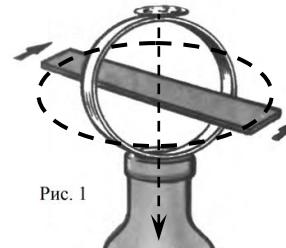
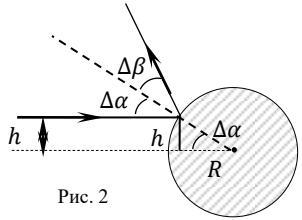


Таблица результатов

Задача	$\Sigma_{max}$	Балл жюри	Апелляция	Результат	Подпись
10-1. «Разминка»	43				
10-2. «Железнодорожный мост»	53				
10-3. «Звук и Гук»	54				
$\Sigma_{max}$	150	$\Sigma :$			

Схемы оценивания заданий

Пункт	Содержание	Баллы	Оценки жюри
<b>Задание 10-1. «Разминка» (43 балла)</b>			
1.	<p>«Посмотри и объясни» Проанализирован рисунок, правильно указано, что монета после удара просто упадет (свободно) в бутылку.</p>  <p style="text-align: center;">Рис. 1</p>	4	
1.	<p>Отмечена причина такого поведения монеты при ударе линейкой «изнутри» – резкое горизонтальное растяжение кольца и (при сохранении периметра!) достаточно быстрое вертикальное опускание верхней части кольца (где лежит монета). Иными словами, кольцо быстро сжимается и, «практически мгновенно» уходит из-под монеты.</p> <p>Далее, под действием силы тяжести, монета свободно падает в бутылку с ускорением <math>g</math>.</p>	3	
2.	<p>«Путь частицы» Начерчен Рис. 2. Проанализированы направления векторов начальной скорости и ускорения, при которых возможно выполнение условия задачи.</p> <p>Записано (1) при равнозамедленном движении для промежутка времени <math>t_1</math></p> $l_1 = v_0 t_1 - \frac{at_1^2}{2}.$ <p>Записано (2) при равнозамедленном движении для промежутка времени <math>t_2 = 2t_1</math></p> $l_2 = \frac{4l_1}{3} = 2v_0 t_1 - 2at_1^2.$ <p>Из (1) – (2) получено (3)</p>	3	
2.		2	
2.		2	
2.		2	

	$t_1 = \frac{v_0}{2a}$ .		
	Найдена скорость (4) частицы в момент времени $2t_1$ $v(2t_1) = v_0 - at = v_0 - 2a \frac{v_0}{2a} = 0$ .	2	
	Путь частицы (5) за промежуток времени $3t_1$ $l_3 = l_2 + \frac{l_1}{3} = \frac{5l_1}{3}$ .	2	
	Скорость частицы в конце движения (6) $\frac{l_1}{3} = \frac{0+v}{2} t_1 \Rightarrow v = \frac{2l_1}{3t_1}$ .	3	
3.	«Зеркальный шар» Сформулирована идея: перейти в систему отсчета (ИСО), связанную с шаром. В ней луч лазера движется вверх, оставаясь параллельным самому себе.	2	
	Выполнен правильный Рис. 2 для падающего и отраженного лучей.	4	
		Рис. 2	
	Рассмотрено смещение луча за малый промежуток времени $\Delta t$ $h = v\Delta t$ .	2	
	Найден малый угол падения $\Delta\alpha$ за это же время $\sin \Delta\alpha \approx \Delta\alpha = \frac{h}{R} = \frac{v\Delta t}{R}$ .	2	
	Получен угол отражения $\Delta\beta$ и угол поворота $\Delta\varphi$ отраженного луча $\Delta\varphi = \Delta\alpha + \Delta\beta = 2\Delta\alpha = \frac{2h}{R} = \frac{2v\Delta t}{R}$ .	2	
	Выведена угловая скорость $\omega$ отраженного луча (4) $\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{2v\Delta t}{R\Delta t} = \frac{2v}{R}$ .	2	
	Правильно посчитано и округлено $\omega = \frac{2 \cdot 1,5}{0,12} \left( \frac{\text{рад}}{\text{с}} \right) = 25 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ .	2	
	Решение оформлено аккуратно, с необходимыми комментариями, рисунками и пояснениями.	2	
	Всего за задачу:	43	$\Sigma :$

### Задание 10-2. «Железнодорожный мост» (53 балла)

#### Часть 1. Балка на опорах

	Указано, что правило моментов выполняется относительно любой оси (при сумме сил, равной нулю, т.е. при равновесии).	1	
1.1	На основании предыдущего пункта выбрана точка $D$ и записано правило моментов (1) $N_1(l_1 + l_2) = mgl_2$ .	2	
	Из (1) или иначе найдено (2) для силы $N_1$ $N_1 = \frac{l_2}{l_1 + l_2} mg$ .	2	
	Выбрана точка $C$ и записано правило моментов (3) $N_2(l_1 + l_2) = mgl_1$ .	2	

	Из (3) или иначе найдено (4) для силы $N_2 = \frac{l_1}{l_1 + l_2} mg.$	2																								
1.2	Правильно указано, что сила тяжести $m_1 g$ увеличит силу реакции $N_2$ в ближней опоре $C$ (Рис. 2) системы ( $\Delta N_2 > 0$ ) и, соответственно, уменьшит в дальней $N_1$ ( $\Delta N_1 < 0$ ). Записано (7) $N_1^* = N_1 - \Delta N_1$ $N_2^* = N_2 + \Delta N_2.$	2																								
	Записано правило моментов (8) $mgl_1 = (N_2 - \Delta N_2)(l_1 + l_2) + m_1 gl_3.$	2																								
	Получено (9) $\Delta N_2 = \frac{l_3}{l_1 + l_2} m_1 g.$	2																								
	Совершенно аналогично записано правило моментов относительно точки $D$ системы и найдено (10) $\Delta N_1 = \frac{l_1 + l_2 + l_3}{l_1 + l_2} m_1 g.$	2																								
1.3	Использовано (7) и (9), получено верное выражение (13) для массы $\frac{l_2}{l_1 + l_2} mg = \frac{l_4}{l_1 + l_2} m_2 g.$	2																								
	Получено верное выражение (14) для массы $m_2 = \frac{l_2}{l_4} m.$	3																								
<b>Часть 2. Длинный мост</b>																										
2.1	Записано (15) для массы поезда $m(x) = \lambda x.$	1																								
	Первый этап. Правильно найдены расстояния от центра масс поезда до соответствующих опор моста $l_1 = x/2$ и $l_2 = 2l_0 - x/2$ . Использованы (2) и (3), получены (16) и (17) $N_1(x) = \frac{l_2}{l_1 + l_2} mg = \frac{2l_0 - x/2}{2l_0} \lambda x g = \frac{(4l_0 - x)x}{4l_0} \lambda g,$ $N_1^*(x^*) = \frac{N_1(x)}{\lambda g l_0} = \frac{(4l_0 - x)}{4l_0} \frac{\lambda x g}{\lambda g l_0} = \frac{(4 - x^*)x^*}{4}.$	4																								
	Вычислены данные и заполнена Таблица 1.  Таблица 1. <table border="1"> <tr> <td><math>x^*</math></td><td>0,0</td><td>0,1</td><td>0,2</td><td>0,3</td><td>0,4</td><td>0,5</td><td>0,6</td><td>0,7</td><td>0,8</td><td>0,9</td><td>1,0</td> </tr> <tr> <td><math>N_1^*(x^*)</math></td><td>0,00</td><td>0,10</td><td>0,19</td><td>0,28</td><td>0,36</td><td>0,44</td><td>0,51</td><td>0,58</td><td>0,64</td><td>0,70</td><td>0,75</td> </tr> </table>	$x^*$	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	$N_1^*(x^*)$	0,00	0,10	0,19	0,28	0,36	0,44	0,51	0,58	0,64	0,70	0,75	2
$x^*$	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0															
$N_1^*(x^*)$	0,00	0,10	0,19	0,28	0,36	0,44	0,51	0,58	0,64	0,70	0,75															
2.2	Второй этап. Правильно найдены расстояния от центра масс поезда до соответствующих опор моста $l_1 = x - l_0/2$ и $l_2 = 2l_0 - (x - \frac{l_0}{2}) = 2,5l_0 - x$ . Использованы (2) и (3), получены (18) и (19) $N_1(x) = \frac{l_2}{l_1 + l_2} mg = \frac{2,5l_0 - x}{2l_0} \lambda l_0 g,$ $N_1^*(x^*) = \frac{N_1(x)}{\lambda g l_0} = \frac{2,5l_0 - x}{2l_0} \lambda l_0 g = \frac{2,5 - x^*}{2}.$	4																								
	Вычислены данные и заполнена Таблица 2.  Таблица 2. <table border="1"> <tr> <td><math>x^*</math></td><td>1,0</td><td>1,1</td><td>1,2</td><td>1,3</td><td>1,4</td><td>1,5</td><td>1,6</td><td>1,7</td><td>1,8</td><td>1,9</td><td>2,0</td> </tr> <tr> <td><math>N_1^*(x^*)</math></td><td>0,75</td><td>0,7</td><td>0,65</td><td>0,6</td><td>0,55</td><td>0,5</td><td>0,45</td><td>0,4</td><td>0,35</td><td>0,3</td><td>0,25</td> </tr> </table>	$x^*$	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	$N_1^*(x^*)$	0,75	0,7	0,65	0,6	0,55	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	0,25	2
$x^*$	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0															
$N_1^*(x^*)$	0,75	0,7	0,65	0,6	0,55	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	0,25															

	Третий этап. Правильно найдены расстояния от центра масс поезда до соответствующих опор моста $(3l_0 - x)/2$ и $l_2 = 2l_0 - \left(x - \frac{l_0}{2}\right) = 2,5l_0 - x$ . Использованы (2) и (3), получены (18) и (19)																										
2.3	$N_1(x) = \frac{l_2}{l_1+l_2} mg = \frac{\frac{(3l_0-x)}{2}}{2l_0} \lambda(3l_0 - x)g = \frac{(3l_0-x)^2}{4l_0} \lambda g,$ $N_1^*(x^*) = \frac{N_1(x)}{\lambda g l_0} = \frac{(3l_0-x)^2}{4l_0} \frac{\lambda g}{\lambda g l_0} = \frac{(3-x^*)^2}{4}.$	4																									
	Вычислены данные и заполнена Таблица 3.																										
	Таблица 3.																										
	<table border="1"> <thead> <tr> <th><math>x^*</math></th><th>2</th><th>2,1</th><th>2,2</th><th>2,3</th><th>2,4</th><th>2,5</th><th>2,6</th><th>2,7</th><th>2,8</th><th>2,9</th><th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>N_1^*(x^*)</math></td><td>0,25</td><td>0,2025</td><td>0,16</td><td>0,1225</td><td>0,09</td><td>0,0625</td><td>0,04</td><td>0,0225</td><td>0,01</td><td>0,0025</td><td>0,00</td> </tr> </tbody> </table>	$x^*$	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3	$N_1^*(x^*)$	0,25	0,2025	0,16	0,1225	0,09	0,0625	0,04	0,0225	0,01	0,0025	0,00	2	
$x^*$	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3																
$N_1^*(x^*)$	0,25	0,2025	0,16	0,1225	0,09	0,0625	0,04	0,0225	0,01	0,0025	0,00																
	На Бланке 2 Листа ответов правильно (по вычисленным точкам в таблицах) построены графики полученных зависимостей для трех этапов.																										
2.4	<p>Рис. 4</p>	4																									
	График оформлен аккуратно, разборчиво.	2																									
	По Таблицам 1-3 (или из графика п. 2.4) находим максимальное значение силы реакции	2																									
	$N_1^{max}(x) = 0,75\lambda gl_0$ .																										
2.5	Указано значение $x_1$ , при котором оно достигается $x_1 = l_0$ .	2																									
	Решение оформлено аккуратно, с необходимыми комментариями, рисунками и пояснениями.	2																									
	Всего за задачу:	53	$\Sigma :$																								
<b>Задание 10-3. Звук и Гук (54 балла)</b>																											
<b>Часть 1. Скорость звука в упругом стержне</b>																											
1.1	Указанны размерности модуля Юнга $[E] = \text{Па} = \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = \frac{\text{кг}}{\text{м} \cdot \text{с}^2}$ и плотности $\rho = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ . Из них «собрана» формула (1) для скорости звука в упругом стержне	3																									
	$c = \xi \sqrt{\frac{E}{\rho}}$ .																										

1.2	Правильно использован безразмерный параметр $\xi$ .	2	
	Записан второй закон Ньютона в импульсной форме (2) $\Delta p = F\Delta t$ .	2	
	Найден импульс остановившегося участка стержня (3) за промежуток времени $\Delta t$ $\Delta p = \Delta mv = \rho S l v = \rho S(c\Delta t)v$ .	2	
	Использован закон Гука (4) $F = k\Delta l = E \frac{S}{l} \Delta l = E \frac{S}{l} (v\Delta t)$ .	3	
	Из (2) – (4) получено $\rho S(c\Delta t)v = E \frac{S}{l} (v\Delta t)\Delta t = E \frac{S}{c\Delta t} (v\Delta t)\Delta t$ .	3	
	Получено (6) для скорости звука в упругом стержне $c = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$ .	2	
	Указано значение безразмерного коэффициента $\xi = 1$ .	2	
1.3	Записан второй закон Ньютона в импульсной форме (8) для стержня в процессе контакта $F_d = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{\rho S(c\Delta t)v}{\Delta t} = \rho S cv$ .	2	
	В (8) подставлена скорость звука (6), получено (9) $F_d = \rho S cv = v S \sqrt{\rho E}$ .	2	
<b>Часть 2. Звук и Ньютон</b>			
2.1	Сила представлена двумя способами, получено (9) $F = -k\Delta l = \Delta p S$ .	3	
	В (9) подставлен модуль Юнга получено (10) $E \frac{S}{l} \Delta l = -\Delta p S \Rightarrow E = -\frac{l}{\Delta l} \Delta p = -\frac{V}{\Delta V} \Delta p = -V \frac{\Delta p}{\Delta V}$ .	3	
2.2	Подставляя (10) в (6), получаем для скорости звука в газе (11) $c = \sqrt{\frac{E}{\rho}} = \sqrt{\frac{-V \frac{\Delta p}{\Delta V}}{\rho}} = \sqrt{-\frac{V \Delta p}{\rho \Delta V}}$ .	2	
	Записан «закон сохранения массы» (12) для выделенной порции газа $m = \rho V = (\rho + \Delta\rho)(V + \Delta V)$ .	2	
	Получена связь (13) для $(V, \rho, \Delta V, \Delta\rho)$ $\Delta\rho V + \rho \Delta V = 0 \Rightarrow V = -\rho \frac{\Delta V}{\Delta\rho}$ .	3	
2.3	Выведено (14) для скорости звука $c = \sqrt{-\frac{V \Delta p}{\rho \Delta V}} = \sqrt{-\frac{1}{\rho \Delta V} \left( -\rho \frac{\Delta V}{\Delta\rho} \right)} = \sqrt{\frac{\Delta p}{\Delta\rho}}$ .	2	
	Записано уравнение состояния идеального газа в форме Клапейрона–Менделеева (15) $pV = \frac{m}{M} RT$ .	2	

	Получено (16) для плотности газа $\rho = \frac{m}{V} = \frac{pM}{RT}.$	2	
	Выражены приращения (17) при изотермическом процессе $\Delta\rho = \frac{M}{RT} \Delta p.$	2	
	Найдено отношение (18) приращений для изотермического газа $\frac{\Delta p}{\Delta\rho} = \frac{RT}{M}.$	2	
	Получена формула Ньютона (19) $c = \sqrt{\frac{\Delta p}{\Delta\rho}} = \sqrt{\frac{RT}{M}} = \sqrt{\frac{p}{\rho}}.$	2	
2.4	Правильно посчитано (20) по полученной формуле $c = \sqrt{\frac{8,31 \cdot 293}{29 \cdot 10^{-3}}} \left(\frac{m}{c}\right) = 290 \left(\frac{m}{c}\right).$	2	
	Указано, что «ошибка» Ньютона – в изотермическом приближении процесса распространения звука. Более адекватным приближением является <i>адиабатное</i> , при котором теплообмен между разными участками волны не успевает происходить.	2	
	Решение оформлено аккуратно, с необходимыми комментариями, рисунками и пояснениями.	2	
Всего за задачу:		54	$\Sigma :$
<b>Суммарный балл за все задачи:</b>		<b>150</b>	$\Sigma :$