

Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по физике

2019 – 2020 учебный год

11 класс

11.1. Дрон не камень.

Поскольку сопротивлением воздуха при движении камня пренебрегаем, его ускорение всюду равно ускорению свободного падения, проекция скорости на горизонтальное направление равна $V_0 \cos \alpha$. В верхней точке траектории скорость направлена горизонтально, касательное ускорение равно нулю, центростремительное ускорение:

$$a_{\text{цс}} = \frac{(V_0 \cos \alpha)^2}{R} = g$$

здесь R – радиус кривизны траектории. Дрон движется по той же траектории, с тем же радиусом кривизны. Касательное ускорение дрона всюду равно нулю, поскольку его скорость постоянна по величине. Ускорение дрона на высоте, равной высоте наибольшего подъёма камня:

$$a = \frac{V_0^2}{R} = \frac{g}{\cos^2 \alpha}$$

Критерии оценивания

	балл
Определена скорость камня на максимальной высоте	2
Найден радиус кривизны траектории	4
Найдено ускорение дрона в верхней точке траектории	4

11.2. Разные траектории

По закону сохранения энергии изменение механической энергии равно работе силы трения. Далее необходимо рассмотреть II закон Ньютона и показать, что при движении по вогнутой дуге нормальная реакция опоры будет больше, чем при движении по выпуклой дуге. Сила трения и модуль работы силы трения также будут больше, а значит скорость в точке В при движении по вогнутой дуге будет меньше, чем в первом случае.

Критерии оценивания

	балл
Записан закон сохранения энергии	4
Использован II закон Ньютона	4
Получен правильный ответ	2

11-3. Шарики на привязи.

Обозначим: T – сила натяжения нити, ρ – плотность воды, V – объём шара, F, f – проекции выталкивающей силы на вертикальное и горизонтальное направления соответственно. Когда сосуд будет двигаться вправо с ускорением, изменится выталкивающая сила, действующая на шарики. Вертикальная составляющая останется прежней $F = \rho V g$, но появится горизонтальная проекция $f = \rho V a$.

Запишем II закона Ньютона для первого шарика:

$$\begin{aligned} T_1 \sin \alpha + \rho V_1 a &= ma \\ T_1 \cos \alpha + \rho V_1 g - mg &= 0 \end{aligned}$$

Отсюда

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{g}$$

Запишем II закона Ньютона для второго шарика:

$$\begin{aligned} \rho V_2 a - T_2 \sin \beta &= ma \\ \rho V_2 g - T_2 \cos \beta - mg &= 0 \end{aligned} \quad (*)$$

Отсюда

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{a}{g}$$

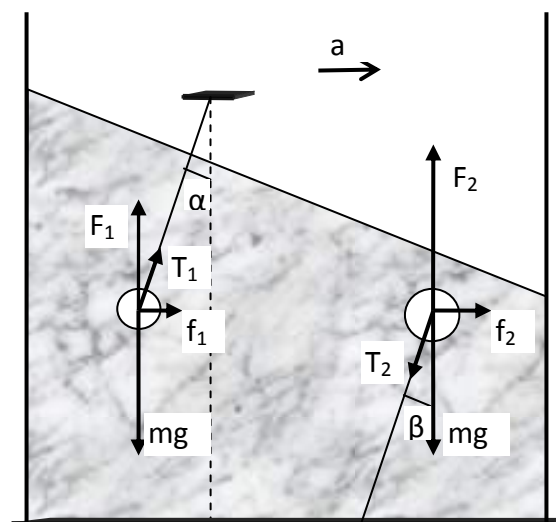
Нити отклонились на одинаковые углы, $\beta = 30^\circ$.

В покоем сосуда

$$\rho V_2 g - T_0 - mg = 0 \quad (**)$$

Сравнивая (*) и (**) получим, что сила натяжения нити второго шарика увеличилась в 1,15 раза:

$$\frac{T_2}{T_0} = \frac{1}{\cos \beta} = 1,15$$



Критерии оценивания

	балл
Показано увеличение выталкивающей силы	4
Записан II закон Ньютона для шариков	4
Получен правильный ответ	2

11.4. Негерметичная комната.

Обозначим $T_k = 293 \text{ К}$, $P_{\text{к,нас}} = 2,33 \text{ кПа}$, $\phi_k = 0,5$, $V = 30 \text{ м}^3$,

$T_{\text{ул}} = 268 \text{ К}$, $P_{\text{ул,нас}} = 0,4 \text{ кПа}$, $\phi_{\text{ул}}$ – влажность воздуха на улице.

По уравнению Менделеева-Клапейрона

$$\phi_{\text{ул}} P_{\text{ул,нас}} V = \frac{m_{\text{ул}}}{\mu} R T_{\text{ул}} \quad (1)$$

$$\phi_k P_{\text{к,нас}} V = \frac{m_k}{\mu} R T_k \quad (2)$$

где $m_{\text{ул}}, m_k$ – соответственно масса водяного пара, поступающего с улицы в комнату за 1 час через приточное устройство и выходящее из комнаты.

За 1 час в увлажнителе с учетом времени его бездействия испаряется $m = \frac{2}{3} \cdot 0,30 = 0,2 \text{ кг}$ паров воды, что восполняет дефицит влаги в поступающем с улицы морозном воздухе:

$$m_k = m_{\text{ул}} + m$$

Подставляя числовые данные, получим влажность воздуха на улице $\phi_{\text{ул}} = 60\%$.

Критерии оценивания

	балл
Записаны уравнения (1), (2)	4
Записан дефицит массы водяного пара	2
Получен правильный ответ	4

11.5. Клякса.

Обозначим силу тока I_1 , I_2 – показания амперметров A_1 и A_2 , на других участках цепи I_3 , I_4 , I_5 .

Напряжение на клеммах источника равно сумме напряжений на верхней цепочке резисторов:

$$U = I_3 R + I_2 R \quad (1)$$

Или сумме напряжений на нижней цепочке резисторов:

$$U = I_1 3R + I_4 R \quad (2)$$

Запишем равенство входящих и выходящих токов для узлов b и d :

$$I_3 = I_2 + I_5 \quad (3)$$

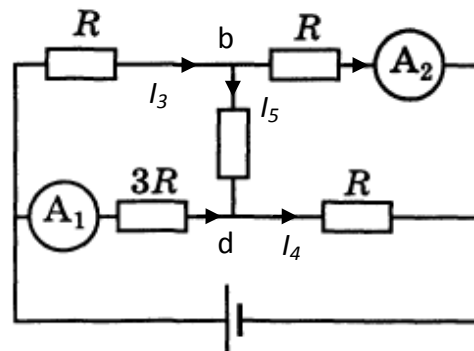
$$I_1 + I_5 = I_4 \quad (4)$$

Заменим токи I_3 , I_4 в (1) и (2):

$$I_2 R + I_5 R + I_2 R = I_1 3R + I_1 R + I_5 R$$

Отсюда

$$2I_2 R = 4I_1 R, \quad I_2 = 2I_1$$



Критерии оценивания

	балл
Записаны равенства (1), (2)	4
Записаны равенства (3), (4)	4
Найдены показания амперметра A_2	2