XXIX Международная олимпиада «Туймаада». Физика

Критерии оценивания

Младшая лига

Задача 1. Центр масс загружаемой платформы

№	Критерии	Баллы
	Авторское решение	
1	Взаимодействие между платформой и высыпающимся щебнем является внутренним.	3
2	Найдена зависимость координаты центра масс от времени.	2
3	Найдена скорость центра масс в общем виде.	5
4	Найдена скорость центра масс исходя из численных значений.	

Альтернативное решение

ЗСИ:

(1) $Mv_0 = (M+\mu t)v$ отсюда следует, что $v = v_0 \cdot \frac{M}{M+\mu t}$.

(2) $y(t) = \int_0^t v dt = \frac{Mv_0}{\mu}\int_0^t \frac{d(\mu t)}{M+\mu t} = \frac{Mv_0}{\mu}\cdot ln(1+\frac{\mu t}{M})$ - длина высыпавшегося на платформу щебня (путь тележки).

$y_0(t) = \frac{\int_0^t \mu dt \cdot \frac{Mv_0}{\mu}\cdot ln\frac{M+\mu t}{M}}{\mu t}$ – центр масс высыпавшегося на платформу щебня.

Проинтегрировав, получаем:

(3) $y_0(t) = \frac{M^2 v_0}{\mu^2 t}\cdot ln\left(1+\frac{\mu t}{M}\right) + \frac{Mv_0}{\mu}\cdot ln\left(1+\frac{\mu t}{M}\right) - \frac{Mv_0}{\mu}$

$x_0(t) = \frac{\mu t\left[\frac{Mv_0}{\mu}\cdot ln\left(1+\frac{\mu t}{M}\right)-\frac{L}{4}-y_0(t)\right]+M\cdot y(t)}{M+\mu t}$.

Подставив, вместо $y_0(t)$ и $y(t)$ полученные выражения, получаем:

(4) $x_0(t) = \frac{Mv_0 t - \mu t\frac{L}{4}}{M+\mu t}$.

Продифференцируем полученное выражение по времени:

(5) $v_{\text{цм}} = x_0'(t) = v_0 \cdot \frac{1-\frac{\mu L}{4Mv_0}}{(1+\frac{\mu t}{M})^2}$.

№	Критерии	Баллы
1	Закон сохранение импульса (1).	1
2	Длина высыпавщегося на платформу щебня (путь тележки) (2).	2
3	Положение ц.м. высыпавщегося щебня (3).	3
4	Найдена скорость ц.м. “щебень+тележка” (5).	4

Задача 2. Раскручивание резинового кольца

№	Критерии	Баллы
1	Объяснение существования максимальной скорости.	2
2	Правильно сделан рисунок с действующими силами.	2
3	Указано, что $F_{\text{упр}} = S * T$.	1
4	Использован второй закон Ньютона для участка кольца массой m.	2
5	Указано, что при максимальной скорости $N = 0$.	1
6	Получено выражение для максимальной скорости $v = \sqrt{\frac{T}{\rho}}$.	1
7	Получен численный ответ $v = 2$ м/с.	1

Задача 3. Неоднородный цилиндр

№	Критерии	Баллы
Авторский вариант решения		
1	Написано общая формула кинетической энергии цилиндра (3), либо аналогичная формула (теорема Кёнига).	3
2	Использован закон сохранения энергии.	3
3	Вывод зависимости скорости $v(x)$ оси цилиндра.	2
4	Вывод максимального ускорения a_0.	2

Задача 4. Нагревание шариками

№	Критерии	Баллы
Авторский вариант решения		
1	Написано уравнение теплового баланса при помещении первого шарика.	1
2	Температура теплового равновесия после помещения первого шарика (формула).	1
3	Получены выражения: $C_1(\Delta T_{n-1} - \Delta T_n) = C_2(\Delta T_n - 0)$,	2

	$$\Delta T_n = \frac{C_1}{C_1 + C_2} \cdot \Delta T_{n-1}.$$	
4	Получено выражение: $$\Delta T_n = \left(\frac{C_1}{C_1 + C_2}\right)^n \cdot \Delta T_0.$$	3
5	Получено выражение: $n > \frac{\ln\left(\frac{T-T_0}{T-T_x}\right)}{\ln\left(1+\frac{C_2}{C_1}\right)} = \frac{\ln 2}{\ln 1{,}1} \approx 7{,}3.$	2
6	Обоснован и получен ответ: $n = 8$.	1
Альтернативное решение		
1	Написано уравнение теплового баланса при помещении первого шарика.	1
2	Рассчитано значение температуры теплового равновесия после помещения первого шарика $T_1 \approx 25{,}5$ °C ≈ 299 K.	1
3	Рассчитано значение температуры теплового равновесия после замены первого шарика вторым $T_2 \approx 30{,}4$ °C ≈ 304 K.	1
4	Рассчитано значение температуры теплового равновесия после замены второго шарика третьим $T_3 \approx 35$ °C ≈ 308 K.	1
5	Рассчитано значение температуры теплового равновесия после замены третьего шарика четвёртым $T_4 \approx 39$ °C ≈ 312 K.	1
6	Рассчитано значение температуры теплового равновесия после замены четвёртого шарика пятым $T_5 \approx 43$ °C ≈ 316 K.	1
7	Рассчитано значение температуры теплового равновесия после замены пятого шарика шестым $T_6 \approx 46$ °C ≈ 319 K.	1
8	Рассчитано значение температуры теплового равновесия после замены шестого шарика седьмым $T_7 \approx 49$ °C ≈ 322 K.	1
9	Рассчитано значение температуры теплового равновесия после замены седьмого шарика восьмым $T_8 \approx 52$ °C ≈ 325 K.	1
10	Обоснован и получен ответ: $n = 8$	1

Задача 5. Нагрев электромоста

№	Критерии	Баллы
1	Использована формула связи сопротивления с длиной и площадью сечения проволоки R=ρ*l/S	0.5
2	Правильно записаны правила Кирхгофа для двух вариантов схем и составлены уравнения с последующими попытками их решения (по 1б за каждую систему уравнений)	2
3	Использована идея того, что при малом времени тепловых потерь в окружающую среду нет и вся мощность, выделяемая на резисторе идёт на его нагрев (если есть явная формула).	1

4	Использована идея того, что при больших временах мощность тепловых потерь в окружающую среду сравнивается с мощностью, выделяемой на резисторе (нужна явная формула).	1.5
5	Формулы расчетов изменений температур (по 0.5б за каждый из случаев (малое и большое время)) (формулы (6) и (7) в решении).	1
6	Получены ответы для разности максимальной и минимальной температурами (по 0.5б за каждый из 4-ех случаев) (-0.5б от суммы, если она не меньше 0.5б и результаты не округлены до целого числа мК).	2
7	В каждом из пунктов указано и доказано на каких резисторах достигаются максимальный и минимальный температуры (по 0.5б за каждый пункт).	2

Задача 6. Космический луч

№	Критерии	Баллы
1	Закон преломления тонком сферическом слое: $\sin\alpha_i/\sin\alpha_{i+1}=n_{i+1}/n_i$	2
2	$N*\sin\alpha=const$	2
3	$\sin\alpha=\rho/R$, где ρ – прицельный параметр.	2
4	$n*\rho=const$	2
5	$1*H=n_0 * \rho_{min}$, $\rho_{min}= D$, $n_0=H/D$.	2

Задача 7. Одноразовая идеальная линза

№	Критерии	Баллы
1.	Рисунок: Сделан рисунок линзы, на котором обозначен правильный ход двух лучей. Выбрана система координат. Обозначены координаты точки (точек) выпуклой поверхности линзы, обозначены параметры, входящие в условие задачи. Пояснения: • Баллы за рисунок даются только в том случае, если благодаря нему строится математическая модель выпуклой поверхности линзы; • Участник автоматически получает 0 баллов по этому пункту, если в его решении принято, что выпуклая поверхность сферическая; • Участник автоматически получает 0 баллов по этому пункту, если в его решении принято, что линза тонкая.	2
2.	Идея о равенстве оптических путей.	2
3.	Уравнение равенства оптических путей.	3
4.	Упрощение и приведение этого уравнения квадратному уравнению.	1

5.	Решение уравнения и нахождение *y(x)*: $y(x)=\frac{-2f(n-1)+\sqrt{4f^2(n-1)^2+4(n^2-1)x^2}}{2(n^2-1)}$ или $y(x)=\frac{-1+\sqrt{1+5x^2}}{2,5}$.	1
6.	Найдена толщины линзы H = 0,2 м.	1

XXIX International Olympiad "Tuymaada". Physics

Evaluation criteria

Junior league

Problem 1. Mass center of loading platform

№	Criteria	Points
	Author's solution	
1	The interaction between the platform and the falling crushed stone is internal.	3
2	The dependence $x_c(t)$ is found.	2
3	The speed of the center of mass is found in general terms.	5
4	The speed of the center of mass is found based on numerical values.	

Alternative Solution

Law of conservation of momentum:

(1) $Mv_0 = (M + \mu t)v$ => $v = v_0 \cdot \frac{M}{M+\mu t}$

(2) The length of the section of crushed stone spilled onto the platform (the length of the path of the platform): $y(t) = \int_0^t v dt = \frac{Mv_0}{\mu}\int_0^t \frac{d(\mu t)}{M+\mu t} = \frac{Mv_0}{\mu} \cdot ln(1 + \frac{\mu t}{M})$.

The center of mass of the falling crashed stone onto the platform:

$$y_0(t) = \frac{\int_0^t \mu dt \cdot \frac{Mv_0}{\mu} \cdot ln\frac{M+\mu t}{M}}{\mu t}.$$

After integrating:

(3) $y_0(t) = \frac{M^2 v_0}{\mu^2 t} \cdot l\,n\left(1 + \frac{\mu t}{M}\right) + \frac{Mv_0}{\mu} \cdot l\,n\left(1 + \frac{\mu t}{M}\right) - \frac{Mv_0}{\mu}$

$$x_0(t) = \frac{\mu t\left[\frac{Mv_0}{\mu} \cdot l\,n\left(1 + \frac{\mu t}{M}\right) - \frac{L}{4} - y_0(t)\right] + M \cdot y(t)}{M + \mu t}$$

Substitute $y_0(t)$ and y(t) into $x_0(t)$:

(4) $x_0(t) = \frac{Mv_0t - \mu t\frac{L}{4}}{M+\mu t}$.

Differentiate with respect to time:

(5) $v_{c.m.} = x_0'(t) = v_0 \cdot \frac{1-\frac{\mu L}{4Mv_0}}{(1+\frac{\mu t}{M})^2}$

№	Criteria	Points
1	Law of conservation of momentum (1).	1
2	Formula (2).	2
3	Formula (3).	3
4	The velocity for the center of mass is found (5).	4

Problem 2. Unrolling the rubbing ring

№	Criteria	Points
1	Explanation of the existence of the maximum speed is given.	2
2	Correctly made drawing with acting forces.	2
3	It is stated that $F_{elastic} = S * T$.	1
4	Newton's second law is used to determine the mass m.	2
5	It is shown that the maximum speed is reached at N=0.	1
6	An expression for the maximum speed is obtained: $v = \sqrt{\frac{T}{\rho}}$.	1
7	The numerical value for υ is found.	1

Problem 3. Inhomogeneous cylinder

№	Criteria	Points
	Author's solution	
1	The kinetic energy formula of the cylinder (16) or a similar formula (Koenig's theorem) is used.	3
2	The law of conservation of energy is used.	3
3	The dependence of the velocity v(x) of the cylinder axis is obtained.	2
4	An expression for the maximum acceleration a_0 is found.	2

Problem 4. Heating by balls

№	Criteria	Points
	Author's solution	
1	Heat balance expression for the first ball.	1

2	Expression for the thermal equilibrium temperature after placing the first ball.	1
3	The expression for $C_1(\Delta T_{n-1} - \Delta T_n) = C_2(\Delta T_n - 0)$, $$\Delta T_n = \frac{C_1}{C_1 + C_2} \cdot \Delta T_{n-1}.$$	2
4	The expression for: $$\Delta T_n = \left(\frac{C_1}{C_1 + C_2}\right)^n \cdot \Delta T_0.$$	3
5	The expression for $$n > \frac{\ln\left(\frac{T-T_0}{T-T_x}\right)}{\ln\left(1+\frac{C_2}{C_1}\right)} = \frac{\ln 2}{\ln 1{,}1} \approx 7{,}3$$	2
6	Substantiated and received an answer for n.	1
	Alternative Solution	
1	Heat balance expression for the first ball.	1
2	The value of the thermal equilibrium temperature after placing the first ball is calculated: $T_1 \approx 25{,}5$ °C ≈ 299 K.	1
3	The value of the thermal equilibrium temperature after replacing the first ball with the second one is calculated $T_2 \approx 30{,}4$ °C ≈ 304 K.	1
4	The value of the thermal equilibrium temperature after replacing the second ball with the third one is calculated: $T_3 \approx 35$ °C ≈ 308 K.	1
5	The obtainment of numerical answer $T_4 \approx 39$ °C ≈ 312 K.	1
6	The obtainment of numerical answer $T_5 \approx 43$ °C ≈ 316 K.	1
7	The obtainment of numerical answer $T_6 \approx 46$ °C ≈ 319 K.	1
8	The obtainment of numerical answer $T_7 \approx 49$ °C ≈ 322 K.	1
9	The obtainment of numerical answer $T_8 \approx 52$ °C ≈ 325 K.	1
10	Substantiated and received an answer for n.	1

Problem 5. Heating of the electric bridge

№	Criteria	Points
1	The formula for the connection of resistance with the length and cross-sectional area of the wire R=ρ*l/S is used	0.5
2	Kirchhoff's rules for two variants of schemes are correctly written down and equations are compiled with subsequent attempts to solve them (1 point for each system of equations)	2
3	The idea is used that for a short time there is no heat loss to the environment and all the power released to the resistor goes to its heating (if there is an explicit formula).	1
4	The idea is used that at long times the power of heat losses to the environment is equal to the power released on the resistor (an explicit formula is needed).	1.5

5	Formulas for calculating temperature changes (0.5 points for each of the cases (small and long time)) (formulas (6) and (7) in the solution).	1
6	The answers (0.5 for each of the 4 cases) (-0.5 of the sum, if the sum is not less than 0.5 and the results are not rounded to an integer mK).	2
7	In each of the cases, it is indicated and proved on which resistors the maximum and minimum temperatures are reached (0.5 points for each case).	2

Problem 6. Cosmic ray

№	Criteria	Points
1	The general formula for $\sin\alpha_i/\sin\alpha_{i+1}=n_{i+1}/n_i$.	2
2	$n*\sin\alpha=const$.	2
3	$\sin\alpha=\rho/R$, where ρ is the impact parameter.	2
4	$n*\rho=const$.	2
5	$1*H=n_0*\rho_{min}$, $\rho_{min}= D$, $n_0=H/D$.	2

Problem 7. A disposable ideal lens

№	Criteria	Points
1	Figure: An image of a lens was made, on which the correct course of two rays is indicated. Coordinate system selected. The coordinates of the point (points) of the convex surface of the lens are indicated and the parameters included in the condition of the problem are shown. Explanations: • Points for the drawing are added if it is used to find a mathematical model of the convex surface of the lens; • The participant automatically receives 0 points for this item if it is accepted in his solution that the convex surface is spherical; • The participant automatically receives 0 for this item if the solution assumes that the lens is thin.	2
2	The idea of equality of optical paths.	2
3	An equation for the equality of optical lengths for two beams is written.	3
4	Transformation of the equation to a quadratic form.	1
5	The equation is solved and y(x) is found: $y(x) = \frac{-2f(n-1)+\sqrt{4f^2(n-1)^2+4(n^2-1)x^2}}{2(n^2-1)}$ or $y(x) = \frac{-1+\sqrt{1+5x^2}}{2,5}$.	1
6	Lens thickness found.	1

XXIX Международная олимпиада «Туймаада». Физика

Критерии оценивания

Старшая лига

Задача №1. Центр масс загружаемой платформы

№	Критерии	Баллы
	Авторское решение	
1	Взаимодействие между платформой и высыпающимся щебнем является внутренним.	3
2	Найдена зависимость координаты центра масс от времени.	2
3	Найдена скорость центра масс в общем виде.	5
4	Найдена скорость центра масс исходя из численных значений.	

Альтернативное решение

ЗСИ:

(1) $Mv_0 = (M+\mu t)v$ отсюда следует, что $v = v_0 \cdot \frac{M}{M+\mu t}$

(2) $y(t) = \int_0^t v dt = \frac{Mv_0}{\mu}\int_0^t \frac{d(\mu t)}{M+\mu t} = \frac{Mv_0}{\mu} \cdot ln(1+\frac{\mu t}{M})$ - длина высыпавщегося на платформу щебня (путь тележки)

$y_0(t) = \frac{\int_0^t \mu dt \cdot \frac{Mv_0}{\mu} \cdot ln\frac{M+\mu t}{M}}{\mu t}$ – центр масс высыпавщегося на платформу щебня

Проинтегрировав, получаем:

(3) $y_0(t) = \frac{M^2 v_0}{\mu^2 t} \cdot ln\left(1+\frac{\mu t}{M}\right) + \frac{Mv_0}{\mu} \cdot ln\left(1+\frac{\mu t}{M}\right) - \frac{Mv_0}{\mu}$

$$x_0(t) = \frac{\mu t\left[\frac{Mv_0}{\mu} \cdot ln\left(1+\frac{\mu t}{M}\right) - \frac{L}{4} - y_0(t)\right] + M \cdot y(t)}{M+\mu t}$$

Подставив, вместо $y_0(t)$ и $y(t)$ полученные выражения, получаем:

(4) $x_0(t) = \frac{Mv_0 t - \mu t\frac{L}{4}}{M+\mu t}$

Продифференцируем полученное выражение по времени:

(5) $v_{цм} = x_0'(t) = v_0 \cdot \frac{1-\frac{\mu L}{4Mv_0}}{(1+\frac{\mu t}{M})^2}$

№	Критерии	Баллы
1	Закон сохранение импульса (1).	1
2	Длина высыпавшегося на платформу щебня (путь платформы) (2).	2
3	Положение ц.м. высыпавшегося щебня (3).	3
4	Найдена скорость ц.м. “щебень+тележка” (5).	4

Задача 2. Раскручивание резинового кольца

№	Критерии	Баллы
1	Объяснение существования максимальной скорости.	2
2	Правильно сделан рисунок с действующими силами.	2
3	Указано, что $F_{упр} = S * T$.	1
4	Записан второй закон Ньютона для участка кольца массой m.	2
5	Указано, что при максимальной скорости $N = 0$.	1
6	Получено выражение для максимальной скорости $v = \sqrt{\frac{T}{\rho}}$.	1
7	Получен численный ответ $v = 2$ м/с.	1

Задача 3. Неоднородный цилиндр

№	Критерии	Баллы
	Авторский вариант решения	
1	Написано общая формула кинетической энергии цилиндра (3), либо аналогичная формула (теорема Кёнига).	3
2	Использован закон сохранения энергии.	3
3	Вывод зависимости скорости $v(x)$ оси цилиндра.	2
4	Вывод максимального ускорения a_0.	2

Задача 4. Адиабатическое падение тяжёлого поршня

№	Критерии	Баллы
	Авторский вариант решения	
1	Записан закон сохранения энергии (с учётом адиабатичности) для системы газ -поршень. Возможен вариант логики: энергия газа и внешняя работа поршня (что приводит к тому же уравнению).	3

2	Записано уравнение адиабаты для начального и конечного состояний системы.	1
3	Решение системы уравнений (энергии и адиабаты) • Преобразование уравнений к параметрам h, p, t. – 1 балл • Приближённое решение нелинейного уравнения для h (или другого параметра) методом итераций (или иным способом) – 2 балла • Решение и вычисление для p – 1 балл.	4
4	*1.* Решение и вычисление для t (использование уравнения состояния идеального газа и значений h, p).	2

Задача 5. Нагрев электромоста

№	Критерии	Балл
1	Использована формула связи сопротивления с длиной и площадью сечения проволоки $R=\rho*l/S$	0.5
2	Правильно записаны правила Кирхгофа для двух вариантов схем и составлены уравнения с последующими попытками их решения (по 1б за каждую систему уравнений)	2
3	Использована идея того, что при малом времени тепловых потерь в окружающую среду нет и вся мощность, выделяемая на резисторе идёт на его нагрев (если есть явная формула).	1
4	Использована идея того, что при больших временах мощность тепловых потерь в окружающую среду сравнивается с мощностью, выделяемой на резисторе (нужна явная формула).	1.5
5	Формулы расчетов изменений температур (по 0.5б за каждый из случаев (малое и большое время)) (формулы (6) и (7) в решении).	1
6	Получены ответы для разности максимальной и минимальной температурами (по 0.5б за каждый из 4-ех случаев) (-0.5б от суммы, если она не меньше 0.5б и результаты не округлены до целого числа мК).	2
7	В каждом из пунктов указано и доказано на каких резисторах достигаются максимальный и минимальный температуры (по 0.5б за каждый пункт).	2

Задача 6. Космический луч

№	Критерии	Баллы
1	Закон преломления тонком сферическом слое: $\sin\alpha_i/\sin\alpha_{i+1}=n_{i+1}/n_i$.	2
2	$N*\sin\alpha=const$.	2
3	$\sin\alpha=\rho/R$, где ρ – прицельный параметр.	2
4	$n*\rho=const$.	2
5	$1*H=n_0*\rho_{min}$, $\rho_{min}=D$, $n_0=H/D$.	2

Задача 7. Одноразовая идеальная линза

№	Критерии	Баллы
7.	Рисунок: Сделан рисунок линзы, на котором обозначен правильный ход двух лучей. Выбрана система координат. Обозначены координаты точки (точек) выпуклой поверхности линзы, обозначены параметры, входящие в условие задачи. Пояснения: • Баллы за рисунок даются только в том случае, если благодаря нему строится математическая модель выпуклой поверхности линзы; • Участник автоматически получает 0 баллов по этому пункту, если в его решении принято, что выпуклая поверхность сферическая; • Участник автоматически получает 0 баллов по этому пункту, если в его решении принято, что линза тонкая.	2
8.	Идея о равенстве оптических путей	2
9.	Уравнение равенства оптических путей.	3
10.	Упрощение и приведение этого уравнения квадратному уравнению.	1
11.	Решение уравнения и нахождение *y(x)*: $y(x) = \frac{-2f(n-1)+\sqrt{4f^2(n-1)^2+4(n^2-1)x^2}}{2(n^2-1)}$ или $y(x) = \frac{-1+\sqrt{1+5x^2}}{2{,}5}$	1
12.	Найдена толщины линзы H = 0,2 м.	1

Задача 8. Проволочный куб

№	Критерии	Баллы
1	Получена формула (11)	2
2	Получена формула (12)	2
3	Определены M и m (13)	1
4	Сделан п.1.	2
5	Сделан п.2.	2
6	Найдена зависимость (U(t)	1

XXIX International Olympiad "Tuymaada". Physics

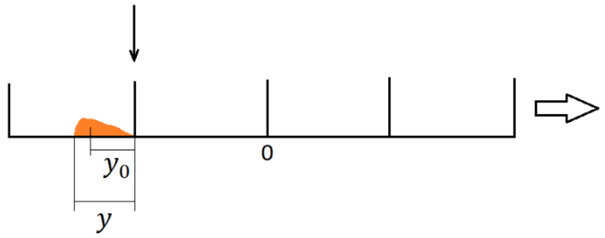
Evaluation criteria

Senior League

Problem 1. Mass center of loading platform

№	Criteria	Points
	Author's solution	
1	The interaction between the platform and the falling crushed stone is internal.	3
2	The dependence $x_c(t)$ is found.	2
3	The speed of the center of mass is found in general terms.	5
4	The speed of the center of mass is found based on numerical values.	

Alternative Solution



Law of conservation of momentum:

(1) $Mv_0 = (M+\mu t)v$ => $v = v_0 \cdot \frac{M}{M+\mu t}$

(2) The length of the section of crushed stone spilled onto the platform (the length of the path of the platform): $y(t) = \int_0^t v dt = \frac{Mv_0}{\mu}\int_0^t \frac{d(\mu t)}{M+\mu t} = \frac{Mv_0}{\mu} \cdot ln(1+\frac{\mu t}{M})$.

The center of mass of the crash stone spilled onto the platform:

$$y_0(t) = \frac{\int_0^t \mu dt \cdot \frac{Mv_0}{\mu} \cdot ln\frac{M+\mu t}{M}}{\mu t}.$$

After integrating:

(3) $y_0(t) = \frac{M^2 v_0}{\mu^2 t} \cdot ln\left(1+\frac{\mu t}{M}\right) + \frac{Mv_0}{\mu} \cdot ln\left(1+\frac{\mu t}{M}\right) - \frac{Mv_0}{\mu}$

$$x_0(t) = \frac{\mu t\left[\frac{Mv_0}{\mu} \cdot ln\left(1+\frac{\mu t}{M}\right) - \frac{L}{4} - y_0(t)\right] + M \cdot y(t)}{M+\mu t}$$

Substitute $y_0(t)$ and y(t) into $x_0(t)$:

(4) $x_0(t) = \frac{Mv_0t-\mu t\frac{L}{4}}{M+\mu t}$.

Differentiate with respect to time:

(5) $v_{c.m.} = x_0'(t) = v_0 \cdot \frac{1-\frac{\mu L}{4Mv_0}}{(1+\frac{\mu t}{M})^2}$

№	Criteria	Points
1	Law of conservation of momentum (1).	1
2	Formula (2).	2
3	Formula (3).	3
4	The speed of the center of mass is found (5).	4

Problem 2. Unrolling the rubbing ring

№	Criteria	Points
1	Explanation of the existence of the maximum speed is given.	2
2	Correctly made drawing with acting forces.	2
3	It is stated that $F_{elastic} = S * T$.	1
4	Newton's second law is used to determine the mass m.	2
5	It is shown that the maximum speed is reached at N=0.	1
6	An expression for the maximum speed is obtained: $v = \sqrt{\frac{T}{\rho}}$.	1
7	The numerical value for υ is found.	1

Problem 3. Inhomogeneous cylinder

№	Criteria	Points
	Author's solution	
1	The kinetic energy formula of the cylinder (16) or a similar formula (Koenig's theorem) is used.	3
2	The law of conservation of energy is used.	3
3	The dependence of the velocity v(x) of the cylinder axis is obtained.	2
4	An expression for the maximum acceleration a_0 is found.	2

Problem 4. Adiabatic fall of a heavy piston

№	Criteria	Points
Author's solution		
1	The law of conservation of energy (taking into account adiabaticity) for the gas-piston system is used. A variant of the logic for solving the problem is possible: the energy of the gas and the external work of the piston (which leads to the same equation).	3
2	The adiabatic equation for the initial and final states of the system is used.	1
3	Solved system of equations (energy and adiabats): • Transformation of equations to parameters h, p, t. (1 point); • Approximate solution of a non-linear equation for h (or another parameter) by iteration (or in another way) (2 points); • An equation for p is found and its value is calculated (1 point).	4
4	An equation for m is found and its value is calculated (the Mendeleev-Clapeyron equations for an ideal gas and the values of h, p are used).	2

Problem 5. Heating of the electric bridge

№	Criteria	Points
1	The formula for the connection of resistance with the length and cross-sectional area of the wire $R=\rho*l/S$ is used	0.5
2	Kirchhoff's rules for two variants of schemes are correctly written down and equations are compiled with subsequent attempts to solve them (1 point for each system of equations)	2
3	The idea is used that for a short time there is no heat loss to the environment and all the power released to the resistor goes to its heating (if there is an explicit formula).	1
4	The idea is used that at long times the power of heat losses to the environment is equal to the power released on the resistor (an explicit formula is needed).	1.5
5	Formulas for calculating temperature changes (0.5 points for each of the cases (small and long time)) (formulas (6) and (7) in the solution).	1
6	The answers (0.5 for each of the 4 cases) (-0.5 of the sum, if the sum is not less than 0.5 and the results are not rounded to an integer mK).	2
7	In each of the cases, it is indicated and proved on which resistors the maximum and minimum temperatures are reached (0.5 points for each case).	2

Problem 6. Cosmic ray

№	Criteria	Points
1	The general formula for $\sin\alpha_i/\sin\alpha_{i+1}=n_{i+1}/n_i$.	2
2	$n*\sin\alpha=const$.	2
3	$\sin\alpha=\rho/R$, where ρ is the impact parameter.	2
4	$n*\rho=const$.	2
5	$1*H=n_0*\rho_{min}$, $\rho_{min}=D$, $n_0=H/D$.	2

Problem 7. A disposable ideal lens

№	Criteria	Points
1	Figure: An image of a lens was made, on which the correct course of two rays is indicated. Coordinate system selected. The coordinates of the point (points) of the convex surface of the lens are indicated and the parameters included in the condition of the problem are shown. Explanations: • Points for the drawing are added if it is used to find a mathematical model of the convex surface of the lens; • The participant automatically receives 0 points for this item if it is accepted in his solution that the convex surface is spherical; • The participant automatically receives 0 for this item if the solution assumes that the lens is thin.	2
2	The idea of equality of optical paths.	2
3	An equation for the equality of optical lengths for two beams is written.	3
4	Transformation of the equation to a quadratic form.	1
5	The equation is solved and y(x) is found: $y(x)=\frac{-2f(n-1)+\sqrt{4f^2(n-1)^2+4(n^2-1)x^2}}{2(n^2-1)}$ or $y(x)=\frac{-1+\sqrt{1+5x^2}}{2,5}$.	1
6	Lens thickness found.	1

Problem 8. Wire cube

№	Criteria	Points
1	Formula (24) is defined.	2
2	Formula (25) is defined.	2
3	M and m are determined (26).	1
4	Point 1 done.	2
5	Point 2 done.	2
6	The dependence U(t) is found.	1