахождения времени таяния льда)

Из уравнения теплового баланса найдём начальную массу льда:

$$m_{л} = \frac{Pt_{ep,л}}{\lambda} = 22,9 \text{ г}.$$

После того, как лёд растает, вся получившаяся вода массой $m_{л} + m_{в}$, где $m_{в}$ - масса воды, изначально бывшей в калориметре, нагревается на $\Delta t_2 = 5^\circ \text{C}$ за $t_{ep,н} = 1 \text{ мин} = 60 \text{ с}$.

Значит,

$$Pt_{ep,н} = c(m_{л} + m_{в})\Delta t_2,$$

отсюда начальная масса воды

$$m_{в} = \frac{Pt_{ep,н}}{c\Delta t} - m_{л} = 120 \text{ г}$$

Критерии оценивания

Построен график зависимости температуры системы от времени	2 балла
Найдено время плавления льда	3 балла
Записано уравнение теплового баланса и найдена масса льда	2 балла
Записано уравнение теплового баланса и найдена начальная масса воды	3 балла