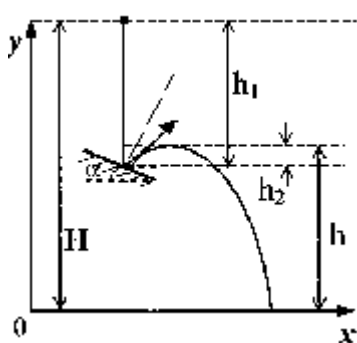


ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
10 класс

Время выполнения
3 часа 50 минут

Задание 1.



С некоторой высоты H свободно падает стальной шарик. Через 2 с от начала падения он сталкивается с неподвижной плитой, плоскость которой наклонена под углом 30° к горизонту, и поднимается на высоту $h = 15$ м над поверхностью Земли. С какой высоты H падает шарик? Удар шарика о плиту считать абсолютно упругим.

Возможное решение задания 1.

Выражение для искомой высоты H (согласно рисунку): $H = h_1 + (h - h_2)$. Здесь $h_1 = gt^2/2$ и $h_2 = v_y^2/2g$, где v_y - вертикальная проекция скорости шарика сразу после удара о плиту: $v_y = gt \sin \alpha$.

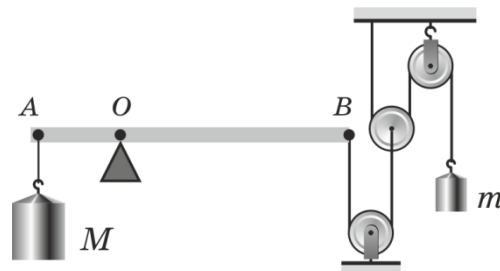
Учти, что шарик отскакивает от плиты под таким же углом, под каким падает на неё и модули скорости перед ударом и после его равны. Тогда

$$h_2 = \frac{gt^2}{2} \sin^2 \alpha.$$

После подстановки h_1 и h_2 находим H : $H = \frac{gt^2}{2} + (h - \frac{gt^2}{2} \sin^2 \alpha) = h + H = \frac{gt^2}{2} + (h - \frac{gt^2}{2} \sin^2 \alpha) = h + \frac{gt^2}{2} \cos^2 \alpha = 30$ м.

Задание 2.

Подъемный кран был изобретен греками в конце шестого столетия до н.э. Один из самых простых подъемных кранов тех времен получил название Trispastor – журавль. Схема его применения изображена на рисунке. Обозначьте на рисунке действующие силы.

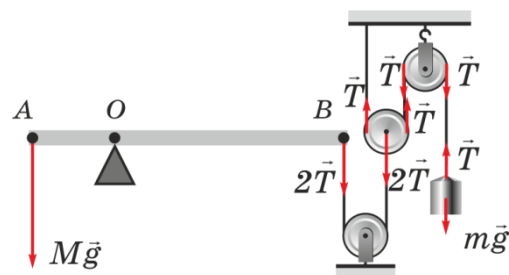


Определите, какой массы M груз можно уравновесить с помощью этого механизма, если с другой стороны рейки на тросе, перекинутом через два

блока, подвесить груз массой 50 кг. Расстояние AO в 4 раза меньше, чем расстояние OB . Считайте, что блоки, тросы и рейка очень легкие, а рейка в положении равновесия системы располагается горизонтально.

Возможное решение задания 2.

Модули и направления сил, действующих на грузы и блоки, изображены на рисунке. Из условия равновесия груза массой m следует, что сила натяжения троса, на котором он подвешен, $T = mg$. Так как подвижный блок дает выигрыш в силе в два раза, сила натяжения троса, который прикреплен к правому концу рейки, равна $2T$.



Для рейки, находящейся в равновесии, правило моментов относительно точки O имеет вид $Mg \cdot AO = 2T \cdot OB$, или $MgL = 2mg \cdot 4L$. Отсюда $M = 8m = 400$ кг.

Задание 3. В большой комнате с температурой воздуха $t_0 = 20$ °C находится испорченный кран. Из него каждую секунду тоненькой струйкой вытекает $\mu = 0,1$ г воды. Вода попадает в тонкостенную металлическую раковину с квадратным сечением $a^2 = 30$ см \times 30 см. Температура воды в кране $t_1 = 54$ °C. Слив раковины закрыт так, что вода из него частично вытекает. При этом уровень воды в раковине установился на высоте $H = 10$ см, равной глубине раковины. Пренебрегая теплоёмкостью раковины и считая, что она очень хорошо проводит тепло, определите установившуюся температуру t воды в раковине. Считайте, что поток тепла q от воды в раковине пропорционален разности температур $(t - t_0)$, а также полной площади поверхности воды (включая стенки раковины). Коэффициент пропорциональности $k = 0,3$ Вт/(м²·°C), а удельная теплоёмкость воды $c_v = 4200$ Дж/(кг·°C). Вода в раковине перемешивается.

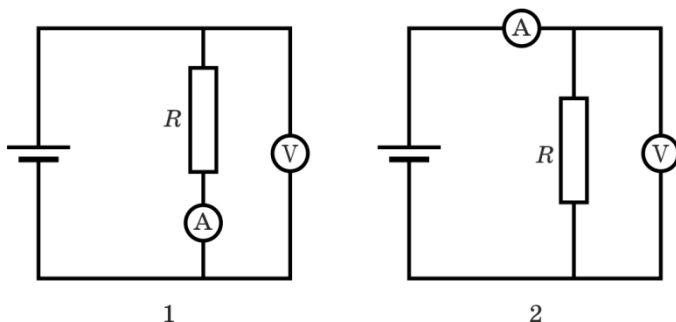
Возможное решение задания 3.

Так как уровень воды в раковине установился, количество воды, вытекающей из крана, равно количеству воды, вытекающей через слив. Исходя из условия задачи и учитывая единицы измерения коэффициента пропорциональности, можно записать соотношение для q : $q = kS(t - t_0)$, где $S = a^2 + 4aH$ – площадь поверхности воды. Т.к. температура не изменяется, то подводимая мощность и мощность тепловых потерь одинаковы $\mu c_v (t_1 - t) = q$.

$$\text{Отсюда } t = \left(\frac{\mu c_v t_1}{kS} + t_0 \right) \div \left(\frac{\mu c_v}{kS} + 1 \right) = 49,6^\circ\text{C}.$$

Задание 4.

Для измерения сопротивления резистора используют первый раз схему 1, а второй раз — схему 2. Сопротивление амперметра $R_A = 0,1$ Ом, а сопротивление вольтметра $R_V = 100$ Ом. Расчетным значением сопротивления считают отношение показаний вольтметра к показаниям амперметра. При измерении по какой схеме отличие расчетного значения сопротивления от истинного будет меньше, если истинное сопротивление резистора $R = 1$ Ом? Чему будет равно это отличие?



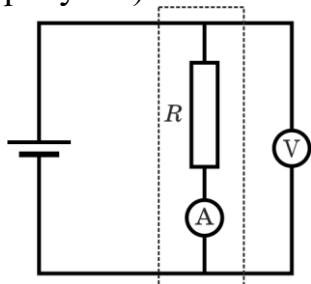
Возможное решение задания 4.

При измерении сопротивления по схеме 1 расчетным значением сопротивления считают

$$R_1 = \frac{U_1}{I_1}, \quad (1)$$

где U_1 — показания вольтметра, а I_1 — показания амперметра.

Амперметр соединен в этой схеме последовательно с резистором, поэтому сила тока в них одинакова. Вольтметр же подключен параллельно не резистору, а параллельно участку цепи, содержащему последовательно соединенные резистор и амперметр (этот участок цепи обведен пунктиром на рисунке).



Следовательно, в данной схеме показания вольтметра U_1 — это сумма напряжений на резисторе U_R и на амперметре U_A : $U_1 = U_R + U_A$. (2)

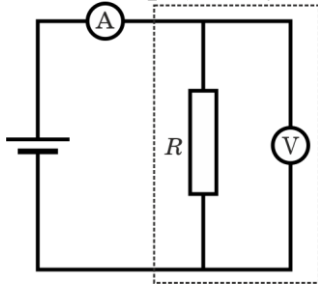
Подставим это соотношение в формулу (1) и получим:

$$R_1 = \frac{U_R + U_A}{I_1} = \frac{U_R}{I_1} + \frac{U_A}{I_1} = R + R_A, \quad (3)$$

При измерении сопротивления по схеме 1 расчетным значением сопротивления считают

$$R_2 = \frac{U_2}{I_2}, \quad (4) \text{ где } U_2 \text{ — показания вольтметра, а } I_2 \text{ — показания амперметра.}$$

Теперь вольтметр соединен параллельно резистору, поэтому напряжение на них одинаково. Амперметр же подключен последовательно не с резистором, а с участком цепи, содержащим параллельно соединенные резистор и вольтметр (этот участок цепи обведен пунктиром на рисунке).



Следовательно, в данной схеме показания амперметра I_2 — это сумма силы тока в резисторе I_R и силы тока в вольтметре I_V : $I_2 = I_R + I_V$. (5)

Подставим это соотношение в формулу (4) и получим: $R_2 = \frac{U_2}{I_R + I_V}$.

В данном случае удобнее «перевернуть» эту формулу, то есть приравнять величины, обратные величинам в левой и правой частях равенства. Мы получим:

$$\frac{1}{R_2} = \frac{I_R + I_V}{U_2} = \frac{I_R}{U_2} + \frac{I_V}{U_2} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R_V}.$$

Отсюда следует, что $R_2 = \frac{RR_V}{R + R_V}$.

Сравним расчетные значения сопротивления с истинным. При измерении по первой схеме расчетное значение сопротивления $R_1 = R + R_A$, откуда следует, что $R_1 > R$. Поэтому модуль разности расчетного сопротивления от истинного $\Delta R_1 = R_1 - R = R_A$.

Подставляя данные из условия, получаем: $\Delta R_1 = 0,1$ Ом.

При измерении по второй схеме расчетное значение сопротивления

$R_2 = \frac{RR_V}{R + R_V}$, откуда следует, что $R_2 < R$ (числитель дроби меньше ее знаменателя). Поэтому модуль разности расчетного сопротивления от истинного $\Delta R_2 = R - R_2 = \frac{R^2}{R + R_V}$.

Подставляя данные из условия, получаем: $\Delta R_2 \approx 0,01$ Ом.

Мы видим, что при использовании схемы 2 отличие расчетного значения от истинного примерно в 10 раз меньше, чем при использовании схемы 1.

Ответ: схемой 2; $\Delta R_2 = 0,01$ Ом.

Задание 5.

Для строительства дороги привезли мелкий речной песок. Вася решил измерить истинную плотность песка. Для этого он набрал песок и, используя сосуд с водой (ее плотность $\rho_0 = 1 \text{ г/см}^3$), а также мензурку в виде тонкостенной пробирки, решил свою задачу. Как это сделал Вася?

Оборудование: сосуд с водой, речной песок, тонкостенная пробирка, мензурка.

Возможное решение задания № 5.

Искомая величина $\rho = m/V$, где m – масса некоторого песка, V – его объем. Насыпем песка в мензурку столько, чтобы она плавала в сосуде с водой, почти полностью погрузившись в нее (рис. 1). Отметим этот уровень. Заменяем песок водой такого объема V_1 , при котором уровень погружения мензурки был бы прежним (до отметки). При этом масса песка m и воды в мензурке одинаковы. Но $m_1 = \rho_0 V_1$, значит $m = \rho_0 V_1$.



Рис. 1

Для измерения истинного объема песка V нальем в мензурку воду, измерим ее объем V_0 (рис.2). Затем пересыпем в неё песок из пробирки объемом V_2 . Тогда искомым истинным объемом песка можно найти как $V = V_2 - V_0$, а

$$\text{плотность песка } \rho = \frac{\rho_0 V_1}{V_2 - V_0}.$$