Шифр

$\sum$

9-Т1. Игра в шайбу

№	Пункт разбалловки	Балл	Пр	Ап
1	В решении указано, что при отражении от первой стороны шайба не сможет попасть в точку B.	1.0		
2	В решении указано, что при отражении от 3-й стороны шайба попадет в точку B при условии, что ускорение свободного падения направлено вдоль AB.	1.0		
3	При ударе от второй или четвёртой стороны предложено разложить движение по осям вдоль и перпендикулярно отрезку AB.	1.0		
4	Из движения по оси y найдено время полета из A в B: $$t = 2\sqrt{\frac{2H}{g_y}}.$$	1.0		
5	В решении используется, что движение вдоль оси x равноускоренное.	1.0		
6	Получено соотношение $$\frac{g_x}{g_y} = \frac{L}{4H},$$ или аналогичное верное.	2.0		
7	Верно найдены координаты точек C_1 и C_2, или в работе присутствуют аналогичные верные рассуждения, позволяющие определить ориентацию рамки для случаев отскока от второй и четвертой стенок.	2 точки по 1.0		
8	Верно рассчитаны углы между AB и ускорением свободного падения.	3 точки по 1.0		

Шифр

$\sum$

9-Т2. Нелинейная лента

№	Пункт разбалловки	Балл	Пр	Ап
1.1	Верно записана связь внешней силы и сил упругости: $F = F_1 + F_2$.	1.0		
1.2	Использован закон Гука для первой пружины $F_1 = k\Delta x_1$.	0.5		
1.3	Использован закон Гука для второй пружины $F_2 = k\Delta x_2$.	0.5		
1.4	Записана верная связь удлинений: $\Delta x_1 + \Delta x = \Delta x_2$.	1.0		
1.5	Получена зависимость $$\Delta x = \Delta x(F_1) = \frac{F}{k} - \frac{2}{k}F_1$$ или $$F_1(\Delta x) = \frac{F}{2} - \frac{k}{2}\Delta x.$$	1.5		
	Случай $F = 1$ Н			
1.6	Указано, что при малых растягивающих силах лента ведёт себя как пружина, подчиняющаяся закону Гука $F_1 = k_0\Delta x$.	0.5		
1.7	Метод нахождения коэффициента жесткости ленты при малых деформациях (касательная к начальному участку).	1.0		
1.8	Найден коэффициент жесткости ленты при малых деформациях $k_0 \in [108; 132]$ Н/м.	0.5		
	Ответы для удлинений пружин в случае малой растягивающей силы F			
1.9	$\Delta x \in [2{,}6; 3{,}2]$ мм.	0.5		
1.10	$\Delta x_1 \in [3{,}1; 3{,}9]$ мм.	0.5		
1.11	$\Delta x_2 \in [5{,}7; 7{,}1]$ мм.	0.5		
	Случай $F = 20$ Н			
1.12	Использована идея построения зависимости $(1')$ (аналог нагрузочной прямой из электричества) на графике в случае большой растягивающей силы F.	1.0		

	Ответы для удлинений пружин в случае большой растягивающей силы F			
1.13	$\Delta x \in [6{,}0; 7{,}0]$ см.	0.5		
1.14	$\Delta x_1 \in [6{,}5; 7{,}0]$ см.	0.5		
1.15	$\Delta x_2 \in [12{,}5; 14{,}0]$ см.	0.5		
2.1	Предложен корректный способ нахождения F_{max}, используя точку (25 см, 14 Н).	1.0		
2.2	Получен ответ $F_{max} = 53$ Н.	0.5		

Шифр

$\sum$

9-Т3. Тянем-потянем

№	Пункт разбалловки	Балл	Пр	Ап
1.1	Корректными рассуждениями получено $u(0) = v$.	1.0		
2.1	**Метод 1.** Предложено записать условие нерастяжимости куска нити от втулки до точки C около колечка.	1.0		
2.2	**Метод 1.** Правильно определена скорость точки C в некоторой системе отсчета.	1.0		
2.3	**Метод 1.** Найдена проекция скорости втулки на нить.	0.5		
2.4	**Метод 1.** Найдена проекция скорости точки C на нить.	0.5		
2.5°	**Метод 2.** Длина нити выражена через параметры системы.	1.0		
2.6°	**Метод 2.** Выражение для длины нити корректно продифференцировано.	2.0		
2.7°	**Метод 3.** Найдены перемещения колечка и втулки за небольшой промежуток времени.	1.0		
2.8°	**Метод 3.** Найдено изменение расстояния между втулкой и колечком: $\Delta R = v\Delta t\cos\alpha - u\Delta t\sin\alpha$.	1.0		
2.9°	**Метод 3.** Корректно записано условие нерастяжимости нити.	1.0		
2.10	Получен правильный ответ: $$u = v\frac{1+\cos\alpha}{\sin\alpha}.$$	2.0		
3.1	**Метод 1.** Рассматривается круговое относительное движение втулки и точки C или же напрямую записывается формула Ривальса.	1.0		

3.2	**Метод 1.** Найдена относительная скорость движения по окружности $$u_{\text{отн}} = v\frac{1+\cos\alpha}{\sin\alpha}$$ или угловая скорость вращения $$\omega = \frac{v}{l}\frac{(1+\cos\alpha)^2}{\sin\alpha}.$$	1.0		
3.3	**Метод 1.** Записано $a_n = v^2/R$.	0.5		
3.4	**Метод 1.** Связь нормальной проекции и полного ускорения втулки: $a = a_n/\sin\alpha$.	0.5		
3.5°	**Метод 2.** Выражение для скорости втулки корректно продифференцировано по времени.	2.0		
3.6°	**Метод 2.** Из нерастяжимости нити получено правильное выражение, связывающее координату с длиной нити: $$y = \frac{l\sin\alpha}{1+\cos\alpha}.$$ Или аналогичное верное уравнение, позволяющее получить правильный ответ для ускорения втулки.	1.0		
3.7	Получено ускорение втулки: $$a = \frac{v^2(1+\cos\alpha)^3}{\sin^3\alpha\cdot l}.$$	1.0		
3.8	Записан второй закон Ньютона для втулки в проекции на стержень: $ma = T\sin\alpha$.	0.5		
3.9	Получена связь силы F и силы натяжения нити: $F = T + T\cos\alpha$.	0.5		
3.10	Получен верный ответ для $$F = m\frac{v^2(1+\cos\alpha)^4}{l\cdot\sin^4\alpha}.$$	1.0		

Шифр

$\sum$

9-T4. Нагрев жидкости

№	Пункт разбалловки	Балл	Пр	Ап
1.1	Получена верная зависимость плотности от температуры: $$\rho(t) = \rho_0 - \frac{\rho_0}{2} \cdot \frac{t - t_0}{t_0} = \rho_0 \frac{3t_0 - t}{2t_0}.$$	0.5		
1.2	Найдена плотность (или температура), при которой жидкость из левого сосуда начнёт перетекать в правый: $$\rho = 0{,}95\rho_0 \text{ или } t_1 = 1{,}1t_0.$$	1.0		
1.3	Верно найдена конечная масса m_L жидкости в левом сосуде: $$m_L = 2\rho_0 SH.$$	0.5		
1.4	Получена полная масса m жидкости: $$m = 4{,}75\rho_0 SH.$$	0.5		
1.5	Вычислена масса m_R жидкости в правом сосуде после нагрева: $$m_R = 2{,}75\rho_0 SH.$$	1.0		
1.6	Верно найдено давление на дно: $$p_{\text{дно}} = 2{,}75\rho_0 gH.$$	0.5		

2.1	Записана связь давлений: $$p_к = p_{дно} - 0{,}5\rho_0 gH.$$	0.5		
2.2	Верно найдено давление жидкости на крышку в сосуде большего сечения: $$p_к = 2{,}25\rho_0 gH.$$	0.5		
3.1	Получено выражение для массы, перетекающей в правый сосуд: $$\Delta m = 4SH\,\Delta\rho,$$ или аналогичное верное.	0.5		
3.2	**Метод 1.** Выведено выражение для малого количества теплоты, поступающего в правый сосуд: $$\Delta Q = 4cSH(t - t_0)\Delta\rho.$$	0.5		
3.3	**Метод 1.** В работе указано или используется, что величина ΔQ пропорциональна площади полоски шириной $\Delta\rho$ и длиной $t - t_0$, домноженной на $4cSH$.	2.0		
3.4	**Метод 1.** Найдено количество теплоты, поступившее в правый сосуд за счёт перетекания жидкости: $$Q = 0{,}99\rho_0 t_0 cSH.$$	1.0		
3.5°	**Метод 2.** В уравнении теплового баланса используется средняя температура перетекающих порций жидкости, при этом присутствует обоснование этого подхода, основанное на линейности зависимости плотности от температуры.	0.5		

3.6°	**Метод 2.** Найдена средняя температура приходящих порций жидкости: $$t_{\text{ср}} = 1{,}55t_0.$$	2.0		
3.7°	**Метод 2.** Верно составлено уравнение теплового баланса для правого сосуда: $$m_{R0}c(t_R - t_0) + \Delta mc(t_R - t_{\text{ср}}) = 0.$$	1.0		
3.8°	**Метод 3.** Получено выражение для малой массы, перетекающей при возрастании температуры на $\mathrm{d}t$: $$\mathrm{d}m = \frac{2\rho_0 SH}{t_0}\,\mathrm{d}t.$$	0.5		
3.9°	**Метод 3.** Количество теплоты, переносимое малой массой: $$\mathrm{d}Q = c(t - t_0)\frac{2\rho_0 SH}{t_0}\,\mathrm{d}t.$$	1.0		
3.10°	**Метод 3.** Полученное выражение проинтегрировано от $1{,}1t_0$ до $2t_0$: $$Q = \frac{2\rho_0 SHc}{t_0}\int\limits_{1,1t_0}^{2t_0}(t - t_0)\,\mathrm{d}t = \frac{2\rho_0 SHc}{t_0}\left[\frac{(t-t_0)^2}{2}\right]\Bigg\vert_{1,1t_0}^{2t_0}.$$	1.0		
3.11°	**Метод 3.** Найдено количество теплоты, поступившее в правый сосуд за счёт перетекания жидкости: $$Q = 0{,}99\rho_0 t_0 cSH.$$	1.0		

3.12	Получено выражение для конечной температуры в правом сосуде: $$t_R = t_0 + \frac{Q}{cm_R}.$$	1.0		
3.13	Получено верное значение конечной температуры: $$t_R = 1{,}36 t_0.$$	2.0		

Шифр

$\sum$

9-Т5. Звезда и треугольник

№	Пункт разбалловки	Балл	Пр	Ап
1.1	**Метод 1.** В решении корректно используется метод наложения.	1.0		
1.2	**Метод 1.** Предложены две схемы, которые предлагается наложить друг на друга.	1.0		
1.3	**Метод 1.** В предложенных схемах верно расставлены токи через все резисторы (по 0,5 балла за каждую схему).	2 точки по 0.5		
1.4°	**Метод 2.** При решении правильно использовано первое правило Кирхгофа.	1.0		
1.5°	**Метод 2.** При решении правильно использовано второе правило Кирхгофа.	1.0		
1.6°	**Метод 2.** Найдены силы тока в каждом из шести резисторов, выраженные через введённые неизвестные токи.	0.5		
1.7°	**Метод 2.** Записана система уравнений, позволяющая верно выразить введённые токи через I и/или I_0.	0.5		
1.8	Верно определены значения сил токов, выраженные через I и I_0, в каждом из шести резисторов исходной цепи.	6 точек по 0.5		
1.9	Найдено, что $\Delta I_{\text{верх}} = 0$.	0.5		
2.1	Найдено, что $\Delta I_{\text{нижн}} = \Delta I/2$.	0.5		
3.1	Указано, что только через резистор $2R$ между узлами A и B ток может быть равным нулю.	1.0		
3.2	Получено значение регулируемой силы тока $I' = I_0/2$, при которой происходит обнуление силы тока через резистор $2R$ между узлами A и B.	1.0		
4.1	Предложен верный способ расчета мощности при произвольных I и I_0.	0.5		
4.2	Получено выражение $$P(I) = RI^2 + \frac{2}{3}II_0R + \frac{2}{3}RI_0^2.$$	1.0		

4.3	Верное найдена сила тока, при которой мощность минимальна: $$I^* = -\frac{I_0}{3}.$$	1.0		
4.4	Найдено значение минимальной мощности: $$P_{\min} = P(I^*) = \frac{5}{9} R I_0^2;$$	0.5		