Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников
ФИЗИКА
2020-2021 уч. год
7 класс

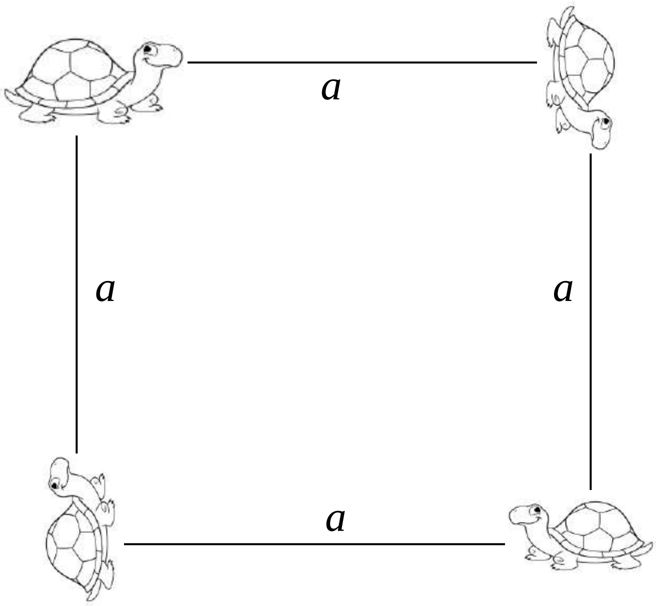
Время проведения – **3 часа (180 минут)**.
Верное решение каждого задания оценивается в 10 баллов.
Максимальное количество баллов – **40**.

Особенности проведения:

Участники олимпиады по физике могут использовать *непрограммируемый калькулятор с возможностью вычисления тригонометрических функций (cos, sin, tg), линейку и карандаш. Во время решения могут пользоваться черновиком. Записи в черновике не учитываются при оценивании работы.*

Не допускается использование *мобильных телефонов, иных средств связи и электронновычислительной техники, учебных или справочных материалов, кроме разрешенных.*

Задача 1. Четыре черепашки, находящиеся в вершинах квадрата со стороной $a = 2$ м, рис.1, начинают двигаться со скоростью $v = 10$ см/с точно друг на друга. Где и через какое время они встретятся ?

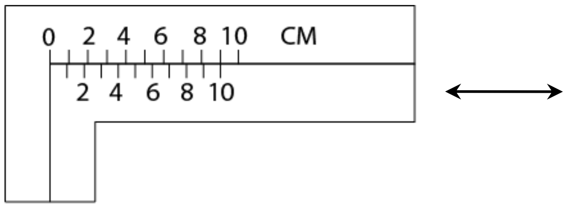


Задача 2. Прибор для измерения размеров, изображенный на рисунке (а), состоит из двух измерительных линеек, на каждой из которых нанесена шкала. Определите

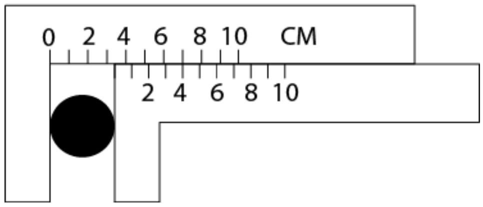
а) точность, с которой можно измерять размер с помощью этого прибора;

б) диаметр круга (б).

(*а*)



(*б*)



Задача 3. Короб объемом 22656 кубических вершков, полностью заполненный углем, имеет массу 20 пудов. Какую массу имеет 1 м^3 угля, если 1 пуд = 16.38 кг, а 16 вершков составляют 0.711 метра.

Задача 4. Для того, чтобы попасть в пункт назначения вовремя, автобус должен двигаться со скоростью 70 км/ч. Однажды в пути пошел дождь и водителю пришлось снизить скорость до 60 км/ч. Когда дождь закончился, до пункта назначения оставалось 40 км и для того, чтобы не нарушать расписания водитель увеличил скорость на этом участке до 75 км/ч. Какое расстояние прошел автобус за время, пока шел дождь?

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

Время проведения – **3 часа (180 минут)**.
Максимальное количество баллов – **40**.

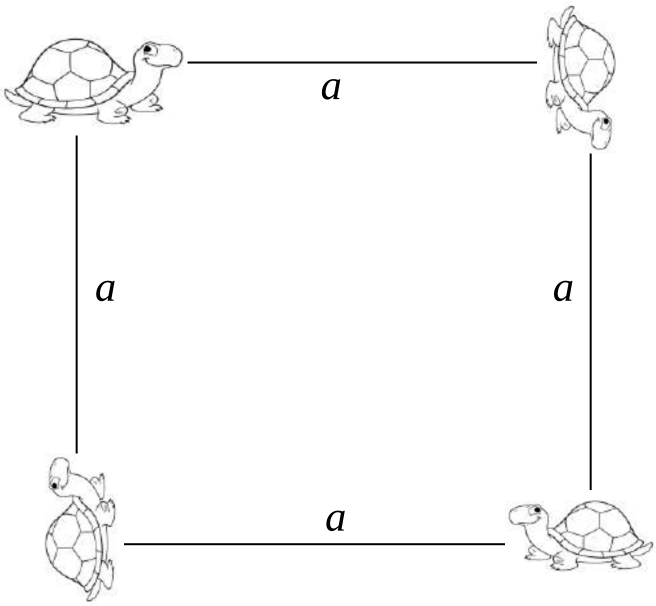
Рекомендации по оцениванию выполненных заданий

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. Четыре черепашки, находящиеся в вершинах квадрата со стороной $a = 2$ м, рис.1, начинают двигаться со скоростью $v = 10$ см/с точно друг на друга. Где и через какое время они встретятся ?



Решение. Так как каждая черепашка движется точно на соседнюю, то для нее самой она, т.е. соседняя, будет выглядеть как неподвижная и поэтому время, за которое черепашка дойдет до соседней

$$t = \frac{a}{v}. \qquad (1)$$

Для вычислений удобно выразить расстояние в сантиметрах:

$$a = 2 \cdot 200 = 200 \text{ см}. \qquad (2)$$

и тогда

$$t = \frac{200}{10} \text{ с} = 20 \text{ с}. \qquad (3)$$

Черепашки встретятся в центре квадрата, т.е. в точке пересечения его диагоналей.

Ответ: Черепашки встретятся в центре квадрата через 20 с.

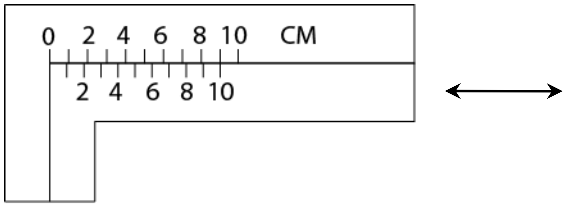
Критерии оценивания:

1.	Приведены рассуждения, использующие принцип относительности движения	-	3
2.	Записана формула для времени (1)	-	2
3.	Сделан перевод единиц (2)	-	2
4.	Получено численное значение скорости	-	1
5.	Указано место встречи черепашек	-	1
6.	Записан ответ	-	1
	Всего	-	10

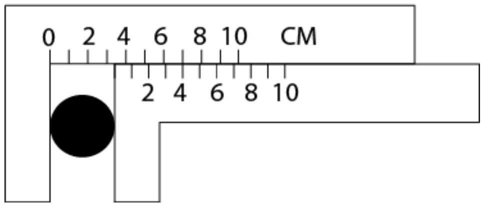
Задача 2. Прибор для измерения размеров, изображенный на рисунке (а), состоит из двух измерительных линеек, на каждой из которых нанесена шкала. Определите

а) точность, с которой можно измерять размер с помощью этого прибора;
б) диаметр круга (б).

(*а*)



(*б*)



Решение. Точность, с которой выполняются измерения обычно равна цене деления шкалы прибора. В данном случае прибор имеет две шкалы с ценой деления 10 мм для "большой" шкалы и 9 мм для "малой". Таким образом, "малая" шкала отстает на 1 мм от "большой". Поэтому, при смещении подвижной линейки на 1 мм первое деление "малой" шкалы совместится с первым делением "большой" шкалы, на 2 мм со вторым и т.д., то есть точность измерений прибора составляет 1 мм.

Для определения размера круга на рисунке (б) необходимо отсчитать целое число делений по "большой" шкале (в данном случае это 3), умножить на 10 и добавить количество миллиметров, равное числу на "малой" шкале, деление которого точно совпадает с каким-либо делением на "большой шкале (в данном случае это 4). Таким образом размер круга равен $3 \cdot 10 + 4 \cdot 1 = 34$ мм.

Ответ: а) точность измерений равна 1 мм;
б) диаметр круга равен 34 мм.

Критерии оценивания:

1.	Дано стандартное определение точности прибора	-	1
2.	Определена цена деления "большой" и "малой" шкал	-	2
3.	Определена разность хода (отставание) шкал	-	2
4.	Определена точность в 1 мм	-	2
5.	Определен радиус круга	-	2
6.	Записан ответ	-	1
	Всего	-	10

Задача 3. Короб объемом 22656 кубических вершков, полностью заполненный углем, имеет массу 20 пудов. Какую массу имеет 1 м^3 угля, если 1 пуд = 16.38 кг, а 16 вершков составляют 0.711 метра.

Решение.

Масса угля в килограммах

$$M = 20 \text{ пудов} = 20 \cdot 16.38 \text{ кг} \cong 327.6 \text{ кг.} \quad (1)$$

Определим объем короба в кубических метрах:

$$1 \text{ вершок} = \frac{0.711}{16} \text{ м} \cong 0.0444 \text{ м,} \quad (2)$$

тогда объем

$$V = 22656\,(0.0444)^3 \cong 1.983 \text{ м}^3\,. \quad (3)$$

Отсюда получим, что 1 м^3 имеет массу

$$\frac{M}{V} = \frac{327.6}{1.983} \cong 165.2 \text{ кг.} \quad (4)$$

Ответ: 1 м^3 угля имеет массу 165.2 кг.

Критерии оценивания:

1.	Вычислена масса угля в килограммах	-	2
2.	Сделан перевод вершков в метры	-	2
3.	Вычислен объем угля в м^3	-	2
4.	Определена масса 1 м^3	-	2
5.	Записан ответ	-	2
6.	Всего	-	10

Задача 4. Для того, чтобы попасть в пункт назначения вовремя, автобус должен двигаться со скоростью $70\,\text{км/ч}$. Однажды в пути пошел дождь и водителю пришлось снизить скорость до $60\,\text{км/ч}$. Когда дождь закончился, до пункта назначения оставалось 40 км и для того, чтобы не нарушать расписания водитель увеличил скорость на этом участке до $75\,\text{км/ч}$. Какое расстояние прошел автобус за время, пока шел дождь ?

Решение. Пусть v_1, v_2, v_3 - скорости автобуса на каждом участке, S_1, S_2, S_3 - длина каждого участка, t_2, t_2, t_3 - время движения на каждом участке, а t - полное время движения. Тогда

$$t = t_1 + t_2 + t_3. \tag{1}$$

$$v_1 t = v_1 t_1 + v_2 t_2 + v_3 t_3. \tag{2}$$

Так как $S_3 = v_3 t_3$ известно (40 км), то

$$t = t_1 + t_2 + \frac{S_3}{v_3}. \tag{3}$$

$$v_1 t = v_1 t_1 + v_2 t_2 + S_3. \tag{4}$$

Разделим (4) на v_1

$$t = t_1 + \frac{v_2}{v_1} t_2 + \frac{S_3}{v_1}. \tag{5}$$

Вычтем (5) из (3)

$$t_2\left(1 - \frac{v_2}{v_1}\right) + S_3\left(\frac{1}{v_3} - \frac{1}{v_1}\right) = 0. \tag{6}$$

откуда

$$t_2 = \frac{S_3}{v_3}\left(\frac{v_3 - v_1}{v_1 - v_2}\right) = 16 \text{ мин}. \tag{7}$$

и S_2

$$S_2 = v_2 t_2 = 60 \cdot \frac{16}{60} = 16 \text{ км}. \tag{8}$$

Ответ: во время дождя автобус прошел 16 км.

Критерии оценивания:

1.	Записано уравнение (1)	-	1
2.	Записано уравнение (2)	-	1
3.	Получены уравнения (3) и (5)	-	3
4.	Выражено t_2 (7)	-	4
5.	Найдено расстояние S_2и записан ответ	-	1
	Всего	-	10

Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников
ФИЗИКА
2020-2021 уч. год
8 класс

Время проведения – **3 часа (180 минут)**.
Верное решение каждого задания оценивается в 10 баллов.
Максимальное количество баллов – **40**.

Особенности проведения:

Участники олимпиады по физике могут использовать *непрограммируемый калькулятор с возможностью вычисления тригонометрических функций (cos, sin, tg), линейку и карандаш. Во время решения могут пользоваться черновиком. Записи в черновике не учитываются при оценивании работы.*

Не допускается использование *мобильных телефонов, иных средств связи и электронновычислительной техники, учебных или справочных материалов, кроме разрешенных.*

Задача 1. В двух одинаковых бочках находится одинаковое количество воды. Температура воды в первой бочке $t_1 = 20°C$, а во второй бочке $t_2 = 60°C$. Из первой бочки перелили некоторое количество воды во вторую, и в ней установилась температура $t = 50°C$. Затем из второй бочки перелили такое же количество воды в первую так, что воды в бочках снова стало поровну. Какая температура установится в первой бочке? Всеми потерями тепла во внешнюю среду и механической работой, совершенной при переливании воды, пренебречь.

Задача 2. Дима первую треть всего времени шел по лесу на юг со скоростью $v_1 = 3$ км/ч, затем треть всего пути двигался по полю на восток со скоростью v_2, и, наконец, по кратчайшему пути по просеке вернулся в начальное положение. Вычислите среднюю (путевую) скорость мальчика v_0. Найдите минимальное возможное значение скорости v_2.

Задача 3. Из пункта *А* в пункт *В* выехал автомобиль «Волга» со скоростью 100 км/ч. В то же время навстречу ему из пункта *В* выехал автомобиль «Жигули». В 12 часов дня машины проехали мимо друг друга. В 12:32 «Волга» прибыла в пункт *В*, а ещё через 18 минут «Жигули» прибыли в *А*. Вычислите скорость «Жигулей».

Задача 4. Какое наименьшее количество бревен длиной 10 метров и площадью сечения 300 см^2 надо взять для плота, на котором можно переправить через реку грузовой автомобиль массой 7 тонн? Плотность дерева 0,6 г/см^3.

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

Время проведения – **3 часа (180 минут)**.
Максимальное количество баллов – **40**.

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. В двух одинаковых бочках находится одинаковое количество воды. Температура воды в первой бочке $t_1 = 20°\text{C}$, а во второй бочке $t_2 = 60°\text{C}$. Из первой бочки перелили некоторое количество воды во вторую, и в ней установилась температура $t = 50°\text{C}$. Затем из второй бочки перелили такое же количество воды в первую так, что воды в бочках снова стало поровну. Какая температура установится в первой бочке? Всеми потерями тепла во внешнюю среду и механической работой, совершенной при переливании воды, пренебречь.

Возможное решение

Количество теплоты, которое идет на нагревание некоторой массы воды из первой бочки до температуры $t = 50°\text{C}$

$$Q_1 = c_{\text{в}} m_x (t - t_1),$$

где m_x – масса перелитой воды.

Количество теплоты, которое отдает вода при остывании во второй бочке до температуры $t = 50°\text{C}$

$$Q_2 = c_{\text{в}} m (t_1 - t).$$

$$Q_1 = Q_2$$

$$c_{\text{в}} m_x (t - t_1) = c_{\text{в}} \cdot m (t_1 - t),$$

откуда

$$m_x = m\frac{(t_2 - t)}{(t - t_1)} = \frac{m}{3}.$$

После переливания в первой бочке осталось воды $m - m_x = \frac{2}{3}m$.

Количество теплоты, которое отдает вода, перелитая из второй бочки в первую

$$Q_3 = c_{\text{в}} m_x (t - t_x),$$

где t_x – равновесная температура в первой бочке.

Количество теплоты, которое идет на нагревание воды в первой бочке до температуры t_x

$$Q_4 = c_{\text{в}} \frac{2}{3} m (t_x - t_1).$$

$$Q_3 = Q_4$$

$$c_{\text{в}} \frac{m}{3}(t - t_x) = c_{\text{в}} \frac{2}{3} m (t_x - t_1),$$

откуда

$$t_x = \frac{t + 2t_1}{3} = 30°\text{C}$$

Ответ: $30°\text{C}$

Критерии оценивания:

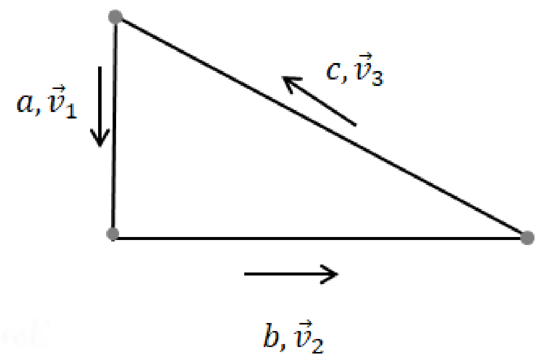
1.	Верно записано выражение теплового баланса в 1-м случае	3 балла
2.	Верно определено соотношение между массами воды	2 балла
3.	Верно записано выражение теплового баланса во 2-м случае	3 балла
4.	Получен правильный ответ	2 балла
	Всего	10 баллов

Задача 2. Дима первую треть всего времени шел по лесу на юг со скоростью $v_1 = 3$ км/ч, затем треть всего пути двигался по полю на восток со скоростью v_2, и, наконец, по кратчайшему пути по просеке вернулся в начальное положение. Вычислите среднюю (путевую) скорость мальчика v_0. Найдите минимальное возможное значение скорости v_2.

Возможное решение

Пусть a – расстояние, пройденное Димой по лесу, b – по полю (смотри рисунок). Тогда по теореме Пифагора мальчик проходит по просеке расстояние $c = \sqrt{a^2 + b^2}$. По условию задачи полный путь, пройденный Димой, $S = a + b + c = 3b$, отсюда $c = 2b - a$:

$a^2 + b^2 = 4b^2 - 4ba + a^2, \quad b = \frac{4}{3}a\,, \; c = \frac{5}{3}a$



Время, в течении которого мальчик шел по лесу $t_1 = a/v_1$.

Обозначим полное время движения через T. По условию $T = 3t_1$. Тогда средняя (путевая) скорость:

$$v_0 = \frac{a+b+c}{T} = \frac{4}{3}\cdot\frac{a}{t_1} = \frac{4}{3}v_1 = 4\ \text{км/ч}.$$

При этом время, которое Дима проходит по полю $t_2 < T - t_1 = 2t_1$. Поскольку $t_2 = b/v_2$, то

$$v_2 = \frac{b}{t_2} = \frac{4}{3}\cdot\frac{a}{t_2} > \frac{4}{3}\cdot\frac{a}{2t_1} = \frac{2}{3}\cdot v_1 = 2\ \text{км/ч}.$$

Ответ: 4 км/ч; 2 км/ч

Критерии оценивания:

1.	Нахождение соотношений между сторонами треугольника	2 балла
2.	Идея нахождения v_0	2 балла
3.	Численное значение v_0	2 балла
4.	Идея нахождения минимального значения v_2	2 балла
5.	Численный ответ для минимального возможного значения v_0	2 балла
	Всего	10 баллов

Задача 3. Из пункта A в пункт B выехал автомобиль «Волга» со скоростью 100 км/ч. В то же время навстречу ему из пункта B выехал автомобиль «Жигули». В 12 часов дня машины проехали мимо друг друга. В 12:32 «Волга» прибыла в пункт B, а ещё через 18 минут «Жигули» прибыли в A. Вычислите скорость «Жигулей».

Возможное решение

«Волга» проехала путь от пункта A до места встречи с «Жигулями» за время t_x, а «Жигули» этот же участок проехали за $t_1 = 50$ мин. В свою очередь, «Жигули» проехали путь от пункта B до места встречи с «Волгой» за время t_x, а «Волга» этот же участок проехала за $t_2 = 32$ мин. Запишем эти факты в виде уравнений:

$$v_2 t_x = v_1 t_1 \quad \text{и} \quad v_1 t_x = v_2 t_2,$$

где v_1 – скорость «Жигулей», а v_2 – скорость «Волги».

Поделив почленно одно уравнение на другое, получим:

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{t_2}{t_1}} = 0{,}8.$$

Отсюда $v_1 = 0{,}8 \cdot v_2 = 80$ км/ч.

Ответ: 80 км/ч

Критерии оценивания

1.	Нахождение t_1 и t_2	2 балла
2.	Составление системы уравнений	4 балла
3.	Выражение для отношения скоростей	2 балла
4.	Получен численный ответ	2 балла
	Всего	10 баллов

Задача 4. Какое наименьшее количество бревен длиной 10 метров и площадью сечения 300 см^2 надо взять для плота, на котором можно переправить через реку грузовой автомобиль массой 7 тонн? Плотность дерева 0,6 г/см^3.

Возможное решение

Чтобы переправить автомобиль через реку с помощью плота из минимального числа бревен, будем считать, что плот будет весь находиться в воде. Тогда вес плота и автомобиля уравновешивается силой Архимеда.

Вес плота определяется формулой

$$P_{\text{пл}} = \rho_{\text{д}} SlgN, \qquad (1)$$

где $\rho_{\text{д}}$ – плотность дерева, S – площадь сечения, l – длина бревна, g – ускорение свободного падения, N – число бревен.

Сила Архимеда рассчитывается по формуле

$$F_A = \rho_{\text{в}} SlgN, \qquad (2)$$

где $\rho_{\text{в}}$ – плотность воды.

Вес грузового автомобиля находится по формуле

$$P_{\text{Г}} = Mg, \qquad (3)$$

где M – масса грузового автомобиля.

Учитывая баланс сил, получаем выражение для определения числа бревен

$$N = \frac{M}{(\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{д}})Sl}, \qquad (4)$$

Подставляя численные данные, получаем результат $N \approx 58{,}3$.

Но с учетом условия задачи, правильный ответ $N = 59$ бревен.

Ответ: 59 бревен

Критерии оценивания

1.	Записана формула (1)	2 балла
2.	Записана формула для силы Архимеда	2 балла
3.	Записана формула (3)	2 балла
4.	Выведена формула для числа бревен	3 балла
5.	Дан правильный ответ	1 балла
	Всего	10 баллов

Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников
ФИЗИКА
2020-2021 уч. год
9 класс

Время проведения – **3 часа 50 мин (230 минут)**.
Верное решение каждого задания оценивается в 10 баллов.
Максимальное количество баллов – **50**.

Особенности проведения:

Участники олимпиады по физике могут использовать *непрограммируемый калькулятор с возможностью вычисления тригонометрических функций (cos, sin, tg), линейку и карандаш. Во время решения могут пользоваться черновиком. Записи в черновике не учитываются при оценивании работы.*
Не допускается использование *мобильных телефонов, иных средств связи и электронновычислительной техники, учебных или справочных материалов.*

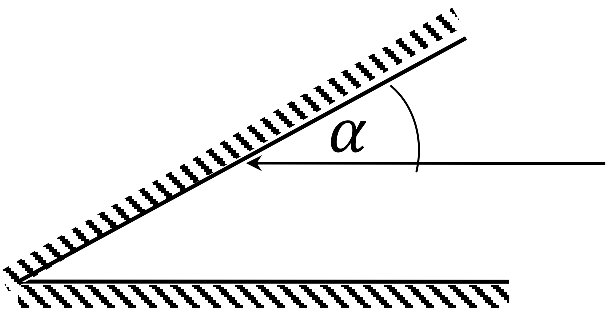
Задача 1. Антон, находясь на краю обрыва, бросил камень вертикально вверх. Через некоторое время камень, падая вниз, проходит точку бросания и падает в обрыв. Известно, что за промежуток времени $\tau = 1$ с, отсчитываемый от момента броска, камень прошел путь $S = 2{,}9$ м**.** Определите начальную скорость камня, сообщённую ему при броске. Ускорение свободного падения считать равным $g = 10$ м/с^2. Сопротивлением воздуха пренебречь.

Задача 2. Длинная проволока состоит из трех частей, соединенных последовательно друг за другом. Первая часть длиной в четверть от длины всей проволоки имеет линейную плотность $\lambda_1 = 30$ г/дм. Вторая часть массой в треть от массы всей проволоки имеет линейную плотность λ_2. Масса третьей части равна сумме масс первых двух. Определите среднюю линейную плотность $\lambda_{\text{ср}}$ всей проволоки. Какая минимальная линейная плотность λ_2 может быть у второй части проволоки?
Примечание: Линейной плотностью протяженных тел λ называют массу единицы их длины.

Задача 3. Лампочка от фонарика рассчитана на напряжение 2,5 В, ток при этом составляет 0,2 А. У нас есть источник напряжением 6 В и реостат на 10 Ом (у реостата сделаны выводы от краев обмотки и от «движка», который может контактировать с любым витком). Как нужно присоединить лампочку к источнику, чтобы она горела нормально? Где должен находиться «движок» реостата.

Задача 4. В сосуд, содержащий $0{,}6$ кг воды при температуре $10°\mathrm{C}$, опускают $0{,}8$ кг льда, взятого при $-20°\mathrm{C}$. Пренебрегая теплообменом с окружающей средой и теплоемкостью сосуда, определить температуру и состав содержимого сосуда. Теплоемкость воды принять $c_{\text{в}} = 4{,}19 \cdot 10^3$ Дж/(кг $\cdot$ °C), теплоемкость льда $c_{\text{л}} = 2{,}1 \cdot 10^3$ Дж/(кг $\cdot$ °C), удельная теплота плавления $\lambda = 3{,}3 \cdot 10^5$ Дж/кг.

Задача 5. Два зеркала образуют двухгранный угол, равный $\alpha = 15^o$. Луч света падает внутрь этого угла параллельно одному из зеркал. Сколько отражений испытает луч, прежде чем он вернется обратно?



РЕШЕНИЯ И ОТВЕТЫ К ЗАДАНИЯМ
Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников
ФИЗИКА
2020-2021 уч. год
9 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.

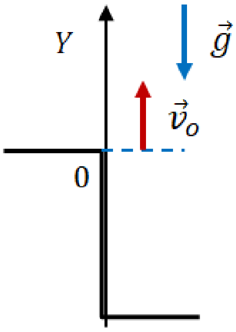
Критерии оценивания решений

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. Антон, находясь на краю обрыва, бросил камень вертикально вверх. Через некоторое время камень, падая вниз, проходит точку бросания и падает в обрыв. Известно, что за промежуток времени $\tau = 1$ с, отсчитываемый от момента броска, камень прошел путь $S = 2{,}9$ м. Определите начальную скорость камня, сообщённую ему при броске. Ускорение свободного падения считать равным $g = 10$ м/с^2. Сопротивлением воздуха пренебречь.

Возможное решение

Пути вверх S_1 и вниз S_2:



$$S_1 = \frac{gt_1^2}{2}, \qquad (1)$$

$$S_2 = \frac{gt_2^2}{2}, \qquad (2)$$

где t_1 – время подъема; t_2 – время спуска.

Общий путь:

$$S = S_1 + S_2 = \frac{g}{2}\left(t_1^2 + t_2^2\right) \qquad (3)$$

$$\tau = t_1 + t_2 \text{ или } t_2 = t - t_1 \qquad (4)$$

Тогда (3) запишется как

$$\frac{2S}{g} = t_1^2 + (t - t_1)^2 = 2t_1^2 - 2tt_1 + t^2 \qquad (5)$$

или

$$t_1^2 - tt_1 + \frac{1}{2}t^2 - \frac{S}{g} = 0.$$

Корни квадратного уравнения : $t_1 = 0{,}7$ с и $t_1 = 0{,}3$ с.

Начальную скорость v_o найдем из условия:

$$v = v_o - gt_1 = 0 \qquad (6)$$

$$v_o = 7\frac{\text{м}}{\text{с}} \quad \text{и} \quad v_o = 3\frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: $v_o = 7\frac{\text{м}}{\text{с}}$; $v_o = 3\frac{\text{м}}{\text{с}}$

Критерии оценивания:

1.	Верно записано выражение для пути вверх	3 балла
2.	Верно записано выражение для пути вниз	2 балла
3.	Верно записано выражение для общего пути	1 балл

4.	Правильно составлено уравнение для определения t_1	2 балла
5.	Получен правильный ответ	2 балла
	Всего	10 баллов

Задача 2. Длинная проволока состоит из трех частей, соединенных последовательно друг за другом. Первая часть длиной в четверть от длины всей проволоки имеет линейную плотность $\lambda_1 = 30$ г/дм. Вторая часть массой в треть от массы всей проволоки имеет линейную плотность λ_2. Масса третьей части равна сумме масс первых двух. Определите среднюю линейную плотность $\lambda_{ср}$ всей проволоки. Какая минимальная линейная плотность λ_2 может быть у второй части проволоки?

Примечание: Линейной плотностью протяженных тел λ называют массу единицы их длины.

Возможное решение

Средняя линейная плотность всей проволоки равна

$$\lambda_{ср} = \frac{m}{l}, \qquad (1)$$

где m – масса всей проволоки, а l – ее длина. По условию масса первой части равна

$$m_1 = \frac{m}{2} - \frac{m}{3} = \frac{m}{6}. \qquad (2)$$

Откуда

$$\lambda_1 = \frac{4m}{6l} = \frac{2\lambda_{ср}}{3} \text{ или } \lambda_{ср} = \frac{3\lambda_1}{2} = 45\,\frac{\text{г}}{\text{дм}}. \qquad (3)$$

Так как масса второй части проволоки фиксирована, то минимальная линейная плотность λ_2 достигается при максимальной длине второй части. Но она, по условию, не может превысить $3l/4$, откуда

$$\lambda_2 = \frac{4m}{9l} = \frac{\lambda_{ср}}{9} = 20\,\frac{\text{г}}{\text{дм}}. \qquad (4)$$

Ответ: 45 г/дм; 20 г/дм

Критерии оценивания:

1. Выражение для средней линейной плотности — 1 балл
2. Найдена доля массы, соответствующая первой части — 1 балл
3. Установлена связь средней линейной плотности с линейной плотностью первого участка — 1 балл
4. Найдено численное значение с указанием единиц измерения средней линейной плотности — 2 балла
5. Обоснование минимального значения линейной плотности

	второго участка	1 балл
6.	Найдена максимальная длина второго участка	2 балла
7.	Найдено численное значение с указанием единиц измерения минимальной линейной плотности второго участка	2 балла
	Всего	10 баллов

Задача 3. Лампочка от фонарика рассчитана на напряжение 2,5 В, ток при этом составляет 0,2 А. У нас есть источник напряжением 6 В и реостат на 10 Ом (у реостата сделаны выводы от краев обмотки и от «движка», который может контактировать с любым витком). Как нужно присоединить лампочку к источнику, чтобы она горела нормально? Где должен находиться «движок» реостата.

Возможное решение

Нельзя просто соединить последовательно лампочку и реостат – максимальное его сопротивление 10 Ом и при токе 0,2 А дает напряжение 2 В, а нужно не менее 6 В – 2,5 В = 3,5 В. Ясно, что часть потенциометра должна быть подключена параллельно лампочке, чтобы ток в цепи увеличился, и оставшаяся часть потенциометра смогла “погасить“ необходимые 3,5 В.

Обозначим сопротивление параллельной части x, тогда последовательная часть составит $10-x$. Ток через параллельную часть при напряжении 2,5 В составляет $2{,}5/x$, вместе с током лампочки будет $0{,}2+2{,}5/x$. Получим уравнение

$$\left(0{,}2+\frac{2{,}5}{x}\right)\cdot(10-x)=3{,}5, \qquad (1)$$

или, после преобразований,

$$x^2+20x-125=0. \qquad (2)$$

Используя терему Виета, получаем корни уравнения

$$x_1=5,\ \ x_2=-2{,}5. \qquad (3)$$

Естественно оставляем положительный корень $\mathrm{x}=5$. Это означает, что движок потенциометра установлен как раз посередине реостата.

Ответ: параллельно; посередине

Критерии оценивания:

1.	Приведено обоснование схемы подключения части потенциометра и лампочки	3 балла
2.	Записано уравнение (1)	3 балла
3.	Получено уравнение (2)	1 балл
4.	Выбран правильный корень уравнения	1 балл
5.	Сделан вывод о том, где будет находиться движок реостата	2 балла
	Всего	10 баллов

Задача 4. В сосуд, содержащий $0{,}6$ кг воды при температуре $10°C$, опускают $0{,}8$ кг льда, взятого при $-20°C$. Пренебрегая теплообменом с окружающей средой и теплоемкостью сосуда, определить температуру и состав содержимого сосуда. Теплоемкость воды принять $c_в = 4{,}19 \cdot 10^3$ Дж/(кг $\cdot$ °C), теплоемкость льда $c_л = 2{,}1 \cdot 10^3$ Дж/(кг $\cdot$ °C), удельная теплота плавления $\lambda = 3{,}3 \cdot 10^5$ Дж/кг.

Возможное решение

Определим количество теплоты, выделяемое при остывании воды до °C:

$$Q_1 = m_в c_в t_1 = 0{,}6 \cdot 4{,}19 \cdot 10^3 \cdot 10 \approx 25 \text{ кДж} \qquad (1)$$

Количество теплоты, поглощаемое при нагревании льда до °C:

$$Q_2 = m_л c_л t_2 = 0{,}8 \cdot 2{,}1 \cdot 10^3 \cdot 20 \approx 33{,}6 \text{ кДж} \qquad (2)$$

Так $Q_2 > Q_1$, часть воды превращается в лед

$$Q_3 = \Delta m_л \lambda \qquad (3)$$

Уравнение теплового баланса

$$Q_1 + Q_3 = Q_2. \qquad (4)$$

Отсюда получаем

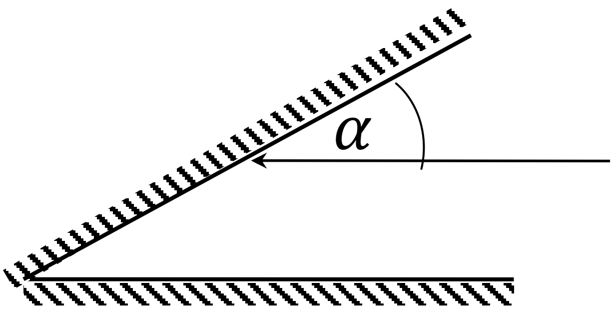
$$\Delta m_л = \frac{m_л c_л t_2 - m_в c_в t_1}{\lambda} = 0{,}025 \text{ кг}. \qquad (5)$$

Ответ: В сосуде при 0°C будет 575 г воды и 825 г льда.

Критерии оценивания:

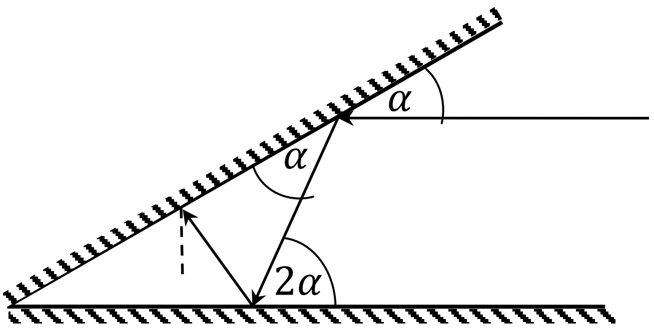
1.	Численная оценка теплоты Q_1	2 балла
2.	Численная оценка теплоты Q_2	2 балла
3.	Правильный вывод о том, часть воды превратиться в лед	2 балла
4.	Найдена масса воды, превратившаяся в лед	2 балла
5.	Получен правильный ответ	2 балла
	Всего	10 баллов

Задача 5. Два зеркала образуют двухгранный угол, равный $\alpha = 15^o$. Луч света падает внутрь этого угла параллельно одному из зеркал. Сколько отражений испытает луч, прежде чем он вернется обратно?



Возможное решение

Построим ход луча после нескольких отражений



Так как угол падения равен углу отражения, то из рассмотрения 2, 3 и т.д. отражений можно получить, что угол между плоскостью зеркала и падающим лучом будет последовательно увеличиваться на $\alpha = 15^o$и при - том отражении будет составлять $\alpha_n = n\alpha$. Луч развернется после $n + 1$ отражений, если на n-том угол $\alpha_n \geq 90^0$. Таким образом в настоящей задаче $n = 6$ и луч развернется в обратном направлении после семи отражений.

Ответ: луч вернется обратно после 7 отражений.

Критерии оценивания:

1. Сделан рисунок 1 балл
2. Использован закон равенства углов падения и отражения 2 балла
3. Рассмотрены несколько последовательных отражений 2 балла

4.	Сделан вывод об увеличении угла между лучом и зеркалом на $\alpha = 15^o$ при каждом отражении	2 балла
5.	Приведено условие возвращения луча	1 балл
6.	Получено число отражений перед разворотом	1 балл
7.	Получено полное число отражений	1 балл
	Всего	10 баллов

Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников
ФИЗИКА
2020-2021 уч. год
10 класс

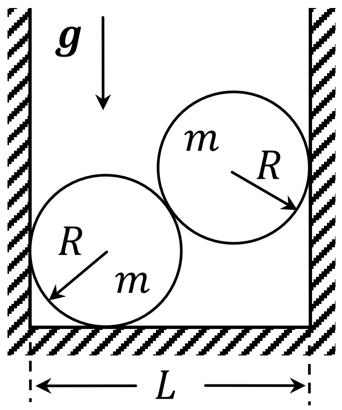
Время проведения – **3 часа 50 мин (230 минут)**.
Верное решение каждого задания оценивается в 10 баллов.
Максимальное количество баллов – **50**.

Особенности проведения:

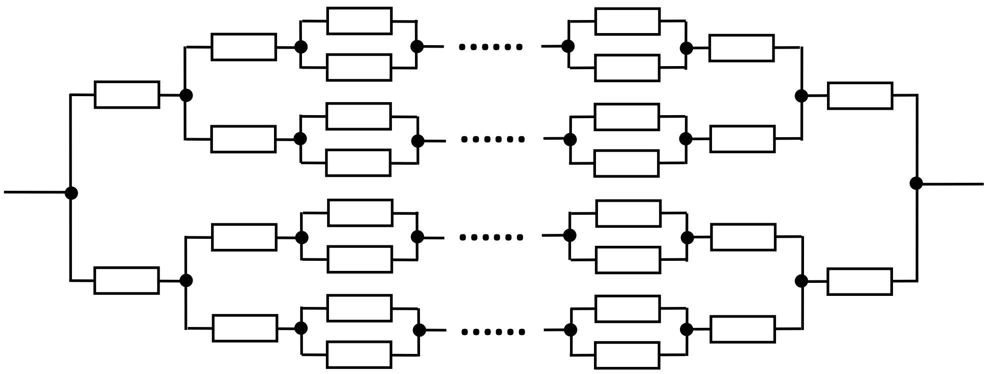
Участники олимпиады по физике могут использовать *непрограммируемый калькулятор с возможностью вычисления тригонометрических функций (cos, sin, tg), линейку и карандаш. Во время решения могут пользоваться черновиком. Записи в черновике не учитываются при оценивании работы.*

Не допускается использование *мобильных телефонов, иных средств связи и электронновычислительной техники, учебных или справочных материалов, кроме разрешенных.*

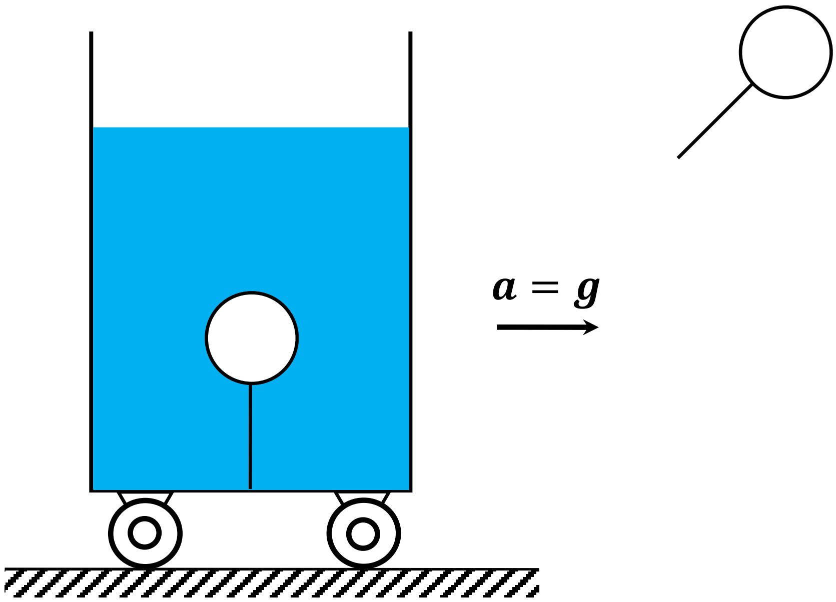
Задача 1. Два цилиндра массой m и радиуса R каждый лежат в прямоугольной коробке с гладкими стенками, расстояние между которыми равно L. Найти силы, с которыми цилиндры действуют на дно и стенки коробки.



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

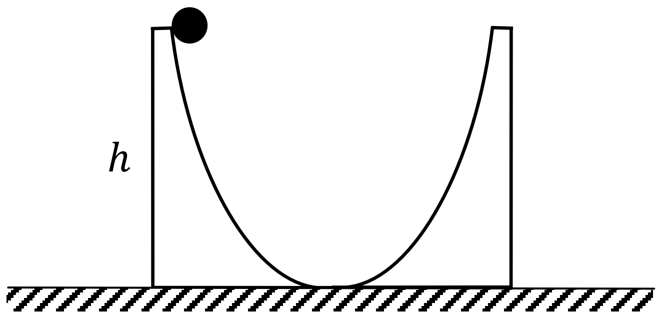


Задача 3. Ко дну тележки с очень высокими стенками и заполненной водой привязан небольшой воздушный шарик радиуса $R = 5$ см. Тележку начинают перемещать в горизонтальном направлении с ускорением, равным ускорению свободного падения. Найти натяжение нити. Плотность воды и ускорение свободного падения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



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

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?



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**.

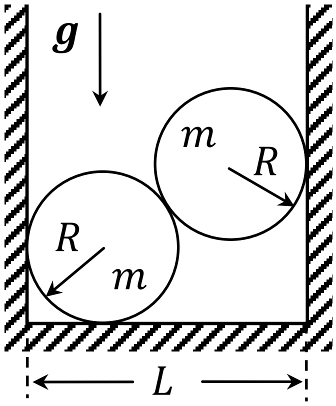
Рекомендации по оцениванию выполненных заданий

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.

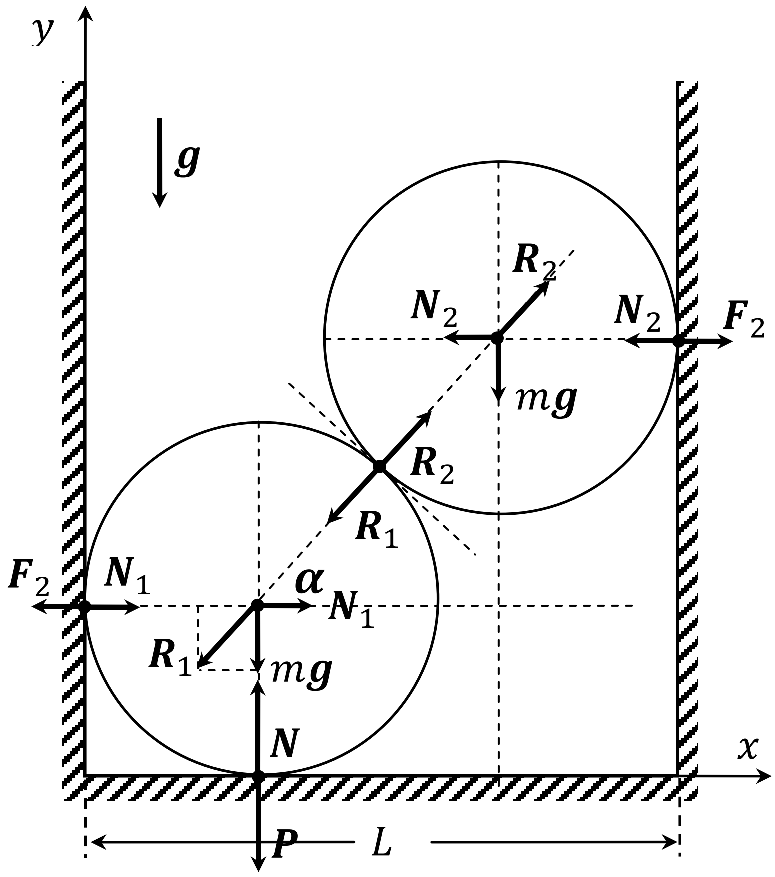
Критерии оценивания решений

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

$$-N_2 + R_2\cos\alpha = 0 \tag{1}$$
$$mg - R_2\sin\alpha = 0 \tag{2}$$

- второй шар

$$N_1 - R_1\cos\alpha = 0 \tag{3}$$
$$N - mg - R_1\sin\alpha = 0 \tag{4}$$

при этом

$$N = P, \quad R_1 = R_2, \quad F_1 = N_1, \ \ F_2 = N_2 \tag{5}$$

Выражая N_2 из (1)-(2), получим

$$N_2 = mg\,\mathrm{ctg}\,\alpha = 0, \tag{6}$$

а с учетом (5) из (3) и (4) получим

$$N_1 = N_2 \ \ \Rightarrow \quad F_1 = F_2 = F \tag{7}$$
$$P = 2mg \tag{8}$$

Найдем $ctg\ \alpha$. Из треугольника ABC получим

$$\cos\alpha = \frac{L-2R}{2R}, \tag{9}$$

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

откуда

$$\mathrm{ctg}\,\alpha = \frac{L-2R}{\sqrt{L(4R-L)}} \tag{11}$$

и тогда, с учетом (7),

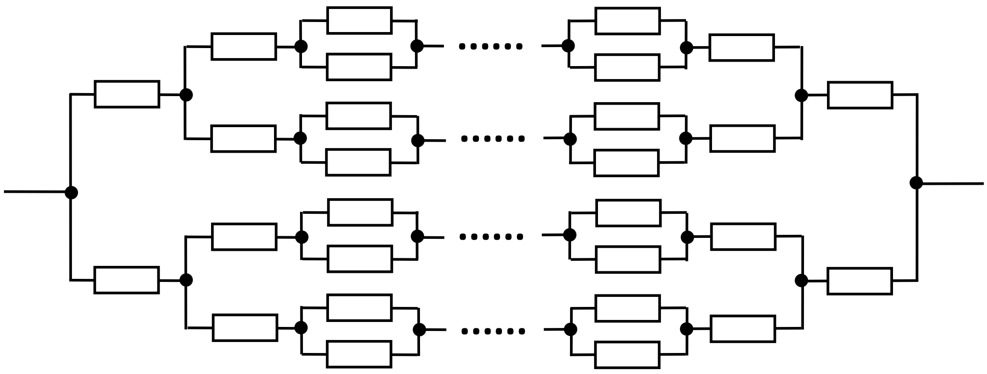
$$F = mg\frac{L-2R}{\sqrt{L(4R-L)}} \tag{11}$$

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

Критерии оценивания:

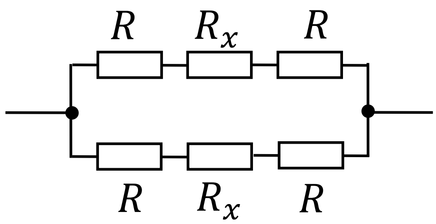
1.	Сделан рисунок, расставлены силы, выбрана система координат	-	2
2.	Записаны уравнения равновесия (1)-(4)	-	2
3.	Записаны дополнительные условия (5)	-	2
4.	Найдены силы (6)-(8)	-	1
5.	Вычислен $\mathrm{ctg}\,\alpha$ (11)	-	2
6.	Записан ответ	-	1
	Всего	-	10

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

$$R' = 2R + R_x \tag{1}$$

получим, вычисляя сопротивление двух параллельного соединения,

$$R_x = \frac{2R+R_x}{2} \tag{2}$$

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

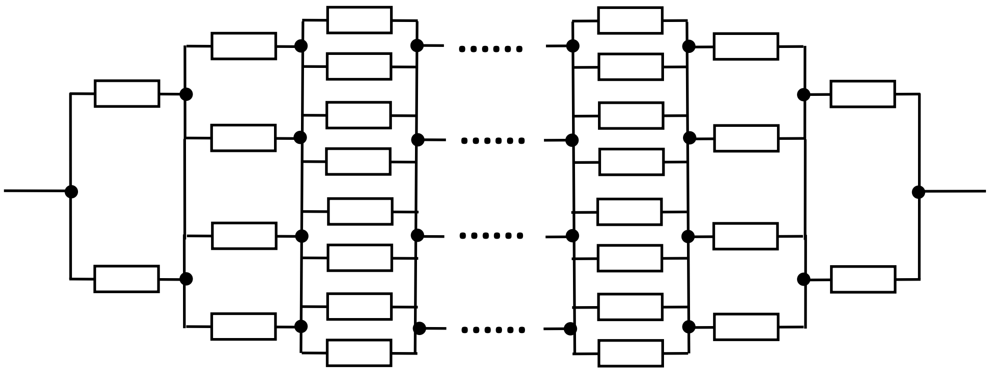
$$R_x = 2R. \tag{3}$$

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

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

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

$$R_x = 2R. \tag{5}$$



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

Критерии оценивания:

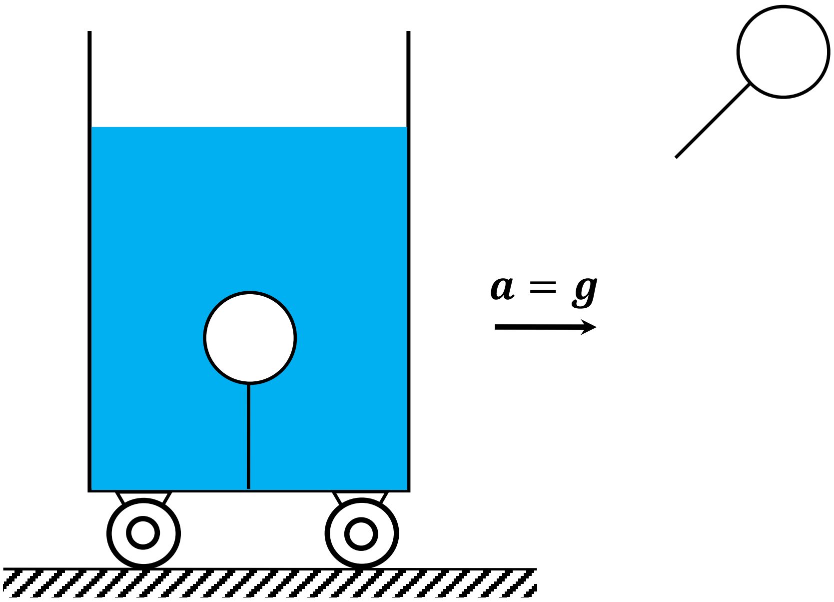
1 способ

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

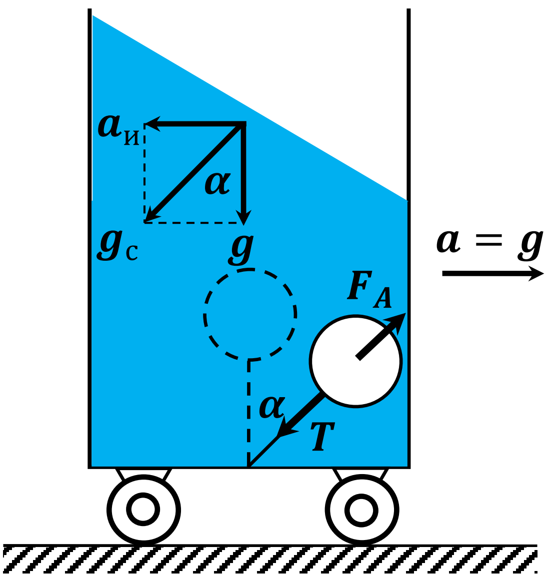
2 способ

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 $\boldsymbol{a}_и$ и построим для произвольной точки воды вместе с ускорением



свободного падения и суммарным ускорением $\boldsymbol{g}_c$. Так как угол α=45°, то величина суммарного ускорения равна

$$g_c = \frac{g}{\cos 45^0} = \sqrt{2}g \,. \tag{1}$$

Сила Архимеда, обозначенная на рисунке как $\boldsymbol{F}_A$, направлена в сторону противоположную вектору $\boldsymbol{g}_c$ и поэтому шарик отклонится в сторону ускорения тележки под углом α=45°.

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

$$T = \rho V g_c = \frac{4\pi\sqrt{2}}{3}\rho R^3 g \,. \tag{2}$$

Подставляя значения $\rho, V, g,$ получим значение натяжения.

$$T \cong 7.4 \text{ Н}. \tag{3}$$

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 $2{,}1\ \frac{\text{Дж}}{\text{г}\cdot°\text{C}}$ и $4{,}2\ \frac{\text{Дж}}{\text{г}\cdot°\text{C}}$, удельная теплота плавления льда $330\ \frac{\text{Дж}}{\text{г}}$.

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

$$Q_1 = c_в m_в t_в = 12600\ \text{Дж}. \qquad (1)$$

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

$$Q_2 = -c_л m_л t_л + \lambda m_л = 11160\ \text{Дж}. \qquad (2)$$

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

$$c_в m_в (t_в - t) = c_л m_л (0 - t_л) + \lambda m_л + c_в m_л (t - 0). \qquad (3)$$

откуда

$$t = \frac{c_в m_в t_в + c_л m_л t_л - \lambda m_л}{c_в (m_в + m_л)}. \qquad (4)$$

Подставляя значения величин, получим

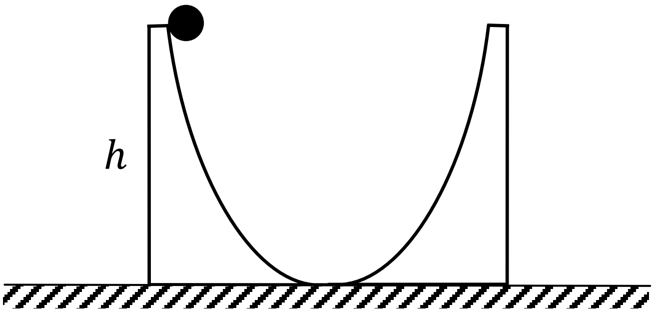
$$t = \frac{4.2\cdot 50\cdot 60 - 2.1\cdot 30\cdot 20 - 330\cdot 30}{4.2(30+50)} \cong 4.3\ °\text{C}. \qquad (5)$$

Ответ: Установившаяся температура равна 4.3 ℃.

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

$$MV = mv\,, \tag{1}$$

$$\frac{1}{2}MV^2 + \frac{1}{2}mv^2 = mgh\,. \tag{2}$$

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

$$mv = (m+M)u\,, \tag{3}$$

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

Решая уравнения (1)-(4), найдем H

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

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

Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников
ФИЗИКА
2020-2021 уч. год
11 класс

Время проведения – **3 часа 50 мин (230 минут)**.
Верное решение каждого задания оценивается в 10 баллов.
Максимальное количество баллов – **50**.

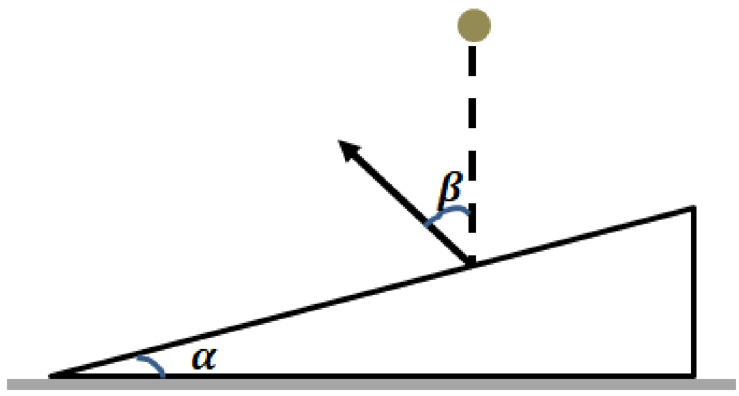
Особенности проведения:

Участники олимпиады по физике могут использовать *непрограммируемый калькулятор с возможностью вычисления тригонометрических функций (cos, sin, tg), линейку и карандаш. Во время решения могут пользоваться черновиком. Записи в черновике не учитываются при оценивании работы.*

Не допускается использование *мобильных телефонов, иных средств связи и электронновычислительной техники, учебных или справочных материалов.*

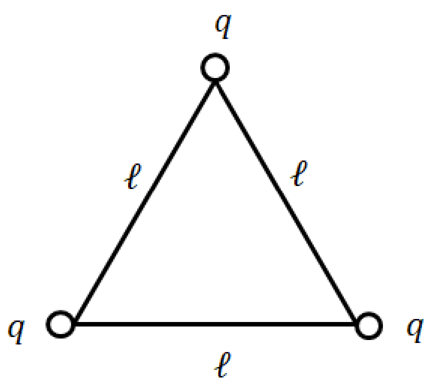
Задача 1. Для определения коэффициента трения брусок расположили на горизонтальной поверхности и сообщили ему скорость v вдоль этой поверхности. Оказалось, что за первые t секунд брусок прошел путь S. Каким может быть коэффициент трения бруска о поверхность?

Задача 2. На гладкий клин, покоящийся на гладкой горизонтальной поверхности, сверху падает шарик как показано на рисунке. Шарик упруго ударяется о клин и отскакивает под углом $\beta = 45°$ к вертикали. Определить угол при основании клина, если масса клина 4 кг, масса шарика 2 кг.

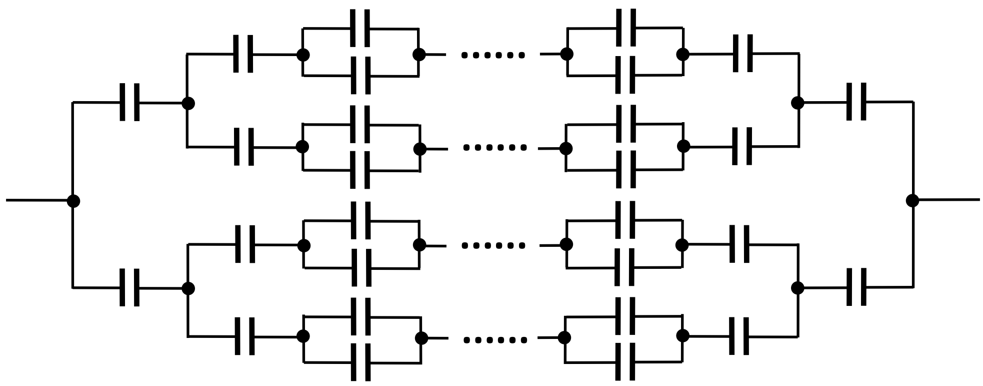


Задача 3. С некоторой порцией идеального газа проводят циклический процесс, который состоит из двух изохор и двух изобар. Причем отношение давлений в изобарном процессе равно 2:1. Найдите максимально возможный термодинамический КПД такого цикла.

Задача 4. Три маленьких одинаковых шарика, каждый массой m и зарядом q, расположены на гладкой горизонтальной поверхности. Шарики связаны друг с другом тремя непроводящими и нерастяжимыми нитями, каждая длиной ℓ (см. рисунок). Все три нити одновременно пережигают. Определите ускорения шариков сразу после пережигания нитей. Каким будет импульс каждого шарика после разлета на большие расстояния друг от друга. Действием силы тяжести пренебречь.



Задача 5. Найти полное сопротивление бесконечной цепочки одинаковых конденсаторов (C), показанной на рисунке.



РЕШЕНИЯ И ОТВЕТЫ К ЗАДАНИЯМ
Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников
ФИЗИКА
2020-2021 уч. год
11 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. Для определения коэффициента трения брусок расположили на горизонтальной поверхности и сообщили ему скорость v вдоль этой поверхности. Оказалось, что за первые t секунд брусок прошел путь S. Каким может быть коэффициент трения бруска о поверхность?

Возможное решение

Брусок будет двигаться равнозамедленно с ускорением равным по величине $a = \mu g$, где μ – коэффициент трения.

Возможны два случая:

1) брусок остановится в течение первых t секунд;

2) брусок в момент времени t будет продолжать двигаться.

Время до остановки бруска:

$$v - \mu g t_{\text{ост}} = 0, \qquad t_{\text{ост}} = \frac{v}{\mu g}$$

1) $t > t_{\text{ост}}$

$$S = v t_{\text{ост}} - \frac{\mu g t_{\text{ост}}^2}{2},$$

отсюда $\mu = \frac{v^2}{2gS}$, а условие $t > t_{\text{ост}}$ перепишется в виде $S < {}^{vt}/_{2}$.

2) $t \le t_{\text{ост}}$. В этом случае

$$S = vt - \frac{\mu g t^2}{2}$$

Отсюда

$$\mu = \frac{2(vt - S)}{gt^2},$$

а условие $t \le t_{\text{ост}}$ перепишется в виде $S \ge {}^{vt}/_{2}$.

Так как коэффициент трения не может быть отрицательным, $S < vt$.

Окончательный ответ:

$$\mu = \frac{v^2}{2gS} \text{ при } 0 < S < \frac{vt}{2}$$

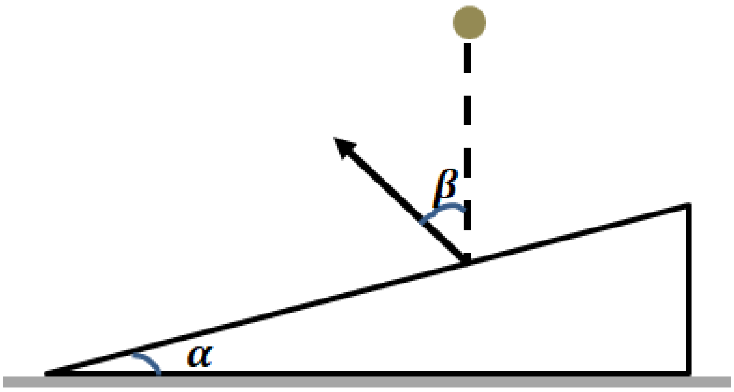
$$\mu = \frac{2(vt - S)}{gt^2} \text{ при } \frac{vt}{2} \le S < vt$$

Критерии оценивания:

1.	Определено ускорение бруска	-	1
2.	Найдено время до остановки бруска	-	1
3.	Записаны 2 возможных случая движения бруска	-	1

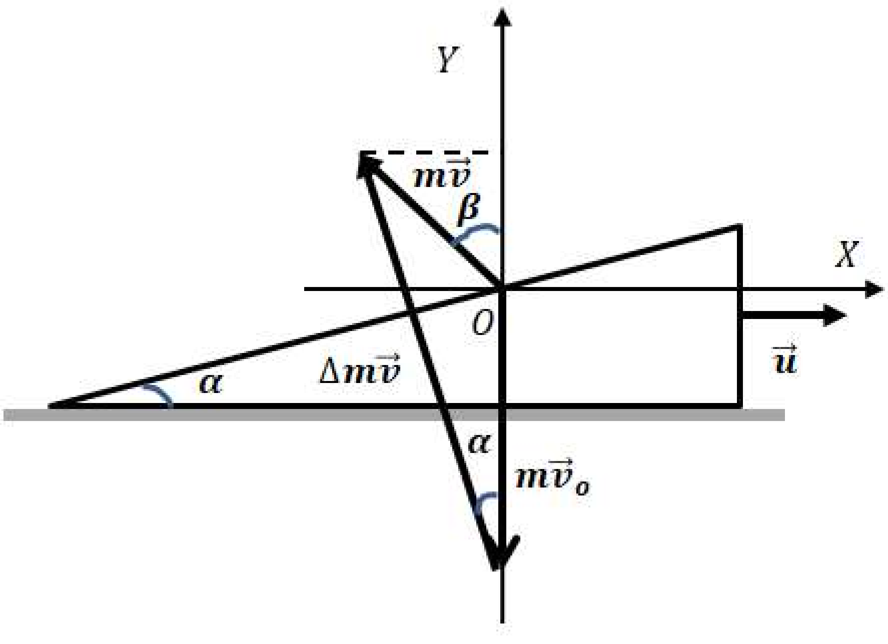
4.	Получена формула для коэффициента трения в 1-м случае	-	1
5.	Записаны пределы значений *S* в 1-м случае		2
6.	Получена формула для коэффициента трения во 2-м случае	-	2
7.	Записаны пределы значений *S* в 2-м случае		2
	Всего	-	10

Задача 2. На гладкий клин, покоящийся на гладкой горизонтальной поверхности, сверху падает шарик как показано на рисунке. Шарик упруго ударяется о клин и отскакивает под углом $\beta = 45°$ к вертикали. Определить угол при основании клина, если масса клина 4 кг, масса шарика 2 кг.



Возможное решение

Поскольку смещения шарика и клина за время соударения пренебрежимо малы (т.к. время удара очень мало), а также из-за отсутствия трения, силы взаимодействия шарика и клина направлены по нормали к наклонной плоскости. Следовательно, изменение импульса шарика при ударе $\Delta\vec{p} = \Delta m\vec{v}$ также будет направлено по нормали к наклонной плоскости клина (см. рисунок, где $\vec{v}_o$ и $\vec{v}$ – скорости шарика до и после удара соответственно; $\vec{u}$ – скорость клина после удара).



Из рисунка видно, что

$$tg\alpha = \frac{v\sin\beta}{v_o + v\cos\beta}. \qquad (1)$$

Запишем закон сохранения импульса в проекции на горизонтальное направление X и закон сохранения кинетической энергии при упругом ударе для системы тел шарик-клин:

$$mv\sin\beta = Mu \qquad (2)$$

$$\frac{mv_o^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + \frac{Mu^2}{2}. \qquad (3)$$

Решая системы уравнений (2), (3)получим:

$$u = v\frac{m}{M}\sin\alpha, \quad v_o = v\sqrt{1 + \frac{m}{M}sin^2\beta}. \qquad (4)$$

Объединяя записанные выражения (1) и (4), получаем ответ.

$$tg\alpha = \frac{\sin\beta}{\cos\beta + \sqrt{1 + \frac{m}{M}sin^2\beta}} \approx 0{,}4; \quad \alpha = arctg0{,}4 \approx 22°$$

Ответ: $\alpha = arctg0{,}4 \approx 22°$

Критерии оценивания:

1.	Обосновано перпендикулярное направление $\Delta\vec{p}$ шарика к наклонной плоскости	-	3
2.	Приведена формула для функции угла α (1)	-	1
3.	Записан закон сохранения импульса	-	1
4.	Записан закон сохранения механической энергии	-	2
5.	Получены формулы для скоростей (4)	-	2
6.	Проведены расчеты, получен правильный ответ	-	1
	Всего	-	10

Задача 3. С некоторой порцией идеального газа проводят циклический процесс, который состоит из двух изохор и двух изобар. Причем отношение давлений в изобарном процессе равно 2:1. Найдите максимально возможный термодинамический КПД такого цикла.

Возможное решение

Давление в изобарах $p_1 = p$ и $p_2 = 2p$. Пусть идеальный газ занимает минимальный объем V, максимальный объем газа в n раз больше – nV. Тогда работа газа в цикле равна

$$A_п = (p_2 - p_1)(nV - V) = pV(n-1) \qquad (1)$$

Теплота подводится в процессах изохорного нагревания и изобарного расширения

$$Q = \Delta U + A = \frac{3}{2}\nu R\Delta T + p_2\Delta V, \qquad (2)$$

где ΔU – изменение внутренней энергии газа процессах изохорного нагревания и изобарного расширения; A – работа газа при изобарном расширении.

Из уравнения состояния идеального газа минимальная и максимальная температуры газа в цикле соответственно равны

$$T_{min} = \frac{pV}{\nu R} \text{ и } T_{max} = 2nT_{min} = 2n\frac{pV}{\nu R} \qquad (3)$$

Тогда количество подведенного тепла в цикле будет равно

$$Q = \frac{3}{2}PV(2n-1) + 2pV(n-1) \qquad (4)$$

КПД цикла:

$$\eta = \frac{A_п}{Q} = \frac{n-1}{{}^{3}\!/_{2}\,(2n-1) + 2(n-1)} \qquad (5)$$

Анализ полученной формулы (5) показывает, что при очень большом значении n КПД цикла будет равен 0,2.

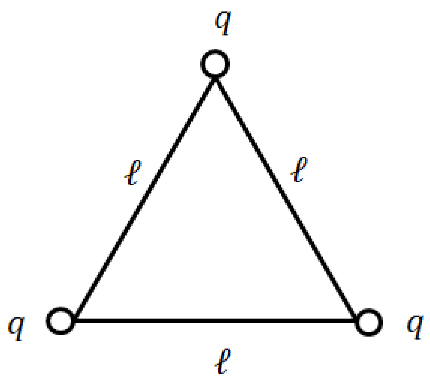
Ответ: 0,2.

Критерии оценивания:

1. Установлено соотношения между минимальным и максимальным объемами газа - 1
2. Приведена формула для работы газа в цикле (1) - 1

3.	Получена формула для подведенной теплоты (2)	-	1
4.	Получены выражения для температур газа (3)	-	2
5.	Получено выражение для подведенной теплоты (4)	-	1
6.	Получена формула для КПД цикла (5)	-	1
7.	Проведен анализ формулы (5)	-	2
8.	Получен правильный ответ		1
	Всего	-	10

Задача 4. Три маленьких одинаковых шарика, каждый массой m и зарядом q, расположены на гладкой горизонтальной поверхности. Шарики связаны друг с другом тремя непроводящими и нерастяжимыми нитями, каждая длиной ℓ (см. рисунок). Все три нити одновременно пережигают. Определите ускорения шариков сразу после пережигания нитей. Каким будет импульс каждого шарика после разлета на большие расстояния друг от друга. Действием силы тяжести пренебречь.

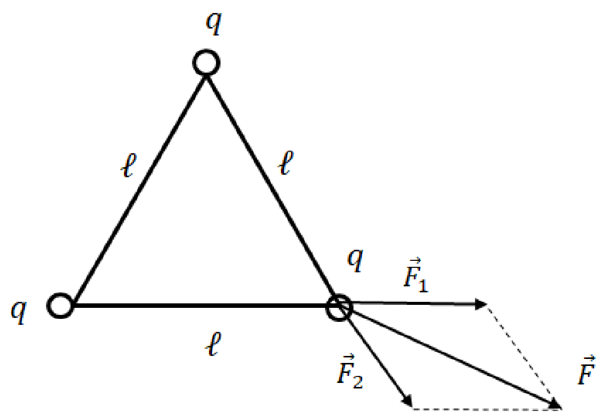


Возможное решение

Поскольку все шарики находятся в одинаковых условиях, после пережигания нитей они будут иметь одинаковые ускорения. Второй закон Ньютона для одного из шариков:

$$ma = \frac{q^2\sqrt{3}}{4\pi\varepsilon_0\ell^2},$$

откуда



$$a = \frac{q^2\sqrt{3}}{4\pi\varepsilon_0 m\ell^2}.$$

Так как шарики разлетаются на большие расстояния друг от друга, то потенциальной энергией шариков после разлета можно пренебречь. Закон сохранения энергии для каждого шарика имеет вид:

$$\frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0\ell} = \frac{mv^2}{2} = \frac{p^2}{2m},$$

откуда

$$p = q\sqrt{\frac{m}{2\pi\varepsilon_0\ell}}.$$

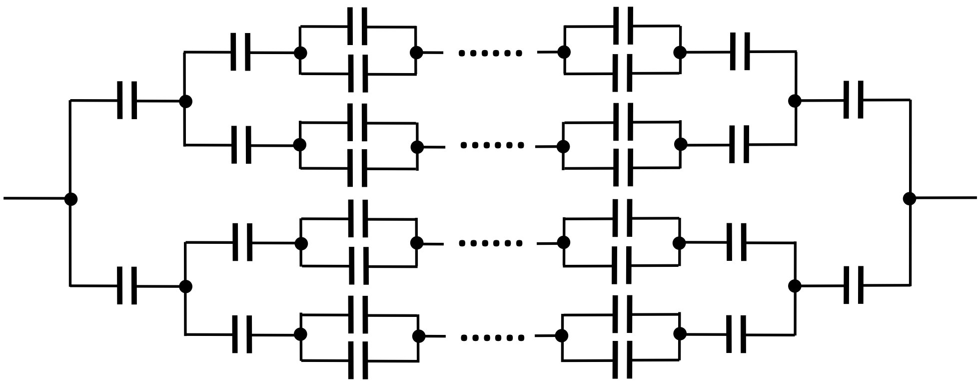
Ответ: $a = \frac{q^2\sqrt{3}}{4\pi\varepsilon_0 m\ell^2}$; $p = q\sqrt{\frac{m}{2\pi\varepsilon_0\ell}}$.

Примечание: допустимо в формулах использование коэффицента $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$

Критерии оценивания:

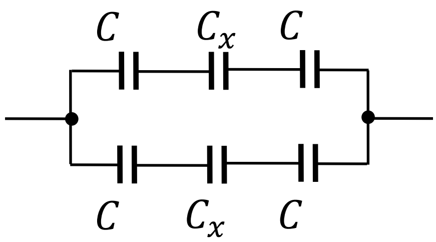
1.	Указано, что шарики находятся в одинаковых условиях	-	1
2.	Правильно записан 2 закон Ньютона	-	3
3.	Получен правильный ответ для ускорений шариков	-	1
4.	Правильно применен закон сохранения энергии	-	3
5.	Получен правильный ответ для импульсов шариков	-	2
	Всего	-	10

Задача 5. Найти полное сопротивление бесконечной цепочки одинаковых конденсаторов (*C*), показанной на рисунке.



Возможное решение

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



Пусть емкость всей цепи равно C_x, тогда, учитывая, что емкость каждой ветви (верхней и нижней) равно

$$C' = \frac{CC_x}{2C_x + C} \tag{1}$$

получим, вычисляя емкость параллельного соединения,

$$C_x = 2\frac{CC_x}{2C_x + C} \tag{2}$$

и, решая это уравнение относительно C_x, найдем

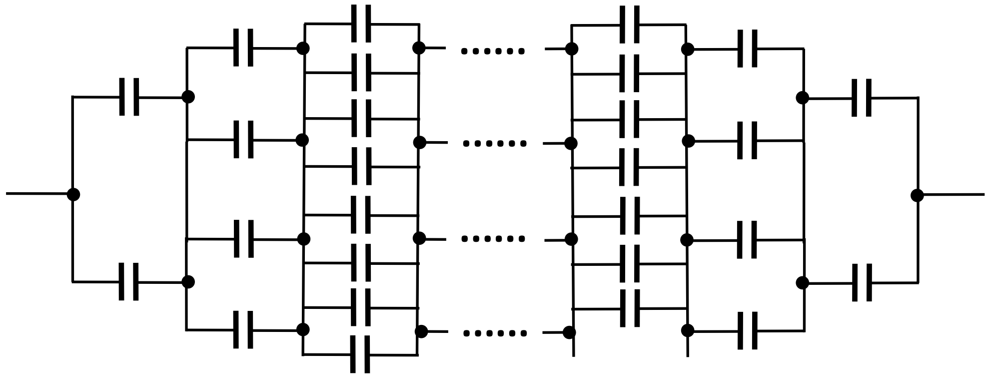
$$C_x = \frac{1}{2}C. \tag{3}$$

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

$$\frac{1}{C_x} = 2\frac{1}{C}\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \cdots\right). \tag{4}$$

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

$$C_x = \frac{1}{2}C. \qquad (5)$$



Ответ: сопротивление бесконечной цепочки конденсаторов равно $\frac{1}{2}C$.

Критерии оценивания:

1 способ

1.	Нарисована эквивалентная схема	-	6
2.	Получено сопротивление одной ветви C'	-	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 C_x (4)	-	2
3.	Записано значение геометрической прогрессии	-	2
4.	Получено решение (5) и записан ответ	-	1
	Всего	-	10