

МОШ, 2018/19, отборочный этап, 10 класс

Условия, ответы и решения

1 Учебник и кошачья лапа

На горизонтальном столе лежит учебник массой $m = 200$ г. Коэффициент трения между учебником и столом равен $\mu = 0,4$. Учебник толкает лапой кошка, действуя на его верхнюю обложку силой, направленной под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту (угол отсчитан вниз от горизонтальной линии). Модуль этой силы равен $F = 1$ Н. Сдвинется ли учебник с места?

Подсказка

Предположите, что учебник пришёл в движение, и найдите его ускорение: сила нормальной реакции стола здесь больше mg .

Ответ

Не сдвинется.

Решение

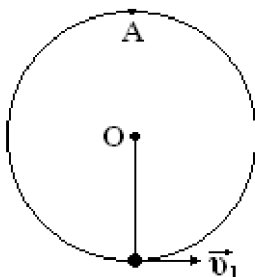
Предположим, что учебник сдвинется с места. Тогда он будет иметь в начальный момент отличное от нуля ускорение. Найдём модуль этого ускорения, считая, что сила трения является силой трения скольжения. Получим:

$$a = \frac{F}{m}(\cos \alpha - \mu \sin \alpha) - \mu g.$$

Однако, подставляя в эту формулу числа, мы получим отрицательное число, даже если не будем округлять ускорение свободного падения до 10 м/с^2 , а положим его равным $9,8 \text{ м/с}^2$. Следовательно, на самом деле учебник не сдвинется.

2 Шарик на нити и на стержне

Маленький шарик, подвешенный на нити, может вращаться в вертикальной плоскости вокруг оси O . Экспериментатор обнаружил, что наименьшая скорость, которую нужно сообщить шару, чтобы он достиг верхней точки траектории (точки A), равна v_1 . Затем экспериментатор заменил нить лёгким стержнем той же длины, который может без трения вращаться вокруг оси O . Какую минимальную скорость нужно сообщить шару теперь, чтобы он достиг точки A ?



Подсказка

Нить не может толкать шарик, а стержень может. Какая скорость в верхней точке минимально возможна в каждом случае?

Ответ

$$v_2 = \frac{2}{\sqrt{5}} v_1.$$

Решение

Чтобы шарик, подвешенный на нити, достиг точки A , нить должна быть в процессе движения натянута. Наименьшей скорости соответствует случай, когда в точке A нить не натянута и на шарик действует одна сила — сила тяжести. Запишем 2 закон Ньютона в проекциях на вертикальную ось:

$$mg = m \frac{v_A^2}{R}.$$

Запишем закон сохранения энергии:

$$\frac{mv_1^2}{2} = 2mgR + \frac{mv_A^2}{2} \implies v_1^2 = 5gR.$$

В случае стержня сумма всех сил, действующих на шарик в точке A , может быть равна нулю (шарик опирается на стержень). Скорость при этом в точке A будет равна нулю. Запишем закон сохранения энергии:

$$\frac{mv_2^2}{2} = 2mgR \implies v_2^2 = 4gR \implies v_2 = \frac{2}{\sqrt{5}} v_1.$$

3 Нагреватель в баке

Электрический нагреватель находится внутри бака с водой. При включении на время $t_1 = 30$ с нагревателя мощности $N_1 = 1$ кВт температура воды в идеально теплоизолированном баке поднялась от $T_0 = 17^\circ\text{C}$ до $T_1 = 37^\circ\text{C}$. Тепловую изоляцию сняли, а мощность нагревателя уменьшили до $N_2 = 0,9$ кВт, из-за чего температура воды в баке за время $t_2 = 20$ с выросла от $T_1 = 37^\circ\text{C}$ до $T_2 = 47^\circ\text{C}$. Какое количество тепла в килоджоулях за время t_2 ушло через стенки бака?

Подсказка

Из первого опыта найдите теплоёмкость бака вместе с водой, затем запишите баланс энергии для второго опыта.

Ответ

$$Q = N_2 t_2 - \frac{N_1 t_1}{T_1 - T_0} (T_2 - T_1) = 3 \text{ кДж}.$$

Решение

Поступившее от нагревателя тепло при идеальной теплоизоляции идёт на повышение температуры бака и воды. Связь повышения температуры и полученного тепла можно установить через теплоёмкость.

Пусть C — теплоёмкость бака с водой, тогда уравнение теплового баланса в первом случае:

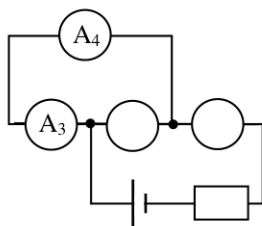
$$N_1 t_1 = C(T_1 - T_0) \implies C = \frac{N_1 t_1}{T_1 - T_0}.$$

Во втором случае полученное тепло идёт как на повышение температуры, так и на утечку тепла через стенки бака:

$$N_2 t_2 = C(T_2 - T_1) + Q \implies Q = N_2 t_2 - C(T_2 - T_1) = 3 \text{ кДж}.$$

4 Амперметры в схеме

К батарее с резистором подсоединяют одинаковые амперметры так, как указано на рисунке. Амперметр A_1 показал 3 А. Что показывают остальные амперметры?



Подсказка

Одинаковые амперметры имеют одинаковые сопротивления, поэтому напряжения на них пропорциональны токам. Как связаны напряжения на A_2 , A_3 и A_4 ?

Ответ

$$I_3 = I_4 = 1 \text{ А}; \quad I_2 = 2 \text{ А}.$$

Решение

Амперметры A_3 и A_4 соединены последовательно, значит, протекающие через них токи равны $I_3 = I_4 = I$. Одинаковые амперметры имеют одинаковые сопротивления, поэтому напряжения на них пропорциональны токам. Напряжение на A_2 равно сумме напряжений на A_3 и A_4 , то есть удвоенному напряжению на одном из этих амперметров. Поэтому ток через A_2 вдвое больше тока I : $I_2 = 2I$. Ток I_1 через A_1 разветвляется на токи I_3 и I_2 , тогда $I_1 = I_3 + I_2 = 3I$. Таким образом $I_3 = I_4 = I = 1 \text{ А}$, а $I_2 = 2I = 2 \text{ А}$.