11 класс Код работы ________________

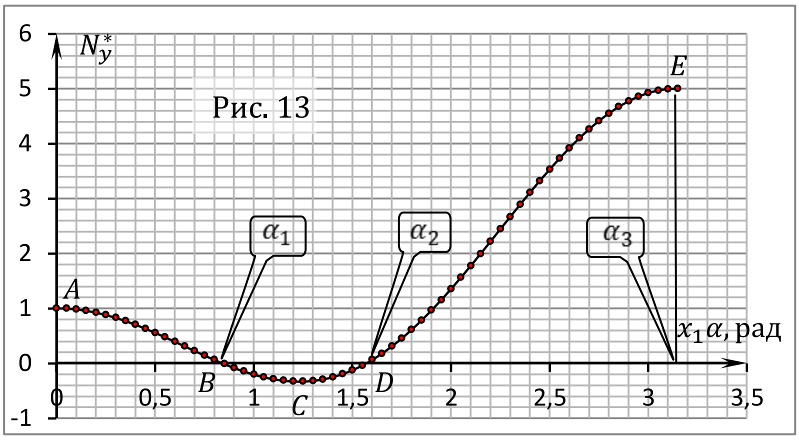
Таблица результатов

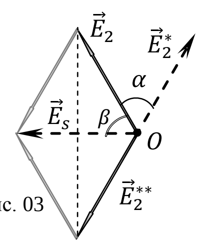
	Задача	Σ_{max}	Балл жюри	Апелляция	Результат	Подпись
11-1.	«Гармоническая разминка»	33				
11-2.	«Миг невесомости»	35				
11-3.	«Прогрессивная электростатика»	38				
	Σ_{max}	106	Σ :			

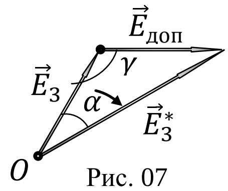
Схемы оценивания

Пункт	Содержание	Баллы	Оценки жюри
Задание 11-1. «Гармоническая разминка» (37 баллов)			
1.1 «Разгон маятника»			
1.1	Записана формула Гюйгенса (1) для «неподвижного» маятника $$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}.$$	1	
	Использован метод «эффективного ускорения» (2) (или эквивалентный) $$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g^*}}.$$	2	
	Проанализированы эффективные ускорения (3), (4, (5) для электрички и лифта (два случая), указано, что равенство возможно только при условии (4) (ускорение лифта направлено вверх) $$g^* = g + a_1.$$	3	
	Записано (6) для равенства периодов $$\sqrt{a_2^2 + g^2} = g + a_1.$$	1	
	Получено и правильно посчитано (7) ускорение электрички (в любом направлении) $$a_2 = \sqrt{a_1(a_1 + 2g)} = 5{,}6 \text{ м/с}^2.$$	2	
	Указано, что лифт может ехать куда угодно – как вверх, так и вниз. Данных условия недостаточно для однозначного ответа.	2	
1.2 «Маятник в шахте»			
1.2	Записано (8) для ускорения свободного падения на поверхности Земли $$g = G\frac{M}{R^2}.$$	1	
	Получено (9) для периода колебаний маятника на поверхности Земли $$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{l\cdot R^2}{GM}} = 2\pi R\sqrt{\frac{l}{GM}}.$$	2	

	Правильно проведено разложение (10) – (12) $$g(h) \approx \frac{1}{\left(1+\frac{h}{R}\right)^2} g = \left(1 - \frac{2h}{R}\right) g.$$	2	
	Выведено (13) для периода колебаний на горе $$T_1(h) = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g(h)}} = T_0\left(1 + \frac{h}{R}\right).$$	1	
	Вычислено (14) – (15) для суточного отставания часов $$N_1 = \frac{24\times60\times60}{1{,}000157} = 86\,386.$$	1	
	Получено (16) для ускорения в шахте $$g(h) = \left(1 - \frac{h}{R}\right) g.$$	2	
	Найдено (17) для периода в шахте $$T_2(h) = T_0\left(1 + \frac{h}{2R}\right).$$	2	
	Получено (18) $$T_0\left(1 + \frac{h_1}{R}\right) = T_0\left(1 + \frac{h_2}{2R}\right) \quad \Rightarrow \quad h_2 = 2h_1 = 2{,}0 \text{ км}.$$	2	
1.3 «Непостоянная планка»			
1.3	Записаны (20) – (22) для вычисления центра масс $$l_1 = \frac{m_2}{m_1+m_2} l$$ $$l_2 = \frac{m_1}{m_1+m_2} l.$$	2	
	Правильно найдено (23) и (24) $$AO = \overset{\frown}{AB} = \alpha R,$$ $$h_1 = BC = R(1 - \cos\alpha) \approx \frac{\alpha^2}{2} R.$$	1	
	Выведено (25) – (26) для потенциальной энергии $$E^{\text{п}} = (m_1 + m_2)g \cdot h_2 = (m_1 + m_2)gR \cdot \frac{\alpha^2}{2}.$$	2	
	Записано (28) для скоростей шариков $$v_1 = \omega(l_1 - \alpha R)$$ $$v_2 = \omega(l_2 + \alpha R).$$	2	
	Получено (29) и преобразовано к виду (30) $$E^{\text{к}} = \frac{\omega^2}{2}(m_1 l_1^2 + m_2 l_2^2).$$	2	
	Правильно записано уравнение для полной энергии (32) $$E^{\text{п}} + E^{\text{к}} = (m_1 + m_2)gR \cdot \frac{\alpha^2}{2} + (m_1 l_1^2 + m_2 l_2^2) \cdot \frac{\omega^2}{2} = const.$$	1	
	Найден период колебаний (35) $$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi\sqrt{\frac{m_1 l_1^2 + m_2 l_2^2}{(m_1+m_2)gR}} = 2\pi\frac{l}{m_1+m_2}\sqrt{\frac{m_1 m_2}{gR}}.$$	2	
	Решение оформлено аккуратно, с необходимыми комментариями, рисунками и пояснениями.	1	
	Всего за задачу:	37	Σ :
Задание 11-2. «Миг невесомости» (35 баллов)			
	Часть 1. Общая теория		
1.1	Правильно нарисованы силы, действующие на бусинку в процессе движения, записан второй закон Ньютона (1) и (2) для ее движения	2	

	$ma_{\text{цс}} = m\frac{v^2}{R} = mg\cos\alpha - N.$		
	Записан закон сохранения энергии (3) $\frac{mv^2}{2} = mgR(1-\cos\alpha) \quad \Rightarrow \quad \frac{v^2}{R} = 2g(1-\cos\alpha).$	1	
	Получено (4) для $N(\alpha)$ $N(\alpha) = mg\cos\alpha - m\frac{v^2}{R} = mg(3\cos\alpha - 2).$	2	
1.2	Из (4) правильно найдено значение $\cos\alpha_1 = \frac{2}{3} \quad \Rightarrow \quad \alpha_1 = 48{,}1° = 0{,}839$ рад.	1	
1.3	Правильно разложена сила реакции на компоненты (6) $\vec{N} = \vec{N}_y + \vec{N}_x$ $N_y(\alpha) = N(\alpha)\cos\alpha.$ $N_x(\alpha) = N(\alpha)\sin\alpha$	2	
	Найдена зависимость (7) $N_y(\alpha) = N(\alpha)\cos\alpha = mg\,(3\cos\alpha - 2)\cdot\cos\alpha.$	2	
1.4	Проведены правильные вычисления, заполнена таблица вычислений.	2	
	В соответстсвие с таблицей на бланке построен график заввисимости $N_y^*(\alpha)$  Рис. 13	3	
1.5	Отмечены участки убывания и возрастания функции, точка минимума, точка максимального значения.	2	
	Часть 2. Работа с графиком		
2.1	Отмечена точка касания графика и оси абсцисс, указано, что здесь вес равен нулю.	1	
	Записано (10) для веса системы $P(\alpha) = Mg + 2N_y(\alpha) = g(M + 2m(3\cos\alpha - 2)\cdot\cos\alpha).$	2	
	Найдена точка экстремума (11) $\cos\alpha_4 = \frac{1}{3} \quad \Rightarrow \quad \alpha_4 = 70{,}5° = 1{,}23$ рад, и значение в минимуме (12) $(3\cos\alpha_4 - 2)\cdot\cos\alpha_4 = -\frac{1}{3}.$	2	
	Записаны (13) и (14) $m = \frac{3}{2}M,$	2	

	учтено начальное условие (15) $$8m_0\text{g} = (M + 2m)\text{g} \quad \Longrightarrow \quad M + 2m = 8m_0.$$		
	Получено верные значения (16) для искомых масс $$m = 3m_0 = 30\text{ г}$$ $$M = 2m_0 = 20\text{ г}^{\cdot}$$	2	
2.2	Указано, что максимальный вес достигается в нижней точке бусинок при $\alpha = \pi$.	2	
	Записано (17) $$P_{max} = P(\alpha = \pi) = 32m_0\text{g}.$$	2	
2.3	Предложен метод оцифровки, указано, как найти систему отсчета, как найти масштабный отрезок (две реперные точки).	2	
	Предложенный метод реализован на графике в тетради.	1	
	Решение оформлено аккуратно, с необходимыми комментариями, рисунками и пояснениями.	1	
	Всего за задачу:	35	Σ :
Задание 11-3. Прогрессивная электростатика (38 баллов)			
	Часть 1. Арифметическая электростатика		
1.1	Методом «мысленного поворота» (или любым другим) показано, что поле $\vec{E}_1$ равно нулю (2) $$\vec{E}_1 = \vec{0}.$$	1	
1.2	Для вычислений использован закон Кулона (3) и принцип суперпозиции электрических полей (4) $$\vec{E}_2 = \sum_i \vec{E}_i = \vec{E}_1 + \cdots + \vec{E}_{n-1} + \vec{E}_n.$$	2	
	Сформулирована идея модернизированного «метода мысленного поворота»: повернуть всю систему на угол α и умножить на (-1). Отмечено (5), что при этом модули соответствующих векторов не изменятся $$E_2 = E_2^{*} = E_2^{**}.$$	3	
	Далее «накладываем» полученную систему на старую, строим векторную диаграмму, записано (6) $$\vec{E}_s = \vec{E}_2 + \vec{E}_2^{**}.$$  Рис. 03	2	
	Указано, это же поле есть поле точечного заряда $(-nq_0)$, находящегося в первой точке цепочки (7) $$E_s = \frac{nq_0}{4\pi\varepsilon_0 R^2}.$$	2	
	Из векторной диаграммы получено (8) $$E_s = 2E_2 \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad \Longrightarrow \quad E_2 = \frac{E_s}{2\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)}.$$	2	
	Из (7) и (8) найдено искомое значение (9) $$E_2 = \frac{nq_0}{8\pi\varepsilon_0 R^2 \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)} = \frac{nq_0}{8\pi\varepsilon_0 R^2 \sin\left(\frac{\pi}{n}\right)} = \frac{n}{2\sin\left(\frac{\pi}{n}\right)} E_0.$$	2	

	Из векторной диаграммы найден угол β $\beta = \frac{\pi}{2} - \frac{\alpha}{2} = \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{n} = \frac{n-2}{2n}\pi.$	1	
1.3	Из векторной диаграммы найдено количество вершин n многоугольника (11) и угол α $\beta = 2\alpha \quad \Rightarrow \quad \frac{n-2}{2n}\pi = 2\frac{2\pi}{n} \quad \Rightarrow \quad n = 10.$	2	
	Проведены расчеты (13) и (14) , сохранено три значащие цифры $E_2 = 5{,}00 \cdot 10^3 \ \frac{\text{В}}{\text{м}} = 5{,}00 \ \frac{\text{кВ}}{\text{м}},$ $\beta = \frac{10-2}{2 \cdot 10}\pi = \frac{2\pi}{5} = 1{,}26 \text{ рад} = 72{,}0°.$	3	
	Часть 2. Геометрическая электростатика		
2.1	Вычислена напряжённость E_0 (15) $E_0 = \frac{q_0}{4\pi\varepsilon_0 R^2} = 588 \ \frac{\text{В}}{\text{м}}.$	1	
2.2	Сформулирована идея вновь модернизированного «метода мысленного поворота»: удвоить все заряды и повернуть всю систему на угол α. Результирующий вектор $\vec{E}_3^*$ также удвоится. При этом векторная диаграмма примет вид:  Рис. 07	2	
	Указано, это же поле есть поле старой системы и точечного заряда $(2^n - 1) \cdot q_0$, находящегося в первой точке цепочки. Записано (16) для его напряженности $\vec{E}_{\text{доп}} = (2^n - 1) \cdot \vec{E}_0.$	2	
	Записаны принцип суперпозиции (17) и теорема косинусов (18) $(E_{\text{доп}})^2 = (E_0 \cdot (2^n - 1))^2 = E_3^2 + 4E_3^2 - 2E_3(2E_3)\cos\alpha.$	3	
	Получен верный результат (19) для напряженности $E_3 = \frac{2^n - 1}{\sqrt{5 - 4\cos\alpha}} E_0 = \frac{(2^n - 1) \cdot q_0}{4\pi\varepsilon_0 R^2 \sqrt{5 - 4\cos\left(\frac{2\pi}{n}\right)}}.$	2	
	По теореме синусов найден угол γ (21) $\sin\gamma = \frac{2(2^n - 1)}{\sqrt{5 - 4\cos\alpha}} E_0 \cdot \frac{\sin\alpha}{E_0 \cdot (2^n - 1)} = \frac{2\sin\alpha}{\sqrt{5 - 4\cos\alpha}} = \frac{2\sin\left(\frac{2\pi}{n}\right)}{\sqrt{5 - 4\cos\left(\frac{2\pi}{n}\right)}}.$	2	
2.3	Указано, что в этом случае треугольник напряженностей прямоугольный, записано (22) $\sin\gamma = \sin\frac{\pi}{2} = 1 = \frac{2\sin\alpha}{\sqrt{5 - 4\cos\alpha}}.$	1	
	Найдено значение угла (23) и числа сторон (24) $\cos\alpha = \frac{1}{2} \quad \Rightarrow \quad \alpha = \frac{\pi}{3} = 60°, n = \frac{2\pi}{\alpha} = 6.$	2	
	Проведены расчеты (25) и (26) $E_3 = 21{,}4 \cdot 10^3 \left(\frac{\text{В}}{\text{м}}\right) = 21{,}4 \left(\frac{\text{кВ}}{\text{м}}\right).$	2	
	Решение оформлено аккуратно, с необходимыми комментариями, рисунками и пояснениями.	1	
	Всего за задачу:	38	Σ :