10 класс Код работы ________________

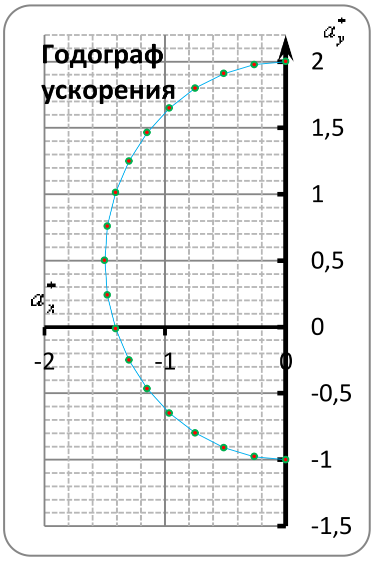
Таблица результатов

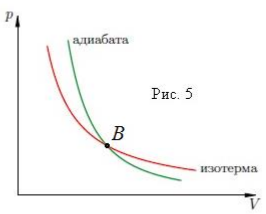
	Задача	Σ_{max}	Балл жюри	Апелляция	Результат	Подпись
10-1.	«Лихо закручено»	25				
10-2.	«Годограф ускорения»	31				
10-3.	«Не хуже Карно ..?»	34				
	Σ_{max}	90	Σ :			

Схемы оценивания

Пункт	Содержание	Баллы	Оценки жюри
Задание 10-1. «Лихо закручено» (25 баллов)			
1.1 «Два шарика на нити»			
1.1	Отмечено, что вращение шариков будет происходить вокруг их центра масс, который будет оставаться неподвижным.	2	
	Указано, что траектории шариков будут окружностями, радиусы которых есть расстояния l_1 и l_2 до центра масс. Записана система (1), найдены расстояния (2) $$l_1 = \frac{m_2}{m_1+m_2} l$$ $$l_2 = \frac{m_1}{m_1+m_2} l.$$	3	
	Записан второй закон Ньютона для каждого из шариков, правильно найдены силы натяжения $$m_1\omega^2 l_1 = T_1 \quad \Rightarrow \quad T_1 = m_1\omega^2 \frac{m_2}{m_1+m_2} l = \frac{m_1 m_2}{m_1+m_2}\omega^2 l,$$ $$m_2\omega^2 l_2 = T_2 \quad \Rightarrow \quad T_2 = m_2\omega^2 \frac{m_1}{m_1+m_2} l = \frac{m_1 m_2}{m_1+m_2}\omega^2 l.$$	4	
	Подмечено, что они одинаковы $$T_1 = T_2 = T = \frac{m_1 m_2}{m_1+m_2}\omega^2 l.$$	1	
1.2 «Три шарика на нити»			
1.2	Отмечено, что вращение шариков по-прежнему будет происходить вокруг их центра масс, который будет оставаться неподвижным.	1	
	Правильно записан второй закон Ньютона для движения каждого из шариков (6), (7), (8) по окружности $$m_2\omega^2 x = T_2,$$ $$m_1\omega^2 (l - x) = T_1,$$ $$m_3\omega^2 (\frac{l}{2} - x) = T_2 - T_1.$$	3	
	Из системы найдены расстояние x и угловая скорость ω вращения шариков $$x = \frac{m_1 T_2}{m_1 T_2 + m_2 T_1} l,$$	2	

	$$\omega = \sqrt{\frac{m_1T_2+m_2T_1}{m_1m_2l}}.$$		
	Получено правильное выражение для массы третьего шарика $$m_3 = \frac{2m_1m_2(T_2-T_1)}{m_2T_1-m_1T_2}.$$	2	
1.3 «Космическое вращение»			
1.3	Указано, что центр масс троса находится на середине длины, т.е. можно воспользоваться формулами из предыдущего пункта.	2	
	Использована формула (12) для массы троса с учетом малости $\Delta T \ll T$ $$m_т = \frac{2m_1m_2(T_2-T_1)}{m_2T_1-m_1T_2} = \frac{2m_1m_2\Delta T}{(m_2-m_1)T+m_2\Delta T} = \{\Delta T \ll T\} \approx \frac{2m_1m_2\Delta T}{(m_2-m_1)T}.$$	2	
	Использована формула (11) для угловой скорости космической станции $$\omega_{кс} = \sqrt{\frac{m_1T_2+m_2T_1}{m_1m_2l}} = \sqrt{\frac{(m_1+m_2)T+m_1\Delta T}{m_1m_2l}} = \{\Delta T \ll T\} \approx \sqrt{\frac{(m_1+m_2)T}{m_1m_2l}}.$$	2	
	Решение оформлено аккуратно, с необходимыми комментариями, рисунками и пояснениями.	1	
	Всего за задачу:	25	Σ :
Задание 10-2. «Годограф ускорения» (31 балл)			
Часть 1. Вычисление полного ускорения			
1.1	Правильно записан закон сохранения энергии (1) для движения шарика $$mgh = mgl\cos\alpha = \frac{m\upsilon^2}{2} \Rightarrow \upsilon^2 = 2gl\cos\alpha.$$	1	
	Верно найдено нормальное (центростремительное) ускорение шарика (2) на нерастяжимой нити в данной точке $$a_n = a_{цс} = \frac{\upsilon^2}{R} = \frac{\upsilon^2}{l} = \{(1)\} = 2g\cos\alpha.$$	2	
	Записаны законы Ньютона (3) для двух осей $$\begin{aligned} ma_n &= T - mg\cos\alpha \\ ma_\tau &= mg\sin\alpha \end{aligned}.$$	2	
	Получены правильные формулы (4) для тангенциального (касательного) ускорения и силы натяжения нити $$\begin{aligned} a_\tau &= g\sin\alpha \\ T &= 3mg\cos\alpha \end{aligned}.$$	2	
1.2	Найдено (5) для модуля полного ускорения $$a(\alpha) = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2} = g\sqrt{1+3\cos^2\alpha}.$$	3	
1.3	Записано условие (7) для горизонтального случая $$a_\tau \sin\alpha_1 = a_n\cos\alpha_1 \Rightarrow tg^2\alpha_1 = 2 \Rightarrow \alpha_1 = 55^\circ.$$	2	
	Найдено ускорение (8) в этот момент времени $$a_1 = g\sqrt{1+\frac{3}{1+tg^2\alpha_1}} = g\sqrt{2} = 1{,}4g.$$	3	
Часть 2. Построение годографа полного ускорения шарика			

2.1	Правильно выведены формулы (9) для декартовых проекций полного ускорения $a_x = -3g\sin\alpha\cos\alpha = -\frac{3}{2}g\sin 2\alpha$ $a_y = g(2\cos^2\alpha - \sin^2\alpha)$.	2	
	Верно записаны безразмерные проекции (10) $a_x^*(\alpha) = -3\sin\alpha\cos\alpha$ $a_y^*(\alpha) = 2\cos^2\alpha - \sin^2\alpha$.	2	
2.2	Выполнение этого пункта удобно выполнить после заполнения Таблицы 1. Как следует из таблицы, максимальное (по модулю) горизонтальное ускорение шарика равно $\lvert a_x^*\rvert = \lvert -1{,}5\rvert = 1{,}5$. Максимальное же вертикальное ускорение $a_y^* = 2{,}0$.	2	
2.3	Верно заполнена Таблица 1. Получены правильные расчеты.	3	
2.4	На бланке правильно построен годограф полного ускорения шарика. 	2	
2.5	Доказано (12) – (19), что годограф является окружностью, найдены ее параметры.	4	
	Решение оформлено аккуратно, с необходимыми комментариями, рисунками и пояснениями.	1	
	Всего за задачу:	31	Σ :
	Задание 10-3. Не хуже Карно ..? (34 балла)		
Часть 1. Адиабатный процесс			
1.1	Записана формула (1) для внутренней энергии идеального газа $U = \frac{3}{2}\frac{m}{M}RT = \frac{3}{2}\nu RT$, получено (4) для молярной теплоемкости идеального одноатомного газа $c_V^M = \frac{3}{2}R$.	2	
	Правильно выведено (5) для внутренней энергии идеального газа $U = c_V^M \nu T = \nu c_V^M T$.	1	

1.2	Записано первое начало (закон) (1) термодинамики $$\Delta Q = \Delta U + p\Delta V.$$	1	
	Использованы два близких состояния системы, для которых записаны уравнения Клапейрона–Менделеева (7) $$pV = \nu R\Delta T$$ $$p(V+\Delta V) = \nu R(T+\Delta T)^{\cdot}$$	2	
	Получено (10) для теплоёмкости $$c_p^M = \frac{\Delta Q}{\nu\Delta T} = \frac{c_V^M \nu\Delta T + \nu R\Delta T}{\nu\Delta T}.$$	2	
	Выведено уравнение Майера (11) $$c_p^M = c_V^M + R.$$	1	
	Указано, что теплоёмкость системы не зависит от параметров состояния идеального газа, следовательно, является постоянной величиной в этом процессе.	1	
1.3	Записано уравнение адиабатного процесса ($Q = 0 = \Delta U + A$), указано (14), что работа совершается за счет внутренней энергии газа $$p\Delta V = -\Delta U = -\nu c_V^M \Delta T$$.	1	
	Записано уравнение Клапейрона–Менделеева (15) и получено (16) $$-\frac{R}{c_V^M}\cdot\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta T}{T}.$$	2	
	С учетом математической подсказки выведено (17) для идеального газа $$TV^{\frac{R}{c_V^M}} = TV^{\gamma-1} = \text{const}.$$	2	
1.4	Использовано уравнение Клапейрона–Менделеева для перехода к координатам $$T = \frac{pV}{\nu R} \quad \Longrightarrow \quad \frac{pV}{\nu R}V^{\gamma-1} = \text{const} \quad \Longrightarrow \quad pV^{\gamma} = \text{const}^{*}.$$	1	
1.5.	Построено схематическое изображение изотермы и адиабаты. 	1	
Часть 2. Цикл с адиабатой			
2.1	На участке AB цикла работает нагреватель ($Q_{AB} > 0$). На участке BC цикла работает холодильник ($Q_{BC} < 0$). Участок CA цикла соответствует адиабате ($Q_{CA} = 0$). Найдено количество теплоты (23), полученное от нагревателя $$Q_1 = \frac{5}{2}p_A V_A(n-1).$$	4	
2.2	Использовано уравнение адиабаты, получены выражения (25) и (26) $$p_C = \frac{p_A}{n^{\gamma}},\quad p_C = \frac{p_A}{n^{\gamma}}.$$	2	

2.3	Холодильник работает на участке BC цикла $(Q_{BC} < 0)$. Записано первое начало термодинамики (27) $$Q_2 = Q_{BC} = \frac{3}{2}\nu R\Delta T = \frac{3}{2}(p_A - p_C)nV_A.$$ Получено окончательное выражение (28) через p_A и V_A $$Q_2 = \frac{3}{2}p_A\left(1 - \frac{1}{n^{5/3}}\right)nV_A = \frac{3}{2}p_A V_A\left(n - \frac{1}{n^{2/3}}\right).$$	3	
2.4	Найден термодинамический КПД (29) данного цикла $$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{3}{5}\cdot\frac{\left(n - \frac{1}{n^{2/3}}\right)}{n-1}.$$	2	
2.5	Для оценки η_{max} получена система неравенств (30) (или эквивалентная) $$1 < \frac{\left(n - \frac{1}{n^{2/3}}\right)}{n-1} < \frac{n}{n-1},$$ Найдено значение (31) для η_{max} $$\eta_{max} = \eta(n \to \infty) = 1 - \frac{3}{5}\cdot 1 = \frac{2}{5} = 0{,}40 = 40\%.$$	3	
2.6	Из Рис. 4 найдено отношение объемов, получено (32) для КПД построенного цикла $$\eta = 1 - \frac{3}{5}\cdot\frac{\left(7 - \frac{1}{7^{2/3}}\right)}{7-1} = 0{,}33 = 33\%.$$	2	
	Решение оформлено аккуратно, с необходимыми комментариями, рисунками и пояснениями.	1	
	Всего за задачу:	34	Σ :