Шифр

$\sum$

9-T1. Отрыв

№	Пункт разбалловки	Балл	Пр	Ап
1.1	Правильно записан второй закон Ньютона для груза в момент отрыва шарика.	0.4		
1.2	Найдена сила натяжения нити в момент отрыва шарика $T = Mg$	0.4		
1.3	Правильно записан второй закон Ньютона для шарика в проекции на вертикальную ось.	0.5		
1.4	Утверждение, что в момент отрыва сила реакции опоры на шарик равна нулю.	0.4		
1.5	Обоснованное утверждение, что в момент отрыва проекция ускорения шарика на вертикальную ось равна нулю или ускорение шарика направленно горизонтально.	0.5		
1.6	Найден ответ на первый вопрос: $\frac{m}{M} = \sin\alpha$. В случае, если ответ получен необосновано или из неверных соображений, балл за данный пункт не ставится.	1.0		
2.1	Найдена связь между скоростью шарика v и скоростью груза u: $u = v\cos\alpha$	1.0		
2.2	1. Утверждение о том, что при данных условиях в системе сохраняется механическая энергия. 2а. Верно записано выражение для изменения кинетической энергии системы. 3а. Верно записано выражение для изменения потенциальной энергии системы. либо 2б. Записана механическая энергия для начального состояния системы. 3б. Записана механическая энергия для конечного состояния системы. Потенциальная энергия системы может быть выражена через любой введенный геометрический параметр. Если закон сохранения механической энергии записан сразу в виде одного верного выражения, то баллы ставятся за все пункты.	3 точки по 0.6		

2.3	Найдена правильная геометрическая связь между высотой опускания груза Δl и высотой блока h над поверхностью или длиной наклонной части нити l в момент отрыва через $\sin\alpha$ и $\sin\beta$, либо другие тригонометрические функции α и β: $$\Delta l = h(1/\sin\alpha - 1/\sin\beta), \Delta l = l(1-\sin\alpha/\sin\beta)$$	1.0		
2.4	Правильно записан второй закон Ньютона для шарика в проекции на горизонтальную ось в момент отрыва шарика.	0.2		
2.5	Найдено ускорение шарика $a = \dfrac{\cos\alpha}{\sin\alpha} g$	0.2		
2.6	Найдена проекция ускорения шарика на ось, сонаправленную наклонному участку нити, в момент отрыва шарика: $a_z = a\cos\alpha = \frac{g\cos^2\alpha}{\sin\alpha}$.	0.5		
2.7	Присутствуют рассуждения о том, что в системе отсчета точки A (точки касания наклонного участка нити и блока) нормальное ускорение равняется a_z.	0.5		
2.8	Указано, что шарик движется по окружности относительно точки касания наклонного участка нити и блока (т. A)	0.5		
2.9	Найдено нормальное (центростремительное) ускорение шарика в системе отсчета точки A. $$a_n = \frac{v_\perp^2}{l}$$	0.5		
2.10	Найдено $v_\perp = v\sin\alpha$ или $v_\perp = u\tan\alpha$	0.5		
2.11	Найдена связь между скоростью v шарика и геомертическими параметрами, такими как высота блока h над поверхностью или длина наклонной части нити l в момент отрыва: $h = \dfrac{\sin^4\alpha}{\cos^2\alpha}\cdot\dfrac{v^2}{g}$, $l = \dfrac{\sin^3\alpha}{\cos^2\alpha}\cdot\dfrac{v^2}{g}$. Тригонометрический множитель может быть представлен в любом эквивалентном виде.	1.0		

2.12	Найден правильный ответ: $$\sin\beta = \frac{2\sin^4\alpha}{\sin\alpha + \sin^3\alpha + \cos^4\alpha}$$ Тригонометрическое выражение может быть представлено в любом эквивалентном виде.	1.0		

Шифр

$\sum$

9-Т2. Аквариум на пружинах

№	Пункт разбалловки	Балл	Пр	Ап
	В этой задаче атмосферное давление не учитывается, если участник учитывал атмосферное давление, то для сравнения работы участника и разбалловки, принять атмосферное давление равным нулю.			
1.1	Найдена сила давления на боковую поверхность $F_P = \frac{1}{2}\rho g a^3$	1.0		
1.2	Приведены правильные рассуждения, определяющие, что точка приложения силы для нахождения моментов находится на высоте $a/3$	3.0		
1.3	Найдены условия на силы: (1) правило моментов относительно нижнего ребр (2) правило моментов относительно верхнего ребра (3) условие на результирующую силу	3 точки по 0.5		
1.4	Из ограничений на силы предыдущего пункта находим ограничения на деформацию: (1) $\Rightarrow \Delta x \geqslant \frac{\rho g a^3}{12k}$ (2) $\Rightarrow \Delta x \geqslant \frac{\rho g a^3}{3k}$ (3) $\Rightarrow \Delta x \geqslant \frac{\rho g a^3}{6k}$	3 точки по 0.5		
1.5	Получен правильный ответ: $\Delta x_{min} = \frac{\rho g a^3}{3k}$ в результате анализа трёх возможных случаев.	2.0		
2.1	Найдены условия на силы: (1) правило моментов относительно нижнего ребра (2) правило моментов относительно верхнего ребра (3) условие на результирующую силу	3 точки по 0.5		
2.2	Из ограничений на силы предыдущего пункта находим ограничения на деформацию: (1) $\Rightarrow \Delta x \geqslant \frac{\rho g a^3}{6k}$ (2) $\Rightarrow \Delta x \geqslant \frac{\rho g a^3}{6k}$ (3) $\Rightarrow \Delta x \geqslant \frac{\rho g a^3}{6k}$	0.5		
2.3	Найден правильный ответ:$\Delta x_{min} = \frac{\rho g a^3}{6k}$ в результате анализа трёх возможных случаев.	1.0		

Шифр

$\sum$

9-Т3. Холодильник

№	Пункт разбалловки	Балл	Пр	Ап
1	Записана связь мощности тепловых потерь с массой замерзающей воды $N\Delta\tau = \Delta m\lambda$ или аналог.	1.0		
2	Получено изменение объёма содержимого сосуда в результате замерзания воды Δm льда $\Delta V = \dfrac{\Delta m}{\rho_л} - \dfrac{\Delta m}{\rho_в}$ или аналог.	1.0		
3	Явно указано, что поршень двигается вверх.	1.0		
4	Записана зависимость мощности потерь от высоты поршня и температуры холодильника $N \sim h \cdot (t_0 - t)$.	1.0		
5	Получено выражение для скорости $v = \dfrac{2\alpha(\rho_в - \rho_л)}{\lambda\rho_в\rho_л R} \cdot h(t_0 - t)$.	2.0		
6	Получен ответ на первый вопрос $$v = \frac{2\alpha(\rho_в - \rho_л)}{\lambda\rho_в\rho_л R} \cdot h_1(t_0 - t_1).$$	1.0		
1	Записан объём системы к моменту окончания кристаллизации через известные величины: $$V_{max} = \pi R^2 h_1 \frac{\rho_в}{\rho_л},$$ или уравнение теплового баланса для всего процесса кристаллизации: $$N\tau_{max} = m_0\lambda,$$ где m_0– начальная масса воды, или выражение для высоты поршня к моменту окончания кристаллизации: $$h_{max} = h_1 \frac{\rho_в}{\rho_л}.$$	1.0		

2	Продолжительность процесса выражена через величины известные из условия: $$\tau_{max} = \frac{\lambda\rho_в R}{2\alpha(t_0 - t_1)}.$$	1.0		
1	Получена зависимость $t = t_0 - (t_0 - t_1)\dfrac{h_1}{h_1 + v\tau}$ или аналог.	1.5		
1	Найдена конечная температура холодильника $t_к = t_0 - (t_0 - t_1)\dfrac{\rho_л}{\rho_в}$.	1.0		
2	В последних двух ответах присутствует t_0 без подстановки	0.5		

Шифр

$\sum$

9-Т4. Постоянный ток

№	Пункт разбалловки	Балл	Пр	Ап
1.1	Замечена симметрия схемы при повороте на 120° относительно центральной точки цепи.	2.0		
	В работе доказано, что через все источники протекают одинаковые токи, при этом равные I_0.			
1.2	Записана алгебраическая сумма токов для центрального узла.	1.0		
1.3	Получена связь электрических токов, протекающих через вершину A и участок $1-2$, или аналогичные выражения для других вершин.	2.0		
1.4	Верно записано уравнение для нахождения электрического тока, протекающего через участок $1-6$ (или участки $2-3$,$4-5$) схемы.	2.0		
1.5	Верно найден электрический ток, протекающий через участок $1-6$ (или участки $2-3$,$4-5$) схемы.	1.0		
1.6	Верно записана сумма токов для узла 1 (3 или 5) и получена правильная связь токов в цепи с током I_0.	2.0		
1.7	Указаны участки цепи, через которые протекает минимальный ток	1.0		
1.8	Найдено значение $I_{min} = \dfrac{I_0}{5}$.	1.0		

Шифр

$\sum$

9-Т5. Угловая высота камня

№	Пункт разбалловки	Балл	Пр	Ап
1.1	Показано, что максимальное значение угла реализуется, когда Леопольд расположен снаружи искомой параболы	1.0		
1.2	Обосновано, что в искомый момент времени t_1 луч зрения направлен по касательной к траектории камня.	1.0		
1.3	Указано, что в момент времени t_1 скорость камня направлена прямо на Леопольда.	1.0		
1.4	**Метод 1.** Правильно указаны углы в векторном треугольнике скоростей	1.0		
1.5	**Метод 1.** Правильно применена теорема синусов или косинусов в треугольнике скоростей.	1.0		
1.6°	**Метод 2.** Записано условие равенства проекций v_{0x} и v_{1x} на горизонтальную ось: $$v_0 \sin\alpha_0 = v_1 \cos\alpha_1$$	1.0		
1.7°	**Метод 2.** Проекции скоростей на вертикальную ось y связаны со временем t_1: $$v_1 \sin\alpha_1 + v_0 \cos\alpha_0 = gt_1$$	1.0		
1.8	Получено правильное выражение для t_1: $$t_1 = \frac{v_0 \sin(90 + \alpha_1 - \alpha_0)}{g \sin(90 - \alpha_1)}$$	2.0		
1.9	Определено численное значение t_1: $$t_1 = (1.25 \pm 0.02)\ \text{ с}$$	1.0		

2.1	Найдены зависимости $x(t)$ и $y(t)$ (по 0.5 балла за каждую), или аналогичные им: $x(t) = L - v_0 \sin\alpha_0 t \qquad y(t) = L \operatorname{tg}\alpha_0 + v_0 \cos\alpha_0 t - \frac{gt^2}{2}$	2 точки по 0.5		
2.2	Получено выражение для $\operatorname{tg}\alpha(t)$: $\operatorname{tg}\alpha(t) = \frac{L \operatorname{tg}\alpha_0 + v_0 \cos\alpha_0 t - gt^2/2}{L - v_0 \sin\alpha_0 t}$	1.0		
2.3	Получено выражение для L через t_1: $L = \frac{v_0 t_1(\cos\alpha_0 + \operatorname{tg}\alpha_1 \sin\alpha_0) - gt_1^2/2}{\operatorname{tg}\alpha_1 - \operatorname{tg}\alpha_0}$	0.5		
2.4	Определено численное значение L: $L = (24.6 \pm 0.3)\ \text{м}$	1.5		