

11 класс

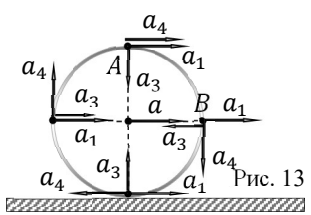
Код работы _____

Таблица результатов

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

Схемы оценивания

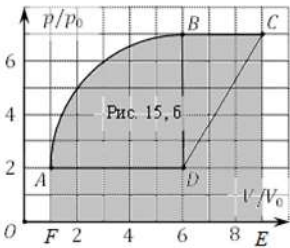
Пункт	Содержание	Баллы	Оценки жюри
Задача 1. «Ускорение ускорения» (20 баллов)			
1.	Указано (1), что скорость любой точки кольца есть сумма поступательного и вращательного движений $\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$.	1	
2.	Показано (2), что при движении кольца без проскальзывания $v_1 = v_2$.	1	
3.	Записано (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.	Найдено окончательное выражение (9) для ускорения точки B стержня, выполнен правильный чертеж $\vec{a}_B = \vec{a}_1 + \vec{a}_3 + \vec{a}_4.$	1+1	
10.	Получены выражения (10) и (11) для полного ускорения точки B $a_B = \sqrt{a_4^2 + \left(a_1 - \frac{v_1^2}{R}\right)^2} = \sqrt{a^2 + \left(a - \frac{v_1^2}{R}\right)^2},$ $a_B = a\sqrt{1 + \left(1 - \frac{at^2}{R}\right)^2}.$	2	
11.	Определен угол (12) вектора с горизонтом $\tan \alpha = \frac{a_4}{a_1 - a_3} = \frac{a}{a - \frac{v^2}{R}} = \frac{R}{R - at^2}.$	1	
12.	Сформулирован критерий (13) вертикальности ускорения \vec{a}_B $a_1 = a = a_3.$	1	
13.	Найден момент времени (14) $t = \sqrt{\frac{R}{a}} = 0,64 \text{ с}.$	1	
14.	Записано (16) для ускорения точки $a_A = \sqrt{(a_1 + a_4)^2 + a_3^2} = \sqrt{(2a)^2 + \left(\frac{v^2}{R}\right)^2}.$	1	
15.	Получена окончательная формула (17) для данного момента времени $a_A = \sqrt{(2a)^2 + \left(\frac{aR}{R}\right)^2} = \sqrt{5a^2} = a\sqrt{5}.$	1	
16.	Правильно проведены расчет (18) и округление результата с необходимой точностью (до двух значащих цифр) $a_A = 2,4 \cdot \sqrt{5} \left(\frac{\text{м}}{\text{с}^2}\right) = 5,4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$	1	
17.	Найден угол (19), образуемый ускорением с горизонтом $\tan \alpha = \frac{a_3}{a_1 + a_4} = \frac{a}{a + a} = 0,5 \Rightarrow \alpha = 27^\circ.$	1	
Всего за задачу:		20	Σ :
Задача 2. «Двойной конический маятник» (20 балла)			
1.	Выполнен рисунок с необходимыми обозначениями, правильно нарисованы все силы, найдены радиусы окружностей (1) и (2).	3	

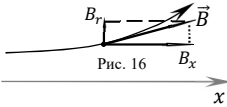
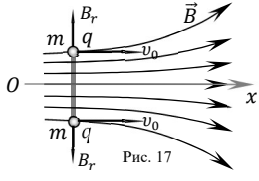
2.	Записан второй закон Ньютона (3) – (4) для дальнего шарика $m_2 g = T_2 \cos \beta,$ $m_2 a_2 = m_2 \omega^2 r_2 = T_2 \sin \beta .$	2	
3.	Записан второй закон Ньютона (5) – (6) для ближнего шарика $m_1 g = T_1 \cos \alpha - T_2 \cos \beta,$ $m_1 a_1 = m_1 \omega^2 r_1 = T_1 \sin \alpha - T_2 \sin \beta .$	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 :

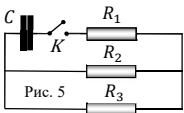
Задача 3. «Термодинамическая геометрия» (20 баллов)

1.	Записана формула (1) для вычисления термодинамического (термического) КПД цикла $\eta = \frac{A}{Q_1} .$	1	
2.	Найдена работа газа (2) для цикла $ABCD$ как сумма площадей четверти окружности и треугольника $A = \frac{\pi(5V_0)(5p_0)}{4} + \frac{(5p_0)(3V_0)}{2} = \frac{5(5\pi+6)}{4} p_0 V_0 .$	3	
3.	Указано, что нагреватель работает на участке ABC цикла, записано первое начало термодинамики (3) или (4) для этого участка $Q_1 = Q_{ABC} = \Delta U_{ABC} + A_{ABC} .$	2	

4.	Записаны (5) – (7), правильно найдено изменение внутренней энергии идеального газа (8) $\Delta U_{ABC} = \frac{3}{2}(vRT_C - vRT_A) = \frac{3}{2}(63 p_0 V_0 - 2 p_0 V_0) = 91,5 p_0 V_0 .$	3	
5.	Правильно найдена работа A_{ABC} (9) газа (до оси абсцисс) $A_{ABC} = \frac{\pi(5V_0)(5p_0)}{4} + 10p_0V_0 + +21p_0V_0 = \frac{25\pi+1}{4} p_0V_0 .$	3	
6.	Верно определено количество теплоты (10) $Q_1 = \Delta U_{ABC} + A_{ABC} = \frac{25\pi+490}{4} p_0V_0 .$	3	
7.	Получено правильное выражение (11) для термодинамического КПД $\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{5(5\pi+6)}{25\pi+490} = 0,19 = 19 \% .$	3	
8.	Правильно проведены расчет и округление результата с необходимой точностью (до двух значащих цифр) $\eta = 0,19 = 19 \% .$	2	
Всего за задачу:		20	Σ :

Задача 4. «Гантель в поле» (20 баллов)

1.	Магнитное поле разложено на составляющие (1) $\vec{B} = \vec{B}_x + \vec{B}_r,$ правильно проанализировано действие на кольцо каждой из составляющих.	3	
2.	Указано, что при наличии скорости u и \vec{B}_r возникает сила (2), притормаживающая гантель $F_x = -quB_r .$	2	
3.	Записан второй закон Ньютона (3) для движения гантели $2ma_x = 2m \frac{dv}{dt} = 2F_x = -2quB_r .$	1	
4.	Определена сила (4), раскручивающая кольцо, записан второй закон Ньютона (5) для кругового движения одного из шариков $F_t = quB_r,$ $m \frac{du}{dt} = F_t = quB_r .$	2	
5.	Указано, что кинетическая энергия остается постоянной (рост одной скорости сопровождается уменьшением другой), записано (6) для момента остановки гантели $\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mu_{max}^2}{2} \Rightarrow u_{max} = v_0 .$	2	

6.	Получено (7) для кругового движения шарика $m \frac{du}{dt} = qvB_r = qB_r \frac{dx}{dt},$ просуммировано до вида (8) $m u = qB_r x \quad \Rightarrow \quad u = \frac{qB_r}{m} x.$	3	
7.	Выведено уравнение гармонических колебаний (9) для движения гантели $a_x = -\frac{qB_r}{m} u = -\left(\frac{qB_r}{m}\right)^2 x = -\omega^2 x.$	1	
8.	Найдены циклическая частота (10) и период (11) колебаний $\omega = \frac{qB_r}{m},$ $T = \frac{2\pi m}{qB_r}.$	2	
9.	Получено (12) для амплитуды (максимального смещения) данных колебаний $A = l_{max} = \frac{mv_0}{qB_r}.$	1	
10.	Правильно проведены расчет (13) и округление результата с необходимой точностью (до трех значащих цифр) $l_{max} = 5,48 \text{ м}.$	2	
11.	Найдено (14) для средней скорости гантели до первой остановки $v_{cp} = \frac{A}{T/4} = \frac{2v_0}{\pi}.$	2	
12.	Правильно проведены расчет (15) и округление результата с необходимой точностью (до трех значащих цифр, ответы 2 и 2,0 не годятся) $v_{cp} = 2,00 \text{ м/с}.$	2	
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 <i>K</i> по всем резисторам пойдет убывающий ток различной силы.	2	 <p style="text-align: center;">Рис. 5</p>
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	3	

	$Q_1 = I_1^2 R_1 \Delta t,$ $Q_2 = I_2^2 R_2 \Delta t = I_1^2 \frac{R_3^2 R_2}{(R_2 + R_3)^2} \Delta t,$ $Q_3 = I_3^2 R_3 \Delta t = I_1^2 \frac{R_2^2 R_3}{(R_2 + R_3)^2} \Delta t.$		
6.	<p>Правильно сформулирована система (7) – (8) для нахождения теплот</p> $Q_1 : Q_2 : Q_3 = R_1 : \frac{R_3^2 R_2}{(R_2 + R_3)^2} : \frac{R_2^2 R_3}{(R_2 + R_3)^2},$ $Q_1 + Q_2 + Q_3 = \frac{R_2^2 R_3}{(R_2 + R_3)^2} = W_C = \frac{CU^2}{2}.$	4	
7.	<p>Правильно решена система, получено (9), (10) или (11) для искомого количества теплоты</p> $Q_3 = \frac{R_2^2 R_3}{(R_2 + R_3)(R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_3 R_2)} \frac{CU^2}{2} = \frac{6}{55} CU^2.$	4	
8.	<p>Правильно проведены расчет и округление результата (до двух значащих цифр)</p> $Q_3 = \frac{6}{55} \times 1,6 \cdot 10^{-6} \cdot 200^2 (\text{Дж}) = 7,0 \text{ мДж}.$	2	
Всего за задачу:		20	Σ :
Суммарный балл за все задачи:		100	Σ :