

10 класс

Задача 1. 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?

Возможное 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:

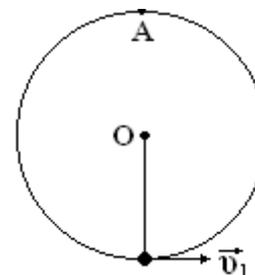
$$a = \frac{F}{m}(\cos \alpha - \mu \sin \alpha) - \mu g \quad (1)$$

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.

Критерии оценивания.

- | | |
|---|----------|
| 1. Сделано предположение, что сдвинется с места | 1 балл |
| 2. Ускорение отлично от нуля | 2 балла |
| 3. $a = \frac{F}{m}(\cos \alpha - \mu \sin \alpha) - \mu g$ | 5 баллов |
| 4. Предположение не верно | 2 балла |

Задача 2. Маленький шарик, подвешенный на нити, может вращаться в вертикальной плоскости вокруг оси O . Экспериментатор обнаружил, что наименьшая скорость, которую нужно сообщить шарiku, 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 шарiku теперь, чтобы он достиг точки A ?



Возможное 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:

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

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:

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

Критерии оценивания.

- | | |
|--|----------|
| 1. Нить должна быть натянута | 2 балла |
| 2. $mg = m \frac{v_A^2}{R}$ | 2 балла |
| 3. $\frac{mv_1^2}{2} = 2mgR + \frac{mv_A^2}{2}$ | 2 балла |
| 4. В случае стержня шарик опирается на него | 1 балла |
| 5. $\frac{mv_2^2}{2} = 2mgR$ | 1 балл |
| 6. $v_2 = \frac{2}{\sqrt{5}}v_1$ (ответ в общем виде и численное значение) | 1+1 балл |

Задача 3. 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?

Возможное 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:

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

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

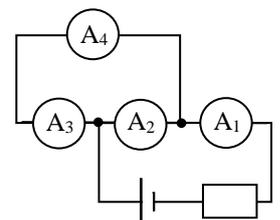
$$N_2 t_2 = C(T_2 - T_1) + Q \Rightarrow Q = N_2 t_2 - C(T_2 - T_1) = 3 \text{ кДж}.$$

Критерии оценивания.

- | | |
|--|-------------|
| 1. Идея учёта теплоёмкости бака и воды в баке | 1 балл |
| 2. $N_1 t_1 = C(T_1 - T_0)$ | 3 балла |
| 3. $N_2 t_2 = C(T_2 - T_1) + Q$ | 3 балла |
| 4. $Q = \dots$ (ответ в общем виде и численное значение) | 2 + 1 балла |

Задача 4. К батарее с резистором подсоединяют одинаковые амперметры так, как указано на рисунке. Амперметр A_1 показал 3 А. Что показывают остальные амперметры?

Возможное 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 $I_3 = I_4 = I = 1$ А; а $I_2 = 2I = 2$ А.

Критерии оценивания.

- | | |
|--|---------|
| 1. $I_3 = I_4 = I$ | 1 балл |
| 2. Напряжения на амперметрах пропорциональны токам | 1 балл |
| 3. Напряжение на A_2 равно сумме напряжений на A_3 и A_4 | 2 балла |
| 4. $I_2 = 2I$ | 2 балла |
| 5. $I_1 = I_3 + I_2 = 3I$ | 2 балла |
| 6. Численные значения показаний амперметров | 2 балла |

Численные ответы по вариантам

<i>Вариант 1</i>	Задача 2	$v_2 = \frac{2}{\sqrt{5}} v_1 = 4,5$ м/с
	Задача 3	$Q = 3$ кДж
	Задача 4	$I_3 = I_4 = 2$ А; $I_2 = 4$ А
<i>Вариант 2</i>	Задача 2	$v_2 = \frac{2}{\sqrt{5}} v_1 = 9$ м/с
	Задача 3	$Q = 8$ кДж
	Задача 4	$I_3 = I_4 = I = 0,5$ А; а $I_2 = 1$ А
<i>Вариант 3</i>	Задача 2	$v_2 = \frac{2}{\sqrt{5}} v_1 = 13,4$ м/с
	Задача 3	$Q = 75$ кДж
	Задача 4	$I_3 = I_4 = I = 1,5$ А; а $I_2 = 3$ А
<i>Вариант 4</i>	Задача 2	$v_2 = \frac{2}{\sqrt{5}} v_1 = 17,9$ м/с
	Задача 3	$Q = 6$ кДж
	Задача 4	$I_3 = I_4 = I = 0,1$ А; а $I_2 = 0,2$ А
<i>Вариант 5</i>	Задача 2	$v_2 = \frac{2}{\sqrt{5}} v_1 = 4,5$ м/с
	Задача 3	$Q = 16$ кДж
	Задача 4	$I_3 = I_4 = I = 0,2$ А; а $I_2 = 0,4$ А
<i>Вариант 6</i>	Задача 2	$v_2 = \frac{2}{\sqrt{5}} v_1 = 9$ м/с
	Задача 3	$Q = 17$ кДж
	Задача 4	$I_3 = I_4 = I = 0,15$ А; а $I_2 = 0,3$ А
<i>Вариант 7</i>	Задача 2	$v_2 = \frac{2}{\sqrt{5}} v_1 = 13,4$ м/с
	Задача 3	$Q = 21$ кДж
	Задача 4	$I_3 = I_4 = I = 0,3$ А; а $I_2 = 0,6$ А
<i>Вариант 8</i>	Задача 2	Численных значений нет, за ответ в общем виде ставится 2 балла.
	Задача 3	$Q = 3$ кДж

	Задача 4	$I_3 = I_4 = I = 1 \text{ A}; a I_2 = 2 \text{ A}$
--	----------	--