

11 класс

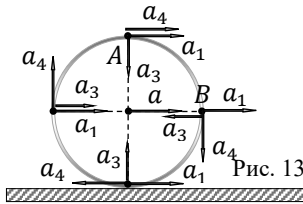
Код работы _____

Таблица результатов

	Задача	Σ_{max}	Балл жюри	Апелляция	Результат	Подпись
11-1.	«Ускорение ускорения»	20				
11-2.	«Двойной конический маятник»	20				
11-3.	«Заряженный маятник»	20				
11-4.	«Велосипедный насос»	20				
11-5.	«Тепло резистору»	20				
	Σ_{max}	104	$\Sigma :$			

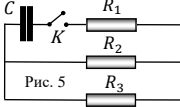
Схемы оценивания

Пункт	Содержание	Баллы	Оценки жюри
Задача 1. «Ускорение ускорения» (20 баллов)			
1.	Указано (1), что скорость любой точки кольца есть сумма поступательного и вращательного движений $\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$.	1	
2.	Показано (2), что при движении кольца без проскальзывания $v_1 = v_2$.	1	
3.	Записано (3) для скорости центра кольца $v_1 = v_2 = at$.	1	
4.	Получено (4) для ускорения любой точки кольца $\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \vec{a}_1 + \vec{a}_2$.	1	
5.	Отмечено (5), что поступательные ускорения для всех точек одинаковы $\vec{a}_1 = \vec{a}$.	1	
6.	Разложено ускорение при неравномерном вращении (6) $\vec{a}_2 = \vec{a}_3 + \vec{a}_4$.	1	
7.	Записано (7) для центростремительного ускорения точки $a_3 = \frac{v_1^2}{R}$.	1	
8.	Использовано равенство (8) касательного и поступательного движений $a_4 = a_1 = a$.	2	

9.	<p>Найдено окончательное выражение (9) для ускорения точки B стержня, выполнен правильный чертеж</p> $\vec{a}_B = \vec{a}_1 + \vec{a}_3 + \vec{a}_4.$ 	1+1	
10.	<p>Получены выражения (10) и (11) для полного ускорения точки B</p> $a_B = \sqrt{a_4^2 + \left(a_1 - \frac{v_1^2}{R}\right)^2} = \sqrt{a^2 + \left(a - \frac{v_1^2}{R}\right)^2},$ $a_B = a \sqrt{1 + \left(1 - \frac{at^2}{R}\right)^2}.$	2	
11.	<p>Определен угол (12) вектора с горизонтом</p> $\tan \alpha = \frac{a_4}{a_1 - a_3} = \frac{a}{a - \frac{v^2}{R}} = \frac{R}{R - at^2}.$	1	
12.	<p>Сформулирован критерий (13) вертикальности ускорения \vec{a}_B</p> $a_1 = a = a_3.$	1	
13.	<p>Найден момент времени (14)</p> $t = \sqrt{\frac{R}{a}} = 0,64 \text{ с.}$	1	
14.	<p>Записано (16) для ускорения точки</p> $a_A = \sqrt{(a_1 + a_4)^2 + a_3^2} = \sqrt{(2a)^2 + \left(\frac{v^2}{R}\right)^2}.$	1	
15.	<p>Получена окончательная формула (17) для данного момента времени</p> $a_A = \sqrt{(2a)^2 + \left(\frac{aR}{R}\right)^2} = \sqrt{5a^2} = a\sqrt{5}.$	1	
16.	<p>Правильно проведены расчет (18) и округление результата с необходимой точностью (до двух значащих цифр)</p> $a_A = 2,4 \cdot \sqrt{5} \left(\frac{\text{м}}{\text{с}^2}\right) = 5,4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$	1	
17.	<p>Найден угол (19), образуемый ускорением с горизонтом</p> $\tan \alpha = \frac{a_3}{a_1 + a_4} = \frac{a}{a + a} = 0,5 \Rightarrow \alpha = 27^\circ.$	1	
Всего за задачу:		20	Σ :
Задача 2. «Двойной конический маятник» (20 балла)			
1.	<p>Выполнен рисунок с необходимыми обозначениями, правильно нарисованы все силы, найдены радиусы окружностей (1) и (2).</p>	3	
2.	<p>Записан второй закон Ньютона (3) – (4) для дальнего шарика</p> $m_2 g = T_2 \cos \beta,$ $m_2 a_2 = m_2 \omega^2 r_2 = T_2 \sin \beta.$	2	

3.	Записан второй закон Ньютона (5) – (6) для ближнего шарика $m_1 g = T_1 \cos \alpha - T_2 \cos \beta,$ $m_1 a_1 = m_1 \omega^2 r_1 = T_1 \sin \alpha - T_2 \sin \beta .$	2	
4.	Найдена сила натяжения (7) нижней нити $T_2 = \frac{m_2 g}{\cos \beta} .$	1	
5.	Получена сила натяжения (8) верхней нити $T_1 = \frac{(m_1 + m_2) g}{\cos \alpha} .$	1	
6.	Используя (8), (6) и (4), выведено (9) для угловой скорости $\omega^2 = \frac{(m_1 + m_2) g \tan \alpha}{m_1 r_1 + m_2 r_2} .$	2	
7.	Аналогично из (4) и (7) получено (10) $\omega^2 = \frac{g \tan \beta}{r_2} .$	2	
8.	Приравнено (9) и (10), найдено (11) $\frac{(m_1 + m_2) g \tan \alpha}{m_1 r_1 + m_2 r_2} = \frac{g \tan \beta}{r_2} .$	2	
9.	Из (11) правильно найдена формула (12) $m_2 = \frac{m_1 (r_2 \tan \alpha - r_1 \tan \beta)}{r_2 (\tan \beta - \tan \alpha)} .$	1	
10.	Из рисунка правильно найдены необходимые параметры (13) $r_1 = a; r_2 = 4a; \tan \alpha = \frac{1}{2}; \tan \beta = \frac{3}{2} .$	2	
11.	Правильно проведены расчет и округление результата с необходимой точностью (до двух значащих цифр) $m_2 = \frac{80 \cdot (4 \cdot 0,5 - 1 \cdot 1,5)}{4(1,5 - 0,5)} \text{ (г)} = 10 \text{ г} .$	2	
Всего за задачу:		20	Σ :
Задача 3. «Заряженный маятник» (20 баллов)			
1.	Записано выражение для периода колебаний математического маятника (1) $T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} .$	1	
2.	Записано выражение для полной энергии маятника (2) для обоих случаев $E = \frac{1}{2} m (v_x^2 + v_y^2) + (mg \mp qE)y = const .$	2+2	
3.	Использованы пренебрежения и получены соотношения (4) $\begin{cases} y = l \frac{\alpha^2}{2} \\ x = l \alpha \\ v_x = v \left(1 - \frac{\alpha^2}{2}\right) \approx v \\ v_y = v \alpha \end{cases} .$	4	

4.	Выражение (2) приведено к виду (7) (для обоих случаев) $v_x^2 + \frac{(mg \mp qE)}{ml} x^2 = const$	2+2	
5.	Указано, что (6) – уравнение гармонических колебаний.	1	
6.	Получены выражения для периодов колебаний (8) $T_{\pm} = 2\pi \sqrt{\frac{ml}{mg \pm qE}} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{\frac{g}{1 \pm \frac{qE}{mg}}}}$	1+1	
7.	Получена конечная формула $T_3 = \frac{T_1}{\sqrt{2 - \frac{T_1^2}{T_2^2}}}$	3	
8.	Правильно проведён расчёт с необходимой точностью (до двух значащих цифр): $T_3 \approx 0,76$ с.	1	
Всего за задачу:		20	Σ :
Задача 4. «Велосипедный насос» (20 баллов)			
1.	Записано выражение для начального количества воздуха в шине (1) $v_0 = \frac{p_0 V_{\text{ш}}}{RT_0}$	2	
2.	Записано выражение для изменения количества воздуха в шине при каждом цикле накачки (2) $\Delta v = \frac{p_0 V_{\text{н}}}{RT_0}$	2	
3.	Записано выражение для количества воздуха в шине после k -го цикла (3) $v_k = v_0 + k\Delta v = \frac{p_0}{RT_0} (V_{\text{ш}} + kV_{\text{н}})$	1	
4.	Записано уравнение Менделеева-Клапейрона для воздуха в шине (4) к моменту накачки до конечного давления $pV_{\text{ш}} = v_k RT_0$	1	
5.	Получено уравнение (5) $pV_{\text{ш}} = p_0 (V_{\text{ш}} + kV_{\text{н}})$	1	
6.	Получено выражение для числа циклов накачки (6) $k = \left(\frac{p}{p_0} - 1\right) \frac{V_{\text{ш}}}{V_{\text{н}}}$	2	
7.	Правильно проведён расчёт, проведено округление (в любую сторону): $k = 59,2 \approx 60 \text{ (или 59)}$	1+1	

8.	Записано выражение для давления в шине после k -го цикла накачки (7) $p_k = p_0(1 + k \frac{V_H}{V_{ш}}).$	2	
9.	Отмечено, что на 10-м цикле накачки воздух начнёт поступать в шину, когда давление под поршнем превысит p_9 .	1	
10.	Записано выражение (8) для изотермического процесса $p_0Sl = p_9S(l - x).$	2	
11.	Получено выражение (9) $x = l \frac{9 \frac{V_H}{V_{ш}}}{1 + 9 \frac{V_H}{V_{ш}}}.$	2	
12.	Правильно проведён расчёт. Ответ приведен с точностью до трёх значащих цифр: $x = 18,6$ см.	1+1	
Всего за задачу:		20	Σ :
Задача 5. «Тепло резистору» (20 баллов)			
1.	Записано (1) для энергии заряженного конденсатора $W_C = \frac{CU^2}{2}.$	1	
2.	Указано, что после замыкания ключа K по всем резисторам пойдет убывающий ток различной силы.	2	
3.	Составлена система (2) для силы токов в резисторах $\begin{cases} I_1 = I_2 + I_3 \\ I_2 R_2 = I_3 R_3 \end{cases}$	2	
4.	Правильно решена система, получены решения (3) $I_2 = \frac{R_3}{R_2 + R_3} I_1$ $I_3 = \frac{R_2}{R_2 + R_3} I_1$	2	
5.	Рассмотрен закон Джоуля – Ленца (4) для малого (важно!) промежутка времени для каждого из резисторов $Q_1 = I_1^2 R_1 \Delta t,$ $Q_2 = I_2^2 R_2 \Delta t = I_1^2 \frac{R_2^2 R_3}{(R_2 + R_3)^2} \Delta t,$ $Q_3 = I_3^2 R_3 \Delta t = I_1^2 \frac{R_2^2 R_3}{(R_2 + R_3)^2} \Delta t.$	3	
6.	Правильно сформулирована система (7) – (8) для нахождения теплот $Q_1 : Q_2 : Q_3 = R_1 : \frac{R_2^2 R_3}{(R_2 + R_3)^2} : \frac{R_2^2 R_3}{(R_2 + R_3)^2},$ $Q_1 + Q_2 + Q_3 = \frac{R_2^2 R_3}{(R_2 + R_3)^2} = W_C = \frac{CU^2}{2}.$	4	
7.	Правильно решена система, получено (9), (10) или (11) для искомого количества теплоты $Q_3 = \frac{R_2^2 R_3}{(R_2 + R_3)(R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_3 R_2)} \frac{CU^2}{2} = \frac{6}{55} CU^2.$	4	

8.	Правильно проведены расчет и округление результата (до двух значащих цифр) $Q_3 = \frac{6}{55} \times 1,6 \cdot 10^{-6} \cdot 200^2 (\text{Дж}) = 7,0 \text{ мДж.}$	2	
Всего за задачу:		20	Σ :
Суммарный балл за все задачи:		100	Σ :