Решение задач областного этапа РО по физике (2023-2024 учебный год)
10 класс

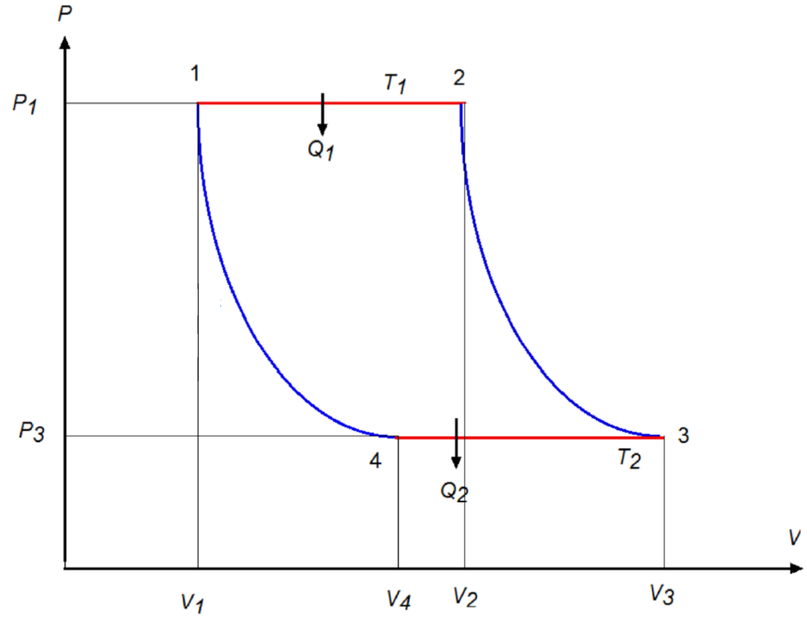
Задача 1 [7 баллов].

№	*Решение*	Балл
1	Система отсчета, связанная с центром масс астероидов, движется со скоростью $$v = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2} = \frac{v_1 + v_2}{2}$$	1
2	В этой инерциальной системе отсчета скорости астероидов даются выражениями $$v_1' = v_1 - v; \qquad v_2' = v_2 - v$$	(0,25*2)
3	Удобство новой системы отсчета заключается в том, что скорости астероидов в ней равны по модулю. $$v_1' = \frac{v_1+v_2}{2} \qquad v_2' = -\frac{v_1+v_2}{2}$$	(0,25*2)
4	Кинетическая энергия системы на расстоянии *l* $$E_{k1} = 2\frac{m{v_1'}^2}{2}$$	0,25
5	Кинетическая энергия системы на расстоянии R $$E_{k2} = 2\frac{mu^2}{2}$$	0,25
6	Потенциальная энергия гравитационного взаимодействия на расстоянии *l* $$E_{п1} = -G\frac{m^2}{l}$$	0,25
7	Потенциальная энергия гравитационного взаимодействия на расстоянии R $$E_{п2} = -G\frac{m^2}{R}$$	0,25
8	Закон сохранения энергии записываем в виде $$2\frac{m{v_1'}^2}{2} - G\frac{m^2}{l} = 2\frac{mu^2}{2} - G\frac{m^2}{R}$$	1
9	$$\frac{m(v_1+v_2)^2}{4} - G\frac{m^2}{l} = 2\frac{mu^2}{2} - G\frac{m^2}{R}$$	0,5
10	При сближении на минимальное расстояние R скорости астероидов u перпендикулярны соединяющему их отрезку. Закон сохранения момента импульса системы $$m(l sin\alpha)\frac{v_1+v_1}{2} = Rmu$$	1,5
11	$$m = \frac{Rl}{4G(l-R)}(v_1+v_2)^2(\frac{l^2 sin^2\alpha}{R^2} - 1)$$	1

Задача 2 [7 баллов].

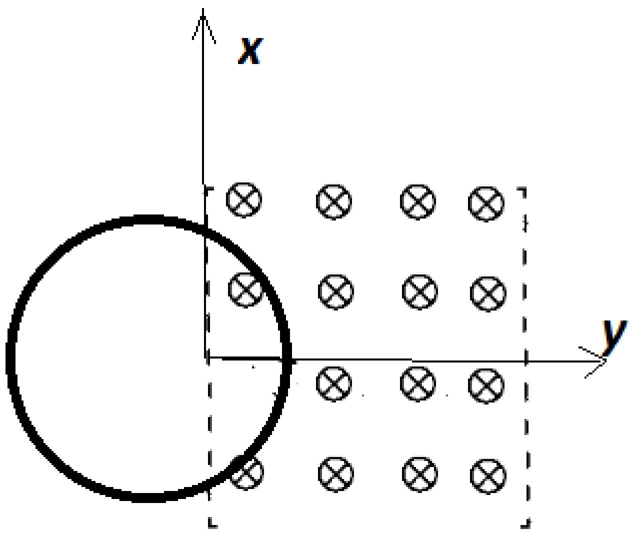
<table>
<tr><th>Содержание</th><th>Баллы</th></tr>
<tr><td>Если проскальзывание не прекратилось,
$2a_{отн}L = {v_{отн}}^2$
$(1+\frac{m}{M})2\mu gL = (v+u)^2$
$mv = Mu$
$v = \sqrt{2\frac{M}{M+m}\mu gL}$
$$u = \frac{m}{M}\sqrt{2\frac{M}{M+m}\mu gL}$$</td><td>1,5</td></tr>
<tr><td>Если проскальзывание прекратилось до съезда с доски
$F_{тр}t = Mu = mv$
$F_{тр}Rt = \frac{mR^2}{2}(\omega_0 - \omega)$
$v - \omega R = -u$
$v = \frac{M}{3M+m}\omega_0 R$
$u = \frac{m}{3M+m}\omega_0 R$</td><td>1,5</td></tr>
<tr><td>Условие прекращения проскальзывания
$2\mu gL(1+\frac{m}{M}) > \left(\frac{M}{3M+m}\omega_0 R + \frac{m}{3M+m}\omega_0 R\right)^2$
$\frac{(\omega_0 R)^2}{2\mu gL} \approx 9.18 < \frac{(3M+m)^2}{M(M+m)}$</td><td>1</td></tr>
<tr><td>При M=m проскальзывание не прекращается
$v = 1{,}4$ м/с
$u = 1{,}4$ м/с
При M=m/6 проскальзывание прекращается
$v = 0{,}67$ м/с
$u = 4$ м/с</td><td>1</td></tr>
<tr><td>Если проскальзывание не прекращается
$t = \sqrt{2L/\mu g(1+\frac{m}{M})}$
При M=m
$t = 0{,}7$ с</td><td>1</td></tr>
<tr><td>Если проскальзывание прекратилось
$t_1 = \frac{v+u}{\left(1+\frac{m}{M}\right)\mu g}$
$t_2 = \frac{L - \frac{(v+u)}{2}t_1}{v+u}$
При M=m/6
$t_1 = 0{,}34$ с
$t_2 = \frac{L-\frac{(v+u)}{2}t_1}{v+u} = 0{,}04$ с
$t_1 + t_2 = 0{,}38$ с</td><td>1</td></tr>
</table>

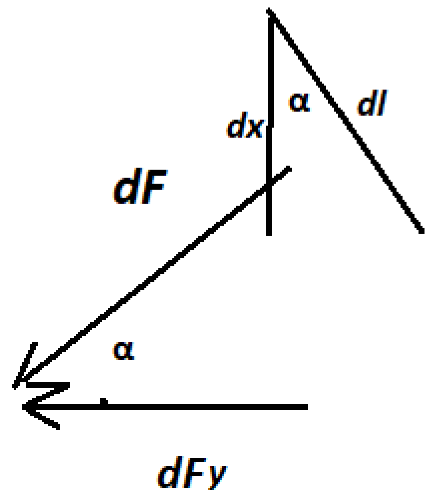
Задача 3 [9 баллов].

№	*Решение*	Балл
1		
1.1		0,25
1.2	$U = \alpha T^4 V$	0,2
1.3	Кпд теплового двигателя $$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$	0,2
1.4	I закон термодинамики для участка 1-2 $$Q_1 = \Delta U_{12} + A_{12} = \alpha T_1^4(V_2 - V_1) + \frac{\alpha T_1^4}{3}(V_2 - V_1) = \frac{4\alpha T_1^4}{3}(V_2 - V_1)$$	(0,2+0,8)
1.5	I закон термодинамики для участка 3-4 $$Q_2 = \Delta U_{34} + A_{34} = \alpha T_2^4(V_3 - V_4) + \frac{\alpha T_2^4}{3}(V_3 - V_4) = \frac{4\alpha T_2^4}{3}(V_3 - V_4)$$	(0,2+0,8)
1.7	$$\eta = \frac{T_1^4(V_2 - V_1) - T_2^4(V_3 - V_4)}{T_1^4(V_2 - V_1)}$$	0,2
1.8	Для определения объемов в состоянии 3 и 4 запишем I закон термодинамики для участка 4-1 $$dU + dA = 0$$	0,7
1.9	$$dU = 4\alpha V T^3 dT + \alpha T^4 dV$$ $$dA = \frac{\alpha T^4}{3} dV$$	(0,25+0,25)
1.10	Подставляя уравнения из пункта 1.9 в 1.8 получим уравнение $$VdT + \frac{TdV}{3} = 0$$ $$\frac{dT}{T} + \frac{dV}{3V} = 0$$	0,6

	$$VT^3 = const$$	
1.11	Уравнение адиабаты для состояния 1-4 $$V_1{T_1}^3 = V_4{T_2}^3$$ $$V_4 = V_1\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^3$$	0,8
1.12	Уравнение адиабаты для состояния 2-3 $$V_2{T_1}^3 = V_3{T_2}^3$$ $$V_3 = V_2\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^3$$	0,8
1.13	Подставляя V_3 и V_4 в уравнение 1.7 получим $$\eta = \frac{T_1^4(V_2 - V_1) - T_2^4\frac{{T_1}^3}{{T_2}^3}(V_2 - V_1)}{T_1^4(V_2 - V_1)} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$	0,25
Итого за первый пункт		**6,5**
2.1	Т.к. оболочка адиабатическая справедливо уравнение, полученное в пункте 1.10 $$\frac{dT}{T} + \frac{dV}{3V} = 0$$	0,25
2.2	$$V = \frac{4\pi r^3}{3}$$ $$dV = 4\pi r^2 dr$$	(0,2+0,2)
2.3	$$\frac{dT}{T} + \frac{dr}{r} = 0$$	0,25
2.4	$$\frac{dr}{r} = \beta dt$$ $$\int_{T_0}^{T}\frac{dT}{T} + \int_0^t \beta dt = 0$$	(0,2+0,8)
2.5	$$T = T_0 e^{-\beta t}$$	0,6
Итого за второй пункт		**2,5**

Задача 4 [7 баллов].





Содержание	**Баллы**
Модуль ЭДС индукции $\mathcal{E} = \frac{d\Phi}{dt} = B\frac{dS}{dt} = 2Bxv_y$ Сила Ампера $F_y = -\frac{\mathcal{E}}{R}B\int dl cos\alpha = -\frac{\mathcal{E}}{R}B\int dx = -\frac{2\mathcal{E}}{R}Bx$	0,5 балла 0,5 балла
$-\frac{4}{R}B^2x^2\frac{dy}{dt} = m\frac{dv_y}{dt}$	0,5 балла
$\Delta v_y = -\frac{4}{mR}B^2\int_{-R}^{R} x^2dy$	0,5 балла
$\pi\int_{-R}^{R} x^2dy = V = \frac{4}{3}\pi r^3$ Однако достаточно указать, что $\int_{-R}^{R} x^2dy \sim r^3$ $\Delta v_y = -\frac{16}{3mR}B^2r^3$	0,5 балла 0,5 балла
Учтём, что $m \sim r$ $R \sim r$	 0,5 балла 0,5 балла
Поэтому изменение скорости кольца при полном входе в поле и полном выходе из поля $\Delta v_y = kr$ где k – зависит от параметров, одинаковых для обоих колец	0,5 балла
Скорости налетавшего и покоившегося колец сразу после упругого удара находятся из законов сохранения $Mv_0 = Mv_{1y} + mv_{2y}$ $\frac{Mv_0{}^2}{2} = \frac{Mv_{1y}{}^2}{2} + \frac{mv_{2y}{}^2}{2}$ $v_{1y} = \frac{M-m}{M+m}v_0 = \frac{v_0}{2}$	0,5 балла 0,5 балла 0,25 балла 0,25 балла

$v_{2y} = \frac{2M}{M+m} v_0 = \frac{3v_0}{2}$	
Кольцо радиуса $3r$ останавливается в поле $\frac{v_0}{2} - k * 3r = 0$ Кольцо радиуса r входит в поле и покидает поле $\frac{3v_0}{2} - 2kr = \frac{7v_0}{6}$	0,5 балла 0,5 балла

Первые пункты имеют альтернативное энергетическое решение

Модуль ЭДС индукции $\mathcal{E} = \frac{d\Phi}{dt} = B \frac{dS}{dt} = 2Bxv_y$ Тепловая мощность в кольце равна скорости уменьшения кинетической энергии $-\frac{\mathcal{E}^2}{R} = -\frac{4}{R} B^2 x^2 \frac{dy}{dt} = \frac{dE}{dt}$	0,5 балла 0,5 балла
$-\frac{4}{R} B^2 x^2 {v_y}^2 = m v_y \frac{dv_y}{dt}$	0,5 балла

И далее одинаково.