

Младшая лига. Схемы оценивания.

Задание 1. Простая задача про простые механизмы (8 баллов)

Нумерация		Критерии	баллы		
п	пп		п	пп	квант
1		Ворот	1		
		Формула $F_0 l = mgh$			0,5
		Формула $m = \frac{F_0 R_1}{g R_2}$			0,5
2		Полиспаst	2		
		Формула $m_0 gl = \left(M + \frac{m_1}{2} \right) gh$		1	
		Максимальная сила тяги $m_0 gl$			0,3
		Число подвижных блоков - 4			0,2
		Равенство работ			0,5
		Формула $M = 8m_0 - \frac{m_1}{2}$		1	
3		Сделай сам	3		
		Любая схема с блоками, удовлетворяющая условию			3
4		Лебедка	2		
		Геометрическое соотношение $h = r \varphi_5 = r \frac{1}{16} \frac{2\pi}{n_1}$		1	
		Удвоение силы на каждой шестерне			0,2
		Один оборот рукояти – сдвиг на один зуб			0,3
		Получена формула			0,5
		«Золотое правило» $F_0 L = mgh$		0,5	
		Формула $m = 16n_1 \frac{l F_0}{r g}$		0,5	
		ВСЕГО	8		

Задание 2. Системы единиц. (12 баллов)

Нумерация		Критерии	баллы		
п	пп		п	пп	квант
Часть 1. Система СИ.					
1.1 Паскаль			2		
1.1.1	Размерность		1		
	$[p] = \frac{[F]}{[S]} = \frac{H}{m^2} = \frac{кг \cdot м}{c^2 \cdot м^2} = \frac{кг}{c^2 \cdot м}$				
	Формула для давления				0,2
	Размерность Ньютона				0,3
	Размерность ускорения				0,2
	Окончательный результат				0,3
	Остались производные единицы				(0)
1.2.1	Результат		1		
	1" дюйм" = 3,26 · 10 ³ Па				
	Формула P = ρgh				0,3
	Численный результат				0,7
	Погрешность больше, чем 0,2 кПа				(0)
	Не правильное округление				-0,1
1.2 Джоуль			2		
1.2.1	Размерность		1		
	$Дж = H \cdot м = \frac{кг \cdot м}{c^2} \cdot м = \frac{кг \cdot м^2}{c^2}$				
	Формула для работы				0,5
	Результат				0,5
	Остались производные единицы				(0)
1.2.2	Формула		1		
	$1 \phi \cdot \phi = 450 \cdot 10^{-3} кг \cdot 9,81 \frac{м}{c^2} \cdot 30,5 \cdot 10^{-2} м = 1,35 Дж$				
	Формула A = mgh				0,3
	Численное значение				0,7
	Погрешность больше, чем 0,2 Дж				(0)
	Не правильное округление				-0,1
1.3 Ом			2		
1.3.1	Размерность		1		
	$Ом = \frac{Дж}{A^2 \cdot c} = \frac{кг \cdot м^2}{c^2 \cdot A^2 \cdot c} = \frac{кг \cdot м^2}{c^3 \cdot A^2}$				
	Формула для сопротивления $R = \frac{U}{I} = \frac{A}{It} \cdot \frac{1}{I}$				0,3
	Закон Джоуля –Ленца равносильно				
	Размерность Джоуля				0,2
	Окончательный результат.				0,5
	Остались производные единицы				(0)
1.3.2	Численное значение		1		
	1 Ом = 6,00 · 10 ³ " см"				
	Формула $R = \rho \frac{l}{S}$				0,3
	Численное значение				0,7
	Погрешность больше, чем 2 м				(0)
	Не правильное округление				-0,1

Часть 2. Планковская система единиц				
		Размерность скорости света $[c] = \frac{M}{c}$		0,1
		Размерность гравитационной постоянной $[G] = \frac{[F] \cdot [R^2]}{[m^2]} = \frac{кг \cdot м \cdot м^2}{c^2 \cdot кг^2} = \frac{м^3}{c^2 \cdot кг}$		0,2
		Формула $F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$		0,1
		Результат		0,1
		Остались производные единицы		(0)
		Размерность постоянной Планка $[h] = \frac{[E]}{[\nu]} = Дж \cdot с = \frac{кг \cdot м^2}{c^2} \cdot c = \frac{кг \cdot м^2}{с}$		0,2
		Формула $E = h\nu$		0,1
		Результат		0,1
		Остались производные единицы		(0)
2.1	Планковская длина			
2.1.1		Формула $l_p = \sqrt{\frac{Gh}{c^3}}$		1,4
		Идея: уравнения размерностей		0,4
		Система уравнений		0,07
		Значения степеней		3x0,1
2.1.2		Численное значение $l_p = \sqrt{\frac{Gh}{c^3}} = 4,05 \cdot 10^{-35} м$		0,7
		Ошибка больше, чем 10%		(0)
		Не правильное округление		-0,1
2.2	Планковское время			
2.2.1		Формула $t_p = \frac{l_p}{c} = \sqrt{\frac{Gh}{c^5}}$		1
		Система уравнений размерностей		0,7
		Значения степеней		3x0,1
2.2.2		Численное значение $t_p = \sqrt{\frac{Gh}{c^5}} = 1,35 \cdot 10^{-43} с$		0,7
		Ошибка больше, чем 10%		(0)
		Не правильное округление		-0,1
2.3	Планковская масса			
2.3.1		Формула $m_p = \sqrt{\frac{hc}{G}}$		1
		Система уравнений размерностей		0,7
		Значения степеней		3x0,1
2.3.2		Численное значение $m_p = \sqrt{\frac{hc}{G}} = 5,46 \cdot 10^{-8} кг$		
		Ошибка больше, чем 10%		(0)
		Не правильное округление		-0,1
		ВСЕГО за Задание	12	

Задание 3. Приключения Гулливера (10 баллов)

Нумерация		Критерии	баллы		
п	пп		п	пп	квант
		1.1. Массы тел	1		
		Масса $m = m_0 \lambda^3$			0,4
		Масса лилипута (точно)			0,3
		Масса великана (точно)			0,3
		1.2. Перевозка Гулливера	2		
		Формула $F_0 = \frac{\mu}{R_0} m_0 g$		0,5	
		Уравнение $N F_0 \lambda^2 = \frac{\mu}{\lambda R_0} m_0 g$		0,7	
		Сила пропорциональна λ^2			0,3
		Радиус колеса пропорционален λ			0,1
		формула			0,3
		Формула $N = \frac{1}{\lambda^3} = n^3 = 1000$		0,5	
		Число (точно)		0,3	
		1.3. Прыжки в высоту	3		
		Уравнение сохранения энергии $F_0 b_0 = m_0 g (b_0 + h_0)$		0,5	
		Уравнение $(\lambda^2 F_0)(\lambda b_0) = \lambda^3 m_0 g (\lambda b_0 + h)$		1,0	
		Сила пропорциональна λ^2			0,2
		Масса пропорциональна λ^3			0,2
		Высота разгона пропорциональна λ			0,3
		Полное уравнение			0,3
		Формула $h = h_0 + (1 - \lambda) b_0$		0,5	
		Численное значение высоты лилипута		0,3	
		Великан не подпрыгнет		0,7	
		Указано, что не хватит силы			0,2
		2. Термодинамика	2		
		Уравнение теплового баланса $w m_0 = \beta S_0 (t_0 - t_{air})$		0,6	
		Выделение теплоты пропорционально массе			0,1
		Потери теплоты пропорциональны площади			0,1
		Есть разность температур			0,2
		Уравнение «с пропорциями» $w \lambda^3 m_0 = \beta \lambda^2 S_0 (t - t_{air})$		0,6	
		Масса пропорциональна λ^3			0,2
		Площадь пропорциональна λ^2			0,2
		Итоговая формула $t = t_{air} + \lambda (t_0 - t_{air})$		0,4	
		Численное значение температуры лилипута $t \approx 22^\circ$		0,2	
		Численное значение температуры великана $t \approx 190^\circ$		0,2	
		3. Оптика	2		
		Указано, что в законы геометрической оптики все геометрические размеры входят линейно		1,0	

		<i>Формула для фокусного расстояния линзы</i>			0,4
		<i>Формула линзы</i>			0,4
		Расстояние наилучшего зрения пропорционально λ		0,4	
		Численное значение расстояния лилипута		0,3	
		Численное значение расстояния великана		0,3	
		ВСЕГО за задачу	10		

Старшая лига. Задание 1. Легкая разминка (10 баллов)

Нумерация		Критерии	баллы		
п	пп		п	пп	квант
		Задача 1.1. Столкновение	3		
		Основная идея – движение центра масс		1	
		<i>Далее:</i> Формулы не в векторной форме не оцениваются!			
		радиус-вектор центра масс $\vec{R}_{C0} = \frac{m_2}{m_1 + m_2} \vec{r}_0;$		0,3	
		Скорость центра масс $\vec{V}_C = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \vec{V}_0.$		0,5	
		Закон движения центра масс: $\vec{R}_C = \frac{m_2}{m_1 + m_2} \vec{r}_0 + \frac{m_1}{m_1 + m_2} \vec{V}_0 t;$		0,5	
		формула для центра масс $\vec{R}_C = \frac{m_1 \vec{r}_1 + m_2 \vec{r}_2}{m_1 + m_2},$		0,2	
		Результат $\vec{r}_2 = \vec{r}_0 + \frac{m_1}{m_2} \vec{V}_0 t - \frac{m_1 \vec{r}_1}{m_2}$		0,5	
		Задача 1.2. Тепловой подъемник	4		
		Основная идея – это цикл Карно		1,5	
		<i>Кипение и конденсация – изотермические процессы</i>			1
		<i>Соединены «быстрыми» адиабатами</i>			0,5
		График процесса		1	
		<i>Оси подписаны</i>			0,2
		<i>Две горизонтальные изотермы</i>			0,4
		<i>Две кривые – адиабаты</i>			0,4
		КПД цикла (допустимая погрешность 10%)		1,5	
		<i>Формула Карно</i> $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$			0,5
		<i>Давление</i> $P_1 = P_0 + \frac{(M + m)g}{S} \approx 1,3 \cdot 10^5 \text{ Па}$			0,2
		<i>Температура кипения (численно)</i> $t_1 = \frac{P_1 + b}{a} = \frac{130 + 384}{4,85} \approx 106^\circ \text{C} = 379 \text{ К}$			0,2
		<i>Температура конденсации (численно)</i>			0,4
		<i>Давление</i>			0,2
		<i>Численное значение КПД</i> $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{4,2}{379} = 1,1\%$			0,2

	Задача 1.3. Кольцевой магнит	3		
	Поле магнита – поле поверхностных токов		0,5	
	Индукция поля кольца $B_0 = k \frac{I}{R}$		0,8	
	<i>Пропорциональна силе тока</i>			0,4
	<i>Обратно пропорциональна радиусу</i>			0,4
	Сила поверхностных токов в кольце одинакова		0,5	
	Индукция поля вырезанной части $2\vec{B}_0$		0,4	
	Результат $\vec{B}_1 = -\vec{B}_0$		0,8	
	<i>Направление противоположное</i>			0,5
	<i>Модуль тот же</i>			0,3
	ВСЕГО	10		

Задание 2. Оптический пинцет (10 баллов)

Нумерация		Критерии	баллы		
			II	III	квант
		Часть 1. Продольная сила светового давления	2		
1.1		Черная пластинка	0,5		
1.1		Формула $F = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{IS \cos \theta}{c}$		0,3	
		<i>Зависимость от интенсивности</i>			0,1
		<i>Зависимость от скорости света</i>			0,1
		<i>Зависимость от угла</i>			0,1
		Правильно указано направление силы		0,2	
1.2		Зеркальная пластинка	0,5		
1.2		Формула $F = 2 \frac{IS \cos^2 \theta}{c}$		0,4	
		<i>Зависимость от интенсивности</i>			0,1
		<i>Зависимость от скорости света</i>			0,1
		<i>Зависимость от угла</i>			0,1
		<i>Есть коэффициент 2</i>			0,1
		Правильно указано направление силы		0,1	
1.3		Давление на линзу	1,5		
		Правильно построен ход лучей		0,1	
		Мощность, попадающая на линзу $P_1 = \frac{W_0}{4\pi R^2} \cdot 2\pi R(R - F) = \frac{W_0}{2} \left(1 - \frac{F}{\sqrt{F^2 + r^2}} \right)$		0,2	
		<i>Не верно найдена площадь волнового фронта</i>			-0,1
		Импульс света после линзы $p_1 = \frac{W_0}{2c} \left(1 - \frac{F}{\sqrt{F^2 + r^2}} \right)$		0,1	
		Проекция импульса света до преломления $p_0 = \frac{W_0}{4\pi R^2 c} \cdot \pi r^2 = \frac{W_0}{4c} \frac{r^2}{F^2 + r^2}$		0,2	
		Сила есть разность этих импульсов $f = p_1 - p_0$		0,1	
		Результат $f = p_1 - p_0 = \frac{W_0}{4c} \left(1 - \frac{F}{\sqrt{F^2 + r^2}} \right)^2$		0,3	
		Правильно указано направление силы		0,5	
		Часть 2. Поперечная сила светового давления	5		
2.1.1		Бипризма		1	
		<i>Закон преломления $n \sin \theta = \sin \beta \Rightarrow \beta \approx n\theta$</i>			0,1
		<i>Приближение малого угла</i>			0,1
		<i>Угол отклонения $\gamma = \beta - \theta = (n - 1)\theta$</i>			0,1
		<i>Проекция импульса для тонкого слоя</i> $\Delta p_z = \frac{I(z)b\Delta z}{c} \sin \gamma \approx \frac{I(z)b\Delta z}{c} \gamma$			0,2
		<i>Усреднение $F_{(+)} = \frac{I\left(\frac{a}{2}\right)ba}{c} \gamma = \frac{I\left(\frac{a}{2}\right)ba}{c} (n - 1)\theta$</i>			0,1 0,1

		$F_{(-)} = \frac{I\left(-\frac{a}{2}\right)ba}{c}(n-1)\theta$			
		Результат $F = g \frac{ba^2}{c}(n-1)\theta$			0,3
2.2	Прозрачный диск		2		
2.2.1	Угол отклонения $\gamma = 2(\alpha - \beta) = 2 \frac{n-1}{n} \alpha$			0,5	
2.2.2	Выделение малого участка			0,3	
	Поперечное значение импульса $dp_z = \frac{I(z)hdz}{c} \sin \gamma$			0,2	
	Интегрирование $F_z = \int_{-R}^{+R} \frac{I(z)h}{c} \sin \gamma dz \approx \int_{-R}^{+R} \frac{(I_0 + gz)h}{c} 2 \frac{n-1}{n} \frac{z}{R} dz = \frac{4}{3} \frac{n-1}{n} hR^2 \frac{g}{c}$			1	
	<i>Другой коэффициент пропорциональности</i>				-0,5
2.3	Прозрачный шарик		2		
	Построение хода лучей (в плоскости луча и центра шарика)			0,5	
	Проекция импульса на малой площадке			0,3	
	Интегрирование $F_z = \int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^R \frac{I_0 + gr \cos \varphi}{c} \cdot 2 \frac{n-1}{n} \frac{r}{R} \cos \varphi \cdot r dr = \frac{3}{8} \frac{n-1}{n} V \frac{1}{c} \frac{dI}{dz}$			0,5	
	Значение коэффициента $\beta = \frac{3}{8}$			0,7	
Часть 3. Перемещение			2,5		
	Идея: надо искать максимальный градиент			0,5	
3.1	Вычисление градиента интенсивности $g = \frac{dI}{dr} = -\frac{P}{\pi a^2} \frac{2r}{a^2} \exp\left(-\frac{r^2}{a^2}\right)$			0,1	
	Максимальный градиент при $r = \frac{a}{\sqrt{2}}$			0,2	
3.2	Максимальное значение градиента $ g_{\max} = \frac{\sqrt{2}P}{\pi a^3} \exp(-0,5)$			0,2	
	Уравнение $\frac{3}{8} \frac{n-1}{n} V \frac{1}{c} g_{\max} = 6\pi\eta Rv$			0,5	
	Формула $v_{\max} = \frac{1}{12} \frac{n-1}{n} \frac{R^2}{\eta c} g_{\max} = \frac{\sqrt{2}}{12e^{0,5}} \frac{n-1}{n} \frac{R^2}{\eta c} \frac{P}{\pi a^3}$			0,3	
	Использование относительного коэффициента преломления $n = \frac{1,5}{1,33} = 1,13$			0,2	
	Численный результат $v_{\max} \approx 9,8 \frac{\text{МКМ}}{c}$			0,5	
	ВСЕГО		10		

Задание 3. Молекулярный вибратор, управляемый электрическим полем

Нумерация		Критерии	баллы		
п	пп		п	пп	квант
		Часть 1. Силы упругости	1		
	1.1	Точное выражение для силы упругости $F = 4F_1 \sin \alpha = 4k \left(\sqrt{l^2 + x^2} - l \right) \frac{x}{\sqrt{l^2 + x^2}}$		0,6	
		<i>Закон Гука</i>			0,1
		<i>Удлинение пружины</i>			0,2
		<i>Проецирование</i>			0,2
		<i>4 пружины</i>			0,1
	1.2	Разложение до 3 порядка $F \approx \frac{2k}{l^2} x^3$		0,4	
		<i>Не верный коэффициент</i>			-0,2
		Часть 2. Электрическое поле и электрические силы.	5		
	2.1	Напряженность электрического поля			
		Формула $E(x) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{(h-x)^2} + \frac{1}{(h+x)^2} \right) = \frac{q}{2\pi\epsilon_0} \frac{h^2 + x^2}{(h^2 - x^2)^2}$		0,6	
		<i>Закон Кулона</i>			0,1
		<i>Окончательная формула</i>			0,5
		График		0,4	
		<i>Оси подписаны</i>			0,1
		<i>Симметрично относительно оси</i>			0,1
		<i>В «нуле нуль»</i>			0,1
		<i>Уходит в бесконечность</i>			0,1
	2.2	Разложение в ряд Формула $E(z) = \frac{q}{2\pi\epsilon_0 h^2} \frac{1+z^2}{(1-z^2)^2} \approx \frac{q}{2\pi\epsilon_0 h^2} (1+3z^2+5z^4)$		1	
		<i>Разложение до 4 порядка</i>			0,3
		<i>Значение $E_0 = \frac{q}{2\pi\epsilon_0 h^2}$</i>			0,2
		<i>За каждый коэффициент</i>			5x0,1
	2.3	Выражение для силы $G(x) = p \frac{dE}{dx} = \alpha\epsilon_0 E \frac{dE}{dx} = \frac{\alpha\epsilon_0}{h} E \frac{dE}{dz}$		0,5	
	2.4	Разложение в ряд Формула $G(x) = \frac{\alpha\epsilon_0}{h} E_0^2 (1+3z^2+5z^4)(6z+20z^3) = \frac{\alpha\epsilon_0}{h} E_0^2 (6z+38z^3)$		2	
		<i>Разложение до 3 порядка</i>			0,6
		<i>Значение коэффициента $\frac{\alpha\epsilon_0}{h} E_0^2$</i>			0,6
		<i>За каждый коэффициент</i>			4x0,2
		Значение $G_1 = 44 \frac{\alpha\epsilon_0}{h} E_0^2$		0,5	

	Часть 3. Колебания шарика.	4		
3.1	Формула $F = \frac{2k}{l^2} x^3 = \frac{2kh^3}{l^2} z^3$		0,5	
3.2	Положение равновесия		1	
	Уравнение $G_1 \left(\frac{3}{22} z + \frac{19}{22} z^3 \right) = F_1 z^3$			0,7
	Решение $z_0 = \pm \sqrt{\frac{3G_1}{22F_1 - 19G_1}}$			0,3
3.3	Максимальная напряженность			
	Формула $E_0 < \sqrt{\frac{kh^4}{19\alpha\varepsilon_0 l^2}}$		0,5	
3.4	Период колебаний		2	
	Разложение возле нового положения равновесия $m\ddot{x} = mh\ddot{z} = G(z_0 + \delta) - F(z_0 + \delta)$			0,5
	Разложение силы $G(z) = \frac{G_1}{22} (3(z_0 + \delta) + 19(z_0 + \delta)^3) = \frac{G_1}{22} (3z_0 + 19z_0^3) + \frac{1}{22} G_1 (3 + 57z_0^2) \delta$			0,3
	Разложение силы $F(z) = \frac{2k}{l^2} x^3 = F_1 (z_0 + \delta)^3 \approx F_1 z_0^3 + 3F_1 z_0^2 \delta$			0,3
	Уравнение гармонических колебаний $\ddot{\delta} = - \frac{3F_1 z_0^2 - \frac{1}{22} G_1 (3 + 57z_0^2)}{mh} \delta$			0,4
	Формула для частоты $\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{3F_1 z_0^2 - \frac{1}{22} G_1 (3 + 57z_0^2)}{mh}}$			0,5
	ВСЕГО		10	