

РЕШЕНИЯ И ОТВЕТЫ К ЗАДАНИЯМ
Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников
ФИЗИКА
2020-2021 уч. год
10 класс

Время проведения – **3 часа 50 мин (230 минут)**.

Максимальное количество баллов – **50**.

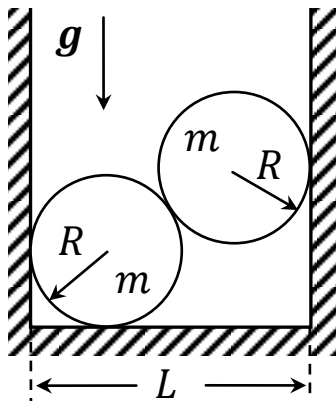
Рекомендации по оцениванию выполненных заданий

1. Жюри олимпиады оценивает записи, приведенные в чистовике. Черновики не проверяются.
2. Решение каждой задачи оценивается целым числом баллов от 0 до 10.
3. Не допускается снятие баллов за «плохой почерк» и неаккуратное оформление записей.
4. Решения и подходы школьников могут отличаться от решений, предложенных методической комиссией, быть не рациональными.
5. Если задача решена не полностью, то этапы ее решения оцениваются в соответствии с критериями оценок.

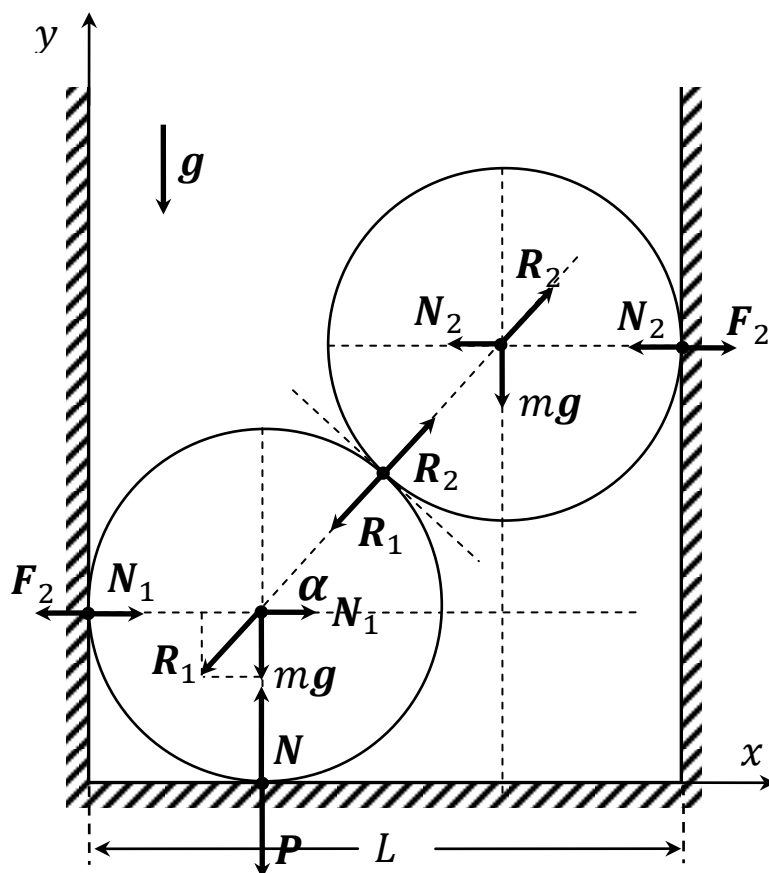
Критерии оценивания решений

Баллы	Правильность (ошибочность) решения
10	Полное верное решение
9	Верное решение. Имеются небольшие недочеты, в целом не влияющие на решение
6-8	Решение в целом верное, однако, содержит существенные ошибки (не физические, а математические).
5	Найдено решение одного из двух возможных случаев
3-4	Есть понимание физики явления, но не найдено одно из необходимых для решения уравнений, в результате полученная система уравнений не полна и невозможно найти решение.
1-2	Есть отдельные уравнения, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении).
0	Решение неверное или отсутствует

Задача 1. Два цилиндра массой m и радиуса R каждый лежат в прямоугольной коробке с гладкими стенками, расстояние между которыми равно L . Найти силы, с которыми цилиндры действуют на дно и стенки коробки.



Решение. Изобразим силы, действующие на цилиндры и стенки, а также выберем систему координат.



Запишем условия равновесия:

- первый шар

$$-N_2 + R_2 \cos \alpha = 0 \quad (1)$$

$$mg - R_2 \sin \alpha = 0 \quad (2)$$

- второй шар

$$N_1 - R_1 \cos \alpha = 0 \quad (3)$$

$$N - mg - R_1 \sin \alpha = 0 \quad (4)$$

при этом

$$N = P, \quad R_1 = R_2, \quad F_1 = N_1, \quad F_2 = N_2 \quad (5)$$

Выражая N_2 из (1)-(2), получим

$$N_2 = mg \operatorname{ctg} \alpha = 0, \quad (6)$$

а с учетом (5) из (3) и (4) получим

$$N_1 = N_2 \Rightarrow F_1 = F_2 = F \quad (7)$$

$$P = 2mg \quad (8)$$

Найдем $\operatorname{ctg} \alpha$. Из треугольника ABC получим

$$\cos \alpha = \frac{L - 2R}{2R}, \quad (9)$$

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \frac{\sqrt{L(4R - L)}}{2R} \quad (10)$$

откуда

$$\operatorname{ctg} \alpha = \frac{L - 2R}{\sqrt{L(4R - L)}} \quad (11)$$

и тогда, с учетом (7),

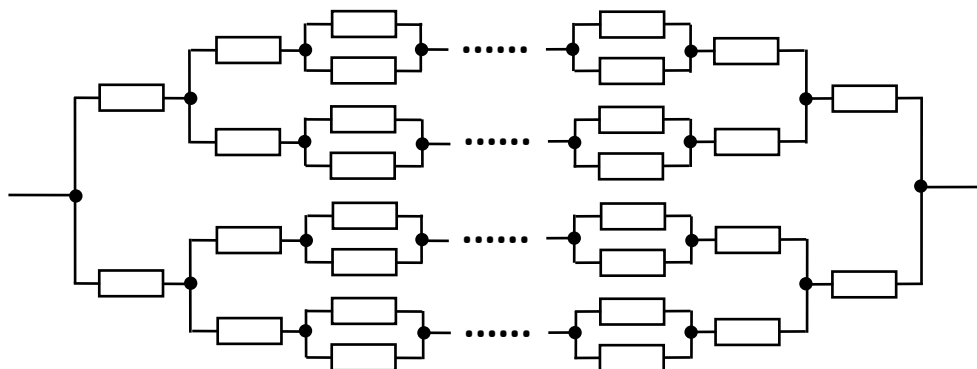
$$F = mg \frac{L - 2R}{\sqrt{L(4R - L)}} \quad (11)$$

Ответ: шары действуют на стенки с одинаковыми силами $mg \frac{L-2R}{\sqrt{L(4R-L)}}$, а на дно с силой $2mg$.

Критерии оценивания:

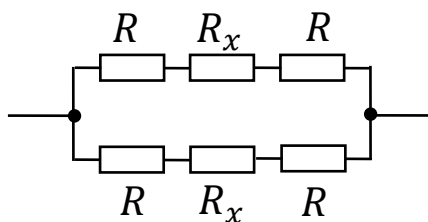
1. Сделан рисунок, расставлены силы, выбрана система координат	-	2
2. Записаны уравнения равновесия (1)-(4)	-	2
3. Записаны дополнительные условия (5)	-	2
4. Найдены силы (6)-(8)	-	1
5. Вычислен $\operatorname{ctg} \alpha$ (11)	-	2
6. Записан ответ	-	1
Всего	-	10

Задача 2. Найти полное сопротивление бесконечной цепочки одинаковых резисторов (R), показанной на рисунке.



Решение.

1 способ. Видно, что всю бесконечную цепь можно представить, как две параллельные цепи, каждая из которых подобна полной цепи, так как число резисторов бесконечно. Тогда, эквивалентна цепь имеет вид



Пусть сопротивление всей цепи равно R_x , тогда, учитывая, что сопротивление каждой ветви (верхней и нижней) равно

$$R' = 2R + R_x \quad (1)$$

получим, вычисляя сопротивление двух параллельного соединения,

$$R_x = \frac{2R + R_x}{2} \quad (2)$$

и, решая это уравнение относительно $2R + R_x$, найдем

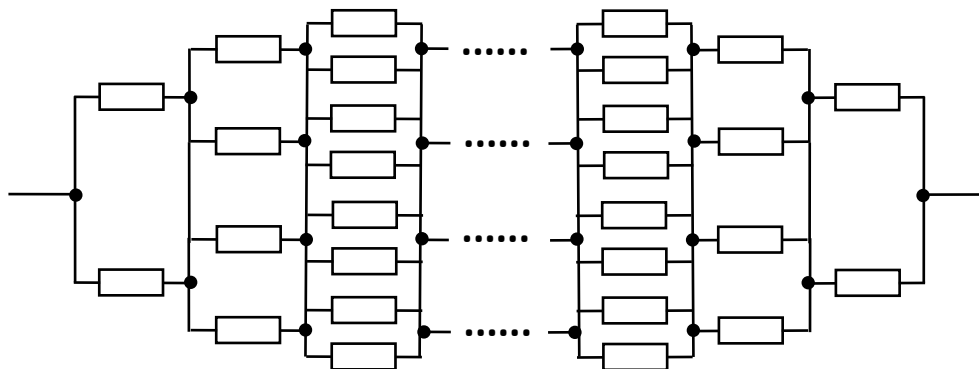
$$R_x = 2R. \quad (3)$$

2 способ. Другой вариант эквивалентной схемы приведен на рисунке, где добавлены проводники, соединяющие точки с одинаковыми потенциалами (равенство следует из симметрии схемы). В этом случае из законов параллельного и последовательного соединения получим

$$R_x = 2R \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \dots \right). \quad (4)$$

Выражение в скобках представляет собой сумму бесконечно геометрической прогрессии, значение которой равно 1 откуда получаем

$$R_x = 2R. \quad (5)$$



Ответ: сопротивление бесконечной цепочки резисторов равно $2R$.

Критерии оценивания:

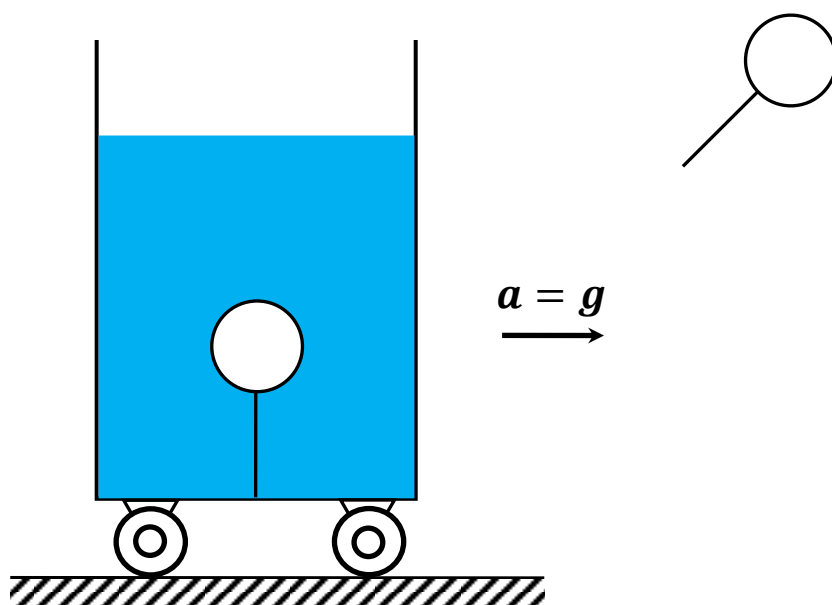
1 способ

1. Нарисована эквивалентная схема	- 6
2. Получено сопротивление одной ветви R'	- 1
3. Записано уравнение (3)	- 2
4. Получено решение (4) и записан ответ	- 1
Всего	- 10

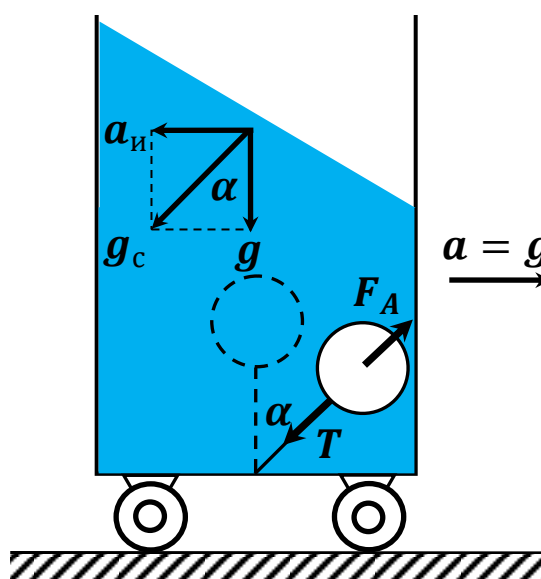
2 способ

1. Нарисована эквивалентная схема	- 5
2. Записано выражение для R_x (4)	- 2
3. Записано значение геометрической прогрессии	- 2
4. Получено решение (5) и записан ответ	- 1
Всего	- 10

Задача 3. Ко дну тележки с очень высокими стенками и заполненной водой привязан небольшой воздушный шарик радиуса $R = 5$ см. Тележку начинают перемещать в горизонтальном направлении с ускорением, равным ускорению свободного падения. Найти натяжение нити. Плотность воды и ускорение свободного падения считать равными 1000 кг/м^3 и 10 м/с^2 , весом шарика с воздухом пренебречь.



Решение. При движении с горизонтальным ускорением на жидкость, кроме силы тяжести, будет действовать сила инерции, которая будет создавать ускорение (инерции) равное по величине ускорению свободного падения (по условию задачи) и направленное в сторону, противоположную ускорению тележки. Обозначим это ускорение $a_{\text{и}}$ и построим для произвольной точки воды вместе с ускорением



свободного падения и суммарным ускорением g_c . Так как угол $\alpha=45^\circ$, то величина суммарного ускорения равна

$$g_c = \frac{g}{\cos 45^\circ} = \sqrt{2}g. \quad (1)$$

Сила Архимеда, обозначенная на рисунке как F_A , направлена в сторону противоположную вектору g_c и поэтому шарик отклонится в сторону ускорения тележки под углом $\alpha=45^\circ$.

Из рисунка видно, что сила натяжения нити, которая компенсирует силу Архимеда, вычисляется как

$$T = \rho V g_c = \frac{4\pi\sqrt{2}}{3} \rho R^3 g. \quad (2)$$

Подставляя значения ρ, V, g , получим значение натяжения.

$$T \cong 7.4 \text{ Н}. \quad (3)$$

Ответ: Сила натяжения нити равна 7.4 Н.

Критерии оценивания:

1. Сделан вывод о суммарном ускорении "свободного падения" в жидкости	-	2
2. Сделан рисунок с обозначением сил	-	1
3. Определено направление отклонения шарика	-	2
4. Определен угол наклона	-	2
5. Получена формула для вычисления натяжения нити	-	2
6. Выполнены вычисления и записан ответ	-	1
Всего	-	10

Задача 4. В калориметр, где находится 30 г льда при температуре -20°C , добавили 50 г воды при температуре 60°C . Какая температура установится в калориметре? Удельная теплоемкость льда и воды равны $2,1 \frac{\text{Дж}}{\text{г}\cdot^{\circ}\text{C}}$ и $4,2 \frac{\text{Дж}}{\text{г}\cdot^{\circ}\text{C}}$, удельная теплота плавления льда $330 \frac{\text{Дж}}{\text{г}}$.

Решение. При охлаждении воды без льда до 0°C выделится теплота Q_1

$$Q_1 = c_{\text{в}} m_{\text{в}} t_{\text{в}} = 12600 \text{ Дж.} \quad (1)$$

Для нагрева до 0°C и плавления льда требуется теплота Q_2

$$Q_2 = -c_{\text{л}} m_{\text{л}} t_{\text{л}} + \lambda m_{\text{л}} = 11160 \text{ Дж.} \quad (2)$$

Так как $Q_1 > Q_2$, то весь лед растает. Пусть t - температура, которая установится в калориметре. Тогда уравнение теплового баланса запишется как

$$c_{\text{в}} m_{\text{в}} (t_{\text{в}} - t) = c_{\text{л}} m_{\text{л}} (0 - t_{\text{л}}) + \lambda m_{\text{л}} + c_{\text{в}} m_{\text{л}} (t - 0). \quad (3)$$

откуда

$$t = \frac{c_{\text{в}} m_{\text{в}} t_{\text{в}} + c_{\text{л}} m_{\text{л}} t_{\text{л}} - \lambda m_{\text{л}}}{c_{\text{в}} (m_{\text{в}} + m_{\text{л}})}. \quad (4)$$

Подставляя значения величин, получим

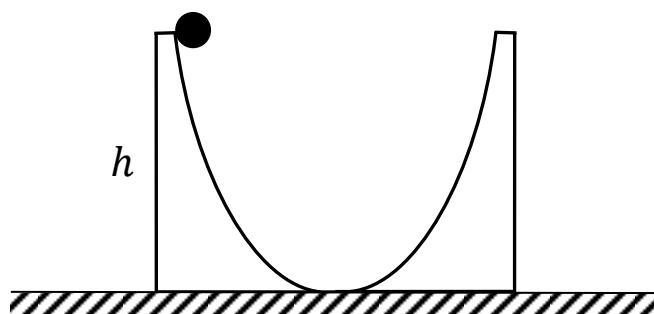
$$t = \frac{4.2 \cdot 50 \cdot 60 - 2.1 \cdot 30 \cdot 20 - 330 \cdot 30}{4.2(30+50)} \cong 4.3^{\circ}\text{C}. \quad (5)$$

Ответ: Установившаяся температура равна 4.3°C .

Критерии оценивания:

1. Сделан вывод о том, что весь лед может растаять	- 2
2. Записано уравнение баланса (3)	- 3
3. Получена формула для установившейся температуры	- 2
4. Выполнены вычисления	- 2
5. Записан ответ	- 1
Всего	- 10

Задача 5. Два одинаковых клина имеют массу M и плавный переход в горизонтальную плоскость, по которой они могут скользить без трения. Шарик массы m скатывается по левому клину с высоты h . На какую высоту он поднимется по правому клину?



Решение. При скатывании шарика левый клин начнет двигаться в сторону противоположную движению шарика. Скорость шарика v и скорость клина V можно найти из законов сохранения импульса и энергии

$$MV = mv, \quad (1)$$

$$\frac{1}{2}MV^2 + \frac{1}{2}mv^2 = mgh. \quad (2)$$

После подъема на правый клин до высоты H и шарик и правый клин будут двигаться с одинаковой скоростью u . Тогда, еще раз применяя законы сохранения импульса и энергии, получим

$$mv = (m + M)u, \quad (3)$$

$$\frac{1}{2}(m + M)u^2 + mgH = \frac{1}{2}mv^2. \quad (4)$$

Решая уравнения (1)-(4), найдем H

$$H = h \frac{M^2}{(m+M)^2}. \quad (5)$$

Ответ: высота подъема шарика равна $H = h \frac{M^2}{(m+M)^2}$.

Критерии оценивания:

- | | |
|--|------|
| 1. Записаны законы сохранения (1)-(2) | - 2 |
| 2. Сделан вывод о движении правого клина и шарика с одинаковой скоростью | - 2 |
| 3. Записаны законы сохранения (3)-(4) | - 2 |
| 4. Решена система (1)-(4) и получена формула (5) | - 3 |
| 5. Записан ответ | - 1 |
| Всего | - 10 |