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

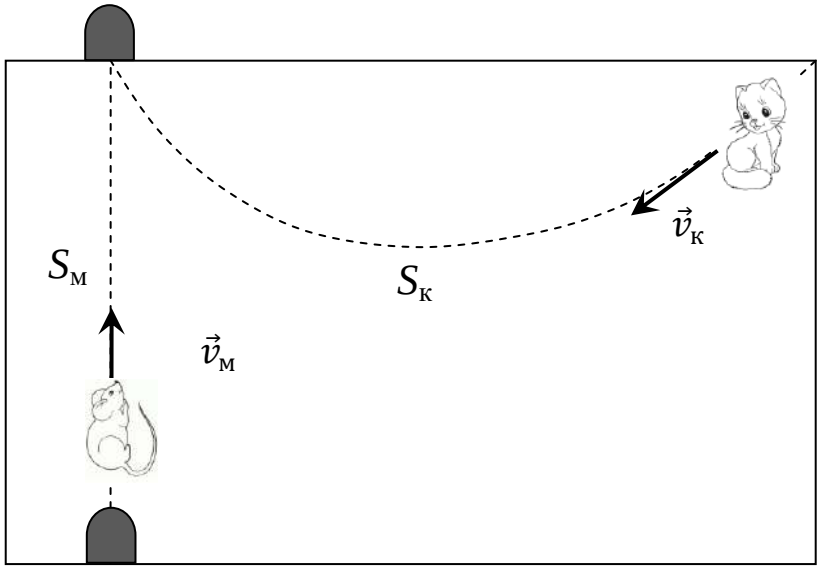
Время проведения – **3 часа (180 минут)**.
Верное решение каждого задания оценивается в 10 баллов.
Максимальное количество баллов – **40**.

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. В комнате сидит котенок. Мышь выскакивает из одной норки и бежит по прямой со скоростью $v_м$ к другой норке, расстояние до которой $S_м = 3{,}2$ м. Котенок заметил мышь в тот момент, когда она выскочила из норки и бросился за ней в погоню. В каждый момент времени котенок бежал в направлении на мышь со скоростью $v_к$, которая в полтора раза больше скорости мыши. Котенок и мышь достигли норки одновременно. На сколько метров путь, пройденный котенком $S_к$, больше чем путь мыши $S_м$?

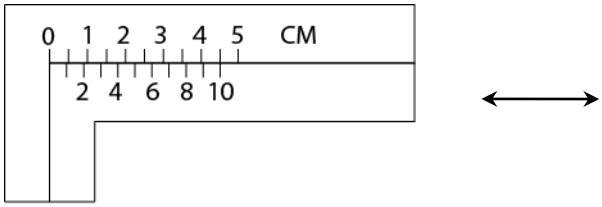


Задача 2. Прибор для измерения размеров, изображенный на рисунке (а), состоит из двух измерительных линеек, на каждой из которых нанесена шкала. Определите

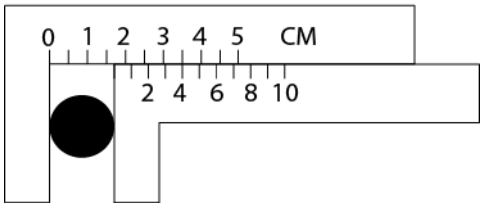
а) точность, с которой можно измерять размер с помощью этого прибора;

б) диаметр круга (б).

(*а*)



(*б*)



Задача 3. Гепард пробегает через поляну со скоростью 100 км/час за 16 секунд, а улитке для этого требуется 10 часов 20 минут. Определите скорость улитки в м/час с точностью до дециметра.

Задача 4. Первую половину пути из пункта А в пункт В автомобиль двигался со скоростью 75 км/час, вторую со скоростью 50 км/час. С какой скоростью автомобиль должен двигаться на обратном пути из В в А, чтобы пройти его за такое же время, как из А и В?

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**.

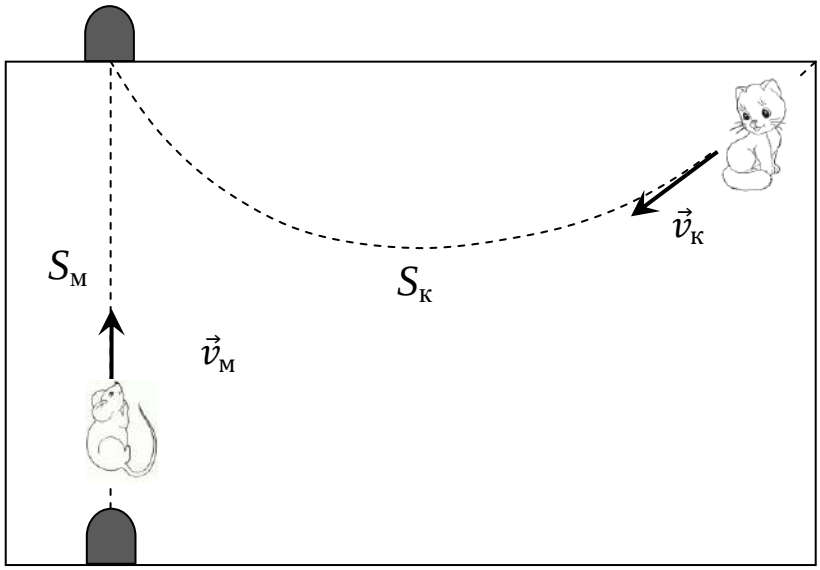
Рекомендации по оцениванию выполненных заданий

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. В комнате сидит котенок. Мышь выскакивает из одной норки и бежит по прямой со скоростью $v_м$ к другой норке, расстояние до которой $S_м = 3{,}2$ м. Котенок заметил мышь в тот момент, когда она выскочила из норки и бросился за ней в погоню. В каждый момент времени котенок бежал в направлении на мышь со скоростью $v_к$, которая в полтора раза больше скорости мыши. Котенок и мышь достигли норки одновременно. На сколько метров путь, пройденный котенком $S_к$, больше чем путь мыши $S_м$?



Решение. Пусть t - время, за которое котенок и мышь добежали до второй норки. Путь, который прошли за это время

$$S_м = v_м t, \qquad S_к = v_к t \ . \tag{1}$$

Тогда

$$\Delta S = S_к - S_м = (v_к - v_м)\, t \tag{2}$$

Найдем t из (1)

$$t = \frac{S_м}{v_м}. \tag{3}$$

и после подстановки в (2) получим

$$\Delta S = \left(\frac{v_к}{v_м} - 1\right) S_м \ . \tag{4}$$

$$\Delta S = (1.5 - 1)3.2 = 1.6 \text{ м} \ . \tag{5}$$

Ответ: Путь котенка больше, чем путь мыши на 1.6 м.

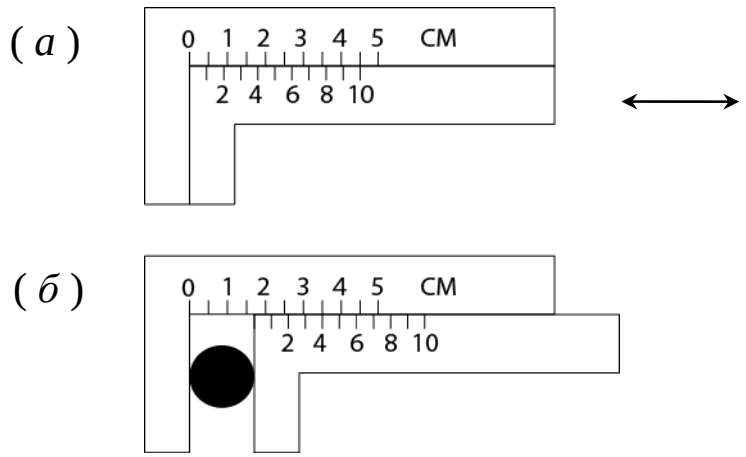
Критерии оценивания:

1.	Записаны уравнения (1)	-	2
2.	Найдена разность путей котенка и мыши (2)	-	2
3.	Выражено время движения котенка и мыши (3)	-	2
4.	Получена формула (4)	-	2
5.	Сделаны вычисления	-	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).



Решение. Точность, с которой выполняются измерения обычно равна цене деления шкалы прибора. В данном случае прибор имеет две шкалы с ценой деления 5 мм для "большой" шкалы и 4.5 мм для "малой". Таким образом, "малая" шкала отстает на 0.5 мм от "большой". Поэтому, при смещении подвижной линейки на 0.5 мм первое деление "малой" шкалы совместится с первым делением "большой" шкалы, на 1 мм со вторым и т.д., то есть точность измерений прибора составляет 0.5 мм.

Для определения размера круга на рисунке (б) необходимо отсчитать целое число делений по "большой" шкале (в данном случае это 3), умножить на 5 и добавить количество долей миллиметра, равное числу на "малой" шкале, деление которого точно совпадает с каким-либо делением на "большой шкале (в данном случае это 4), умноженному на 0.5. Таким образом размер круга равен $3 \cdot 5 + 4 \cdot 0.5 = 17$ мм.

Ответ: а) точность измерений равна 0.5 мм;

б) диаметр круга равен 17 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. Гепард пробегает через поляну со скоростью 100 км/час за 16 секунд, а улитке для этого требуется 10 часов 20 минут. Определите скорость улитки в м/час с точностью до дециметра.

Решение. Пусть L - путь, который проходят гепард и улитка, тогда

$$L = v_{\text{у}} t_{\text{у}} \qquad \text{и} \qquad L = v_{\text{г}} t_{\text{г}} , \tag{1}$$

"г" и "у" относятся к скорости и времени гепарда и улитки. Из (1) следует

$$v_{\text{у}} t_{\text{у}} = v_{\text{г}} t_{\text{г}} \tag{2}$$

откуда

$$v_{\text{у}} = \frac{v_{\text{г}} t_{\text{г}}}{t_{\text{у}}} . \tag{3}$$

Выразим все величины в (3) в (м) и (м/час) :

$$t_{\text{у}} = 30 \text{ часов} + 20 \text{ мин} = 30 + \frac{1}{3} \text{ часа} = \frac{91}{3} \text{ часа} , \tag{4}$$

$$t_{\text{г}} = 16 \text{ секунд} = 16 \cdot \frac{1}{3600} \text{ часа} = \frac{16}{3600} \text{часа} , \tag{5}$$

$$v_{\text{г}} = 100 \frac{\text{км}}{\text{час}} = 100 \cdot 1000 \frac{\text{м}}{\text{час}} = 100000 \frac{\text{м}}{\text{час}} . \tag{6}$$

Тогда

$$v_{\text{у}} = \frac{100000 \cdot 16}{3600 \cdot \frac{91}{3}} = \frac{10000 \cdot 16 \cdot 3}{3600 \cdot 91} = 14.652014 \ldots \frac{\text{м}}{\text{час}} . \tag{7}$$

Так как дециметр это одна десятая метра, то округляя (7) до десятых, получим

$$v_{\text{у}} = 14.7 \frac{\text{м}}{\text{час}} . \tag{8}$$

Ответ: скорость улитки с точностью до дециметра равна $14.7 \frac{\text{м}}{\text{час}}$.

Критерии оценивания:

1.	Записаны формулы пути (1)	-	2
2.	Записано условие равенства путей улитки и гепарда (2)	-	2
3.	Получена формула для скорости улитки (3)	-	2
4.	Выполнен перевод единиц (4) - (6)	-	2
5.	Сделаны вычисления (7)	-	1
6.	Результат округлен до десятых и записан ответ	-	1
	Всего	-	10

Задача 4. Первую половину пути из пункта А в пункт В автомобиль двигался со скоростью 75 км/час, вторую со скоростью 50 км/час. С какой скоростью автомобиль должен двигаться на обратном пути из В в А, чтобы пройти его за такое же время, как из А и В ?

Решение. Так как время движения из В в А равно времени движения из А и В, то скорость на обратном пути должна быть равна средней скорости при движении из А в В. Пусть v_1, t_1 - скорость и время движения на первом участке, v_2, t_2 - на втором, S - расстояние от А до В. Средняя скорость вычисляется как

$$v = \frac{S}{t_1+t_2}, \quad (1)$$

$$t_1 = \frac{S}{2v_1}, \quad t_2 = \frac{S}{2v_2}. \quad (2)$$

Подставляя (2) в (1)

$$v = \frac{S}{\frac{S}{2v_1}+\frac{S}{2v_2}} = \frac{2v_1v_2}{v_1+v_2}. \quad (3)$$

Вычислим среднюю скоростью

$$v = \frac{2\cdot 75\cdot 50}{75+50} = 60 \text{ км/час}. \quad (4)$$

Ответ: Автомобиль должен двигаться со скоростью 60 км/час.

Критерии оценивания:

1.	Записана формула для вычисления средней скорости (1)	-	2
2.	Записаны формулы для времени на каждом участке	-	2
3.	Получена формула для средней скорости (3)	-	3
4.	Выполнены вычисления (4)	-	2
5.	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. Длина часовой стрелки кремлевских курантов L = 3,0 м, а длина минутной стрелки – l = 3,3 м. Найдите отношение α скоростей перемещения концов минутной и часовой стрелок?

Задача 2. 204 г льда, охлажденного до температуры $-10℃$, опустили в калориметр с водой, находящейся при температуре $0℃$. После того как температура льда достигла $0℃$, его вынули из воды. Какова масса вынутого льда? Удельная теплоемкость воды $c_в = 4200\ Дж/(кг \cdot ℃)$, удельная теплоемкость льда вдвое меньше, удельная теплота плавления льда $\lambda = 340\ кДж/кг$.

Задача 3. На берегу реки расположены пункты А и В. Определите среднюю скорость $v_{ср}$ катера при движении от пункта А к пункту В и обратно, если собственная скорость катера $v = 10\ км/ч$, а скорость течения реки $u = 2\ км/ч$.

Задача 4. По свежему снегу прошел снегоход масса которого вместе с водителем 450 кг, а площадь опорной поверхности гусениц 0,60 м^2. По следу снегохода идет человек массой 75 кг. Площадь одной подошвы валенок 200 см^2. Будет ли человек проваливаться в снег?

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. Длина часовой стрелки кремлевских курантов L = 3,0 м, а длина минутной стрелки – l = 3,3 м. Найдите отношение α скоростей перемещения концов минутной и часовой стрелок?

Возможное решение

Концы стрелок движутся равномерно (с постоянной скоростью) по окружности. За один час конец минутной стрелки сделает полный оборот, а значит, пройдет путь

$$s = 2\pi l \quad (1)$$

Конец же часовой стрелки пройдет за это же время

$$S = \frac{2\pi L}{12} \quad (2)$$

Отсюда находим отношение скоростей

$$\alpha = \frac{s}{S} = 12\,\frac{l}{L} = 13{,}2 \quad (3)$$

Критерии оценивания:

1.	Записана формула (1)	3 балла
2.	Записана формула (2)	3 балла
3.	Получено выражение (3)	4 балла
	Всего	10 баллов

Задача 2. 204 г льда, охлажденного до температуры $-10℃$, опустили в калориметр с водой, находящейся при температуре $0℃$. После того как температура льда достигла $0℃$, его вынули из воды. Какова масса вынутого льда? Удельная теплоемкость воды $c_в = 4200$ Дж/(кг · ℃), удельная теплоемкость льда вдвое меньше, удельная теплота плавления льда $\lambda =$ 340 кДж/кг.

Возможное решение

При нагреве льда он отбирает тепло у воды. При этом часть её должна превратиться в лед:

$$m_л c_л \Delta t_л = \Delta m_л \lambda, \quad (1)$$

отсюда получаем

$$\Delta m_л = \frac{m_л c_л \Delta t_л}{\lambda}. \quad (2)$$

Тогда масса вынутого льда

$$M_л = m_л + \Delta m_л. \quad (3)$$

Подстановка исходных данных в формулу (3) дает окончательный ответ:

$$M_л = 216{,}6 \text{ г}.$$

Критерии оценивания:

1.	Получена формула (1)	3 балла
2.	Получена формула (2)	3 балла
3.	Получена формула (3)	3 балла
4.	Получен правильный ответ	1 балла
	Всего	10 баллов

Задача 3. На берегу реки расположены пункты А и В. Определите среднюю скорость $v_{\text{ср}}$ катера при движении от пункта А к пункту В и обратно, если собственная скорость катера $v = 10$ км/ч, а скорость течения реки $u = 2$ км/ч.

Возможное решение

Обозначим S – расстояние между пунктами А и В.

Время движения из пункта А в пункт В:

$$t_1 = \frac{S}{v+u}. \quad (1)$$

Время движения обратно

$$t_2 = \frac{S}{v-u}. \quad (2)$$

Средняя скорость катера при движении от пункта А к пункту В и обратно

$$v_{\text{ср}} = \frac{2S}{t_1 + t_2} = \frac{v^2 - u^2}{v} = 9{,}6 \text{ км/ч}.$$

Критерии оценивания:

1.	Получена формула (1)	3 балла
2.	Получена формула (2)	3 балла
3.	Получена формула (3)	4 балла
	Всего	10 баллов

Задача 4. По свежему снегу прошел снегоход масса которого вместе с водителем 450 кг, а площадь опорной поверхности гусениц 0,60 м^2. По следу снегохода идет человек массой 75 кг. Площадь одной подошвы валенок 200 см^2. Будет ли человек проваливаться в снег?

Возможное решение

Снегоход оказал на снег давление

$$p_1 = \frac{m_1 g}{S_1} = \frac{450 \cdot 10}{0{,}60} = 7500 \text{ Па}. \quad (1)$$

В результате снег уплотнился. Человек не будет проваливаться, если он оказывает на снег меньшее давление.

Давление человека:

$$p_2 = \frac{m_2 g}{S_2} = \frac{75 \cdot 10}{0{,}02} = 37500 \text{ Па} \quad (2)$$

Здесь учтено, что при ходьбе земли касается, обычно, одна нога. Это давление p_2 больше, чем оказанное предварительно снегоходом p_1 – человек будет проваливаться. Даже если обе ноги касаются земли, человек оказывает на снег большее давление, чем снегоход и будет проваливаться.

Критерии оценивания:

1.	Записана формула для вычисления давления	2 балла
2.	Найдено давление снегохода на снег	2 балла
3.	Найдено давление человека на снег	2 балла
4.	Правильно записана площадь валенка в м^2	1 балл
5.	Названо условие – когда человек проваливается при ходьбе	1 балл
6.	Дан верный ответ	2 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.*

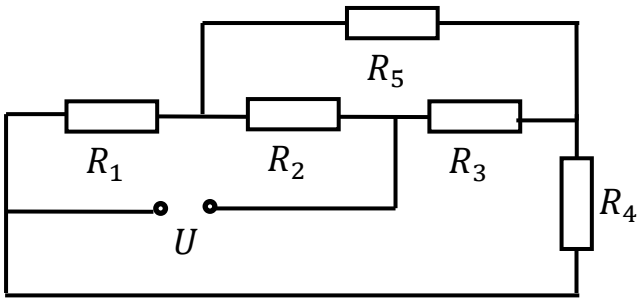
Не допускается использование *мобильных телефонов, иных средств связи и электронновычислительной техники, учебных или справочных материалов.*

Задача 1. Петя бросил небольшой мячик вертикально вверх с поверхности Земли. Через промежуток времени $\tau = 1$ с после начала движения мячик оказался выше забора высотой $h = 4$ м, а еще через этот же промежуток времени $\tau = 1$ с – ниже этого забора. Какой могла быть начальная скорость мячика? До какой максимальной высоты мог подняться мячик? Ускорение свободного падения считайте равным $g = 10$ м/с^2, сопротивление воздуха не учитывайте.

Задача 2. По шоссе равномерно движется колонна автомобилей. Расстояния между автомобилями в колонне одинаковы. Едущий по шоссе в том же направлении инспектор ДПС обнаружил, что если его скорость равна $v_1 = 36$ км/ч, то через каждые $t_1 = 10\,c$ его обгоняет автомобиль из колонны, а при скорости $v_2 = 90$ км/ч через $t_1 = 20\,c$ он обгоняет автомобиль колонны. Через какой промежуток времени будут проезжать автомобили колонны мимо инспектора, если он остановится?

Задача 3. Для изготовления сплава двух различных металлов были использованы образцы одинакового объема. Какую плотность будет иметь сплав, если плотности металлов равны $\rho_1 = 10500\ \text{кг/м}^3$ и $\rho_2 = 19300\ \text{кг/м}^3$, а объем сплава равен сумме объемов образцов.

Задача 4. К электрической цепи, изображенной на рисунке, подведено напряжение $U = 12$ В. Найдите силу тока, текущего через сопротивление R_5, и общее сопротивление цепи, если $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 10$ Ом, $R_5 = 3$ Ом.



Задача 5. Если в калориметр со льдом при температуре $t_1 = -20$℃ опустить металлический брусок, то растает 2/3 льда. Если после этого в калориметр опустить еще один такой же брусок, то установится температура $t_2 = 15$℃. Определите первоначальную температуру брусков, имеющих одинаковую температуру. Теплоемкостью калориметра и теплообменом пренебречь. Удельная теплота плавления льда $\lambda_л = 340$ кДж/кг, удельная теплоемкость льда $c_л = 2100\ \text{Дж/(кг} \cdot ℃)$, удельная теплоемкость воды $c_в = 4200\ \text{Дж/(кг} \cdot ℃)$.

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. Петя бросил небольшой мячик вертикально вверх с поверхности Земли. Через промежуток времени $\tau = 1$ с после начала движения мячик оказался выше забора высотой $h = 4$ м, а еще через этот же промежуток времени $\tau = 1$ с – ниже этого забора. Какой могла быть начальная скорость мячика? До какой максимальной высоты мог подняться мячик? Ускорение свободного падения считайте равным $g = 10$ м/с^2, сопротивление воздуха не учитывайте.

Возможное решение

Для описания движения мяча запишем два неравенства:

$$v_o\tau - \frac{g\tau^2}{2} > h \qquad (1)$$

$$v_o(2\tau) - \frac{g(2\tau)^2}{2} < h. \qquad (2)$$

Из (1) и (2) получаем, что

$$9 \text{ м/с} < v_o < 12 \text{ м/с} \qquad (3)$$

Найдем максимальную высоту подъема

$$v_o - gt_{\text{под}} = 0 \text{ откуда } t_{\text{под}} = \frac{v_o}{g}. \qquad (4)$$

Тогда

$$h_{max} = \frac{v_o^2}{2g}. \qquad (5)$$

Подстановка дает численный ответ

$$4{,}05 \text{ м} < h_{max} < 7{,}2 \text{ м}. \qquad (6)$$

Ответ: $9 \text{ м/с} < v_o < 12 \text{ м/с}$; $4{,}05 \text{ м} < h_{max} < 7{,}2$ м

Критерии оценивания:

1.	Правильно записаны неравенства (1) и (2)	3 балла
2.	Получен диапазон значений начальных скоростей (3)	2 балла
3.	Получена формула для максимальной высоты подъема (5)	3 балла
4.	Получен диапазон значений максимальной высоты подъема (6)	2 балла
	Всего	10 баллов

Задача 2. По шоссе равномерно движется колонна автомобилей. Расстояния между автомобилями в колонне одинаковы. Едущий по шоссе в том же направлении инспектор ДПС обнаружил, что если его скорость равна $v_1 = 36$ км/ч, то через каждые $t_1 = 10\,c$ его обгоняет автомобиль из колонны, а при скорости $v_2 = 90$ км/ч через $t_1 = 20\,c$ он обгоняет автомобиль колонны. Через какой промежуток времени будут проезжать автомобили колонны мимо инспектора, если он остановится?

Возможное решение

Пусть u - скорость колонны, l - расстояние между автомобилями в колонне. Тогда, в первом случае

$$t_1 = \frac{l}{u - v_1}, \qquad (1)$$

а во втором

$$t_2 = \frac{l}{v_2 - u} \qquad (2)$$

или

$$l = ut_1 - v_1 t_1, \qquad l = v_2 t_2 - ut_2 \qquad (3)$$

Вычитая из первого уравнения второе, получим

$$u = \frac{v_1 t_1 + v_2 t_2}{t_1 + t_2} \qquad (4)$$

и после подстановки в (3)

$$l = \frac{(v_1 - v_2) t_1 t_2}{t_1 + t_2}. \qquad (5)$$

Если инспектор неподвижен, то время, через которое мимо него будут проезжать автомобили колонны

$$t = \frac{l}{u} = \frac{(v_1 - v_2) t_1 t_2}{v_1 t_1 + v_2 t_2}. \qquad (6)$$

Подставляя известные значения для скоростей и времени в (6), получим $t = 5\,c$.

Ответ: время равно $5\,c$.

Критерии оценивания:

1.	Записано выражение для времени в первом случае	1 балл
2.	Записано выражение для времени во втором случае	1 балл
3.	Определена скорость автомобиля колонны	3 балла
4.	Определено расстояние между автомобилями в колонне	3 балла
5.	Определено время проезда автомобиля мимо	1 балл

	неподвижного инспектора	
6.	Получен численный ответ	1 балл
	Всего	10 баллов

Задача 3. Для изготовления сплава двух различных металлов были использованы образцы одинакового объема. Какую плотность будет иметь сплав, если плотности металлов равны $\rho_1 = 10500$ кг/м^3 и $\rho_2 = 19300$ кг/м^3, а объем сплава равен сумме объемов образцов.

Возможное решение

Плотность сплава ρ_c вычисляется по формуле

$$\rho_c = \frac{m_c}{V_c}, \quad (1)$$

где m_c - масса сплава, V_c - объем сплава.

$$V_c = V + V = 2V, \quad (2)$$

V - объем образца. Тогда, если m_1 и m - массы каждого образца, то

$$m_1 = \rho_1 V, \quad m_2 = \rho_2 V, \quad (3)$$

откуда масса сплава равна

$$m_c = m_1 + m_2 = (\rho_1 + \rho_2)V \quad (4)$$

и тогда из формулы (1) можно вычислить плотность сплава

$$\rho_c = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2}. \quad (5)$$

Подставляя значения плотностей образцов, получим

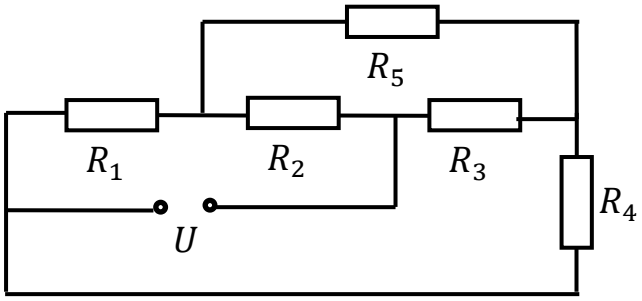
$$\rho_c = \frac{10500 + 19300}{2} = 14900 \text{ кг/м}^3 \quad (6)$$

Ответ: плотность сплава равна 14900 кг/м^3

Критерии оценивания:

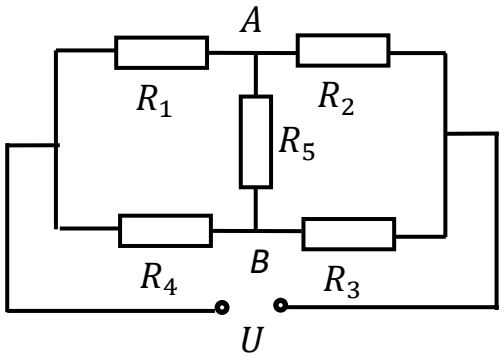
1.	Записана формула для вычисления плотности сплава (1)	2 балла
2.	Записана формула для объема сплава (2)	1 балл
3.	Массы образцов выражены через их плотность и объем (3)	2 балла
4.	Получена формула для массы сплава (4)	2 балла
5.	Получена формула для плотности сплава (5)	2 балла
6.	Сделаны вычисления (5) и записан ответ	1 балл
	Всего	10 баллов

Задача 4. К электрической цепи, изображенной на рисунке, подведено напряжение $U = 12$ В. Найдите силу тока, текущего через сопротивление R_5, и общее сопротивление цепи, если $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 10$ Ом, $R_5 = 3$ Ом.



Возможное решение

Приведенную электрическую схему можно заменить эквивалентной, которая представляет собой мостовую схему (см. рисунок). Схема состоит из одинаковых резисторов с сопротивлениями $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R = 10$ Ом. Так как схема симметрична, то разность потенциалов между ее точками A и B равна нулю. Поэтому ток через сопротивление R_5 также равен нулю.



Сила тока, текущего через сопротивления R_1 и R_2, равна $I_{1,2} = \frac{U}{R_1+R_2} = \frac{U}{2R}$. Такой же ток течет через резисторы R_4 и R_3. Откуда, ток, текущий через источник напряжения, равен $I = I_{1,2} + I_{3,4} = \frac{U}{R_{об}}$. Общее сопротивление цепи составит $R_{об} = \frac{U}{I} = R = 10$ Ом.

Прим.: Общее сопротивление электрической цепи может быть найдено исходя из правил последовательного и параллельного соединения проводников.

Ответ: $I_5 = 0; R_{об} = 10$ Ом

Критерии оценивания:

1. Электрическая схема верно заменена на эквивалентную схему — 4 балла
2. Приведены верные рассуждения для определения силы тока, текущего через сопротивление R_5 — 3 балла

3.	Правильно определена сила тока, текущего через сопротивление R_5	1 балл
4.	Получена формула для определения общего сопротивления цепи	1 балл
5.	Правильно определено общее сопротивление цепи	1 балл
	Всего	10 баллов

Задача 5. Если в калориметр со льдом при температуре $t_1 = -20$℃ опустить металлический брусок, то растает 2/3 льда. Если после этого в калориметр опустить еще один такой же брусок, то установится температура $t_2 = 15$℃. Определите первоначальную температуру брусков, имеющих одинаковую температуру. Теплоемкостью калориметра и теплообменом пренебречь.

Удельная теплота плавления льда $\lambda_л = 340$ кДж/кг, удельная теплоемкость льда $c_л = 2100$ Дж/(кг · ℃), удельная теплоемкость воды $c_в = 4200$ Дж/(кг · ℃).

Возможное решение

Обозначим: m – масса льда, C – теплоемкость одного металлического бруска, t – первоначальная температура бруска.

После опускания первого бруска в калориметре образуется смесь воды и льда при температуре $t_o = 0$℃.

Уравнение теплового баланса после опускания первого бруска

$$C(t - t_o) = \frac{2}{3}m\lambda + mc_л(t_o - t_1). \quad (1)$$

Уравнение теплового баланса после опускания второго бруска

$$C(t - t_2) = C(t_2 - t_o) + \frac{1}{3}m\lambda + mc_в(t_2 - t_o). \quad (2)$$

двух уравнений относительно температуры t, получим (учтено, что $t_o = 0$℃):

$$t = \frac{2\lambda - 3c_л t_1}{\lambda - 3(c_л t_1 + c_в t_2)} \cdot 2t_2 \approx 87\text{℃}. \quad (3)$$

Критерии оценивания:

1.	Правильно определена температура смеси	1 балл
2.	Записано уравнение теплового баланса (1)	2 балла
3.	Записано уравнение (2)	3 балла
4.	Получена формула для t	4 балла
	Всего	10 баллов

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

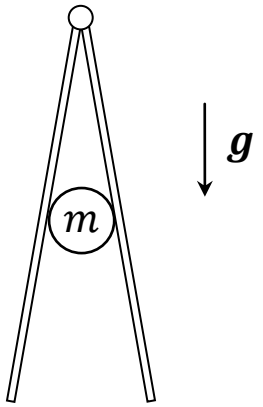
Время проведения – **3 часа 50 мин (230 минут)**.
Верное решение каждого задания оценивается в 10 баллов.
Максимальное количество баллов – **50**.

Особенности проведения:

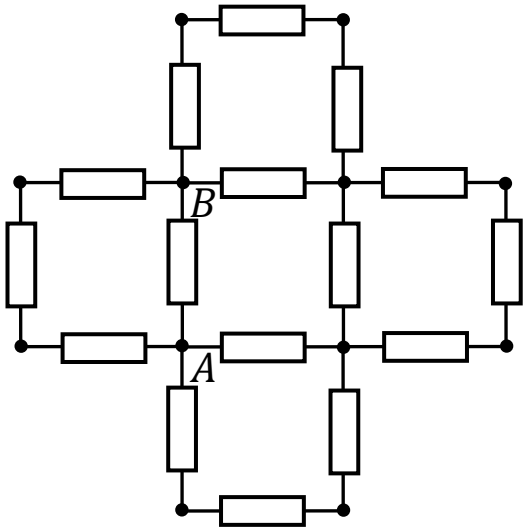
Участники олимпиады по физике могут использовать *непрограммируемый калькулятор с возможностью вычисления тригонометрических функций (cos, sin, tg), линейку и карандаш. Во время решения могут пользоваться черновиком. Записи в черновике не учитываются при оценивании работы.*

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

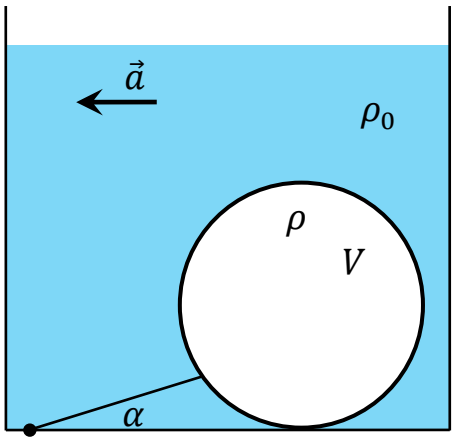
Задача 1. Две пластины, имеющих длину l каждая, прикреплены шарнирно по одой из сторон к потолку. Между пластинами вставлен шар массой m и радиусом $R = l/6$ так, что расстояние от точек касания шара и пластин до шарнира равно $l/2$. Коэффициент трения между пластинами и шаром равен k. Какой должна быть масса каждой пластины, чтобы они могли удержать шар?



Задача 2. Сопротивление между точками A и B цепи из 16 одинаковых резисторов равно 18 Ом. Найти сопротивление каждого резистора.



Задача 3. Алюминиевый шар помещен в сосуд с водой и прикреплен нитью ко дну. Шар имеет объем V и плотность ρ, плотность воды ρ_0, угол между нитью и дном сосуда равен α. Найти силу, с которой шар давит на дно, если сосуд движется горизонтально с ускорением a.



Задача 4. При помещении 30 г льда, имеющего температуру $-20℃$, добавили 50 г в калориметр, в котором находится 50 г воды температуре 60^{o}C, он полностью растаял, а температура воды стала равна 4,28 ^{o}C. Определить удельную теплоту плавления льда и округлить ответ до целых. (Удельная теплоемкость льда и воды равны $2{,}1\ \frac{\text{Дж}}{\text{г}\cdot℃}$ и $4{,}2\ \frac{\text{Дж}}{\text{г}\cdot℃}$).

Задача 5. На ленту горизонтального транспортера положили брусок, сообщив ему начальную скорость $v_0 = 5$ м/с, направленную против движения ленты. Через 4 с после этого скорость бруска стала равна скорости ленты. Чему равна скорость ленты, если коэффициент трения между бруском и лентой равен $\mu = 0{,}2$?

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**.

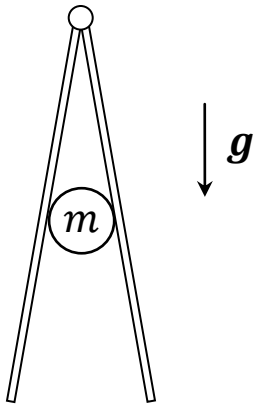
Рекомендации по оцениванию выполненных заданий

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.

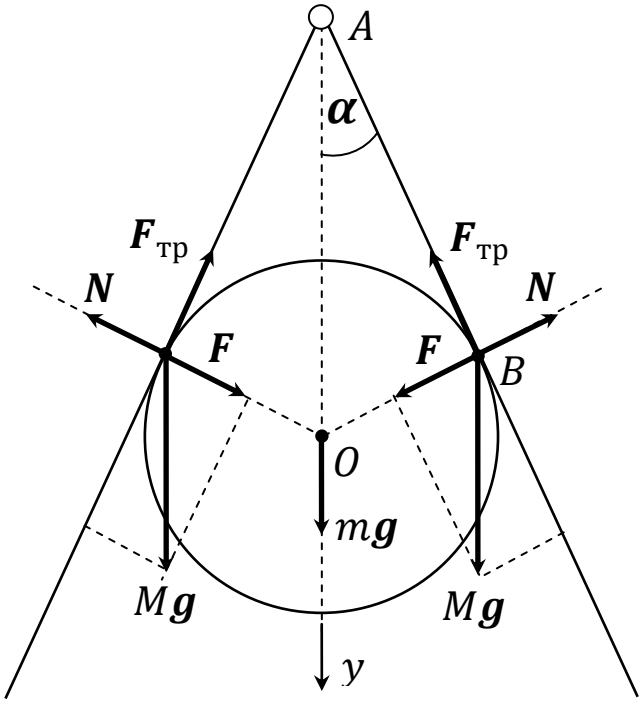
Критерии оценивания решений

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

<u>Задача 1</u>. Две пластины, имеющих длину l каждая, прикреплены шарнирно по одой из сторон к потолку. Между пластинами вставлен шар массой m и радиусом $R = l/6$ так, что расстояние от точек касания шара и пластин до шарнира равно $l/2$. Коэффициент трения между пластинами и шаром равен k. Какой должна быть масса каждой пластины, чтобы они могли удержать шар?



Решение. Построим силы, действующие на пластины и шар, учитывая, что точки приложения силы тяжести к пластинам являются точками касания, так как расстояния от шарнира до этих точек составляет $l/2$.



Выберем ось y как показано на рисунке. Тогда уравнение равновесия относительно этой оси запишется в виде

$$mg - 2\,F_{\text{тр}}\cos\alpha + 2F\sin\alpha = 0 \qquad (1)$$

Кроме того

$$F_{\text{тр}} = kN, \quad N = F, \quad F = Mg\sin\alpha \tag{2}$$

откуда

$$F_{\text{тр}} = kMg\sin\alpha \tag{3}$$

Тогда

$$mg - 2\,kMg\sin\alpha\cos\alpha + 2Mg\sin^2\alpha = 0 \tag{4}$$

и следовательно

$$M = \frac{m}{2\,(k\sin\alpha\cos\alpha - \sin^2\alpha)} \tag{5}$$

Из прямоугольного треугольника *OAB* найдем

$$\cos\alpha = \frac{l}{2\,OA}, \quad \sin\alpha = \frac{l}{6\,OA} \tag{6}$$

Длину стороны *OA* можно найти из теоремы Пифагора

$$OA = \sqrt{\left(\frac{l}{2}\right)^2 + \left(\frac{l}{6}\right)^2} = \frac{l\sqrt{10}}{6} \tag{7}$$

тогда

$$\cos\alpha = \frac{3}{\sqrt{10}}, \quad \sin\alpha = \frac{1}{\sqrt{10}}. \tag{8}$$

Подставляя (8) в (5) найдем массу пластин

$$M = \frac{m}{2\left(k\frac{3}{10} - \frac{1}{10}\right)} = \frac{5m}{(3k-1)}\,. \tag{9}$$

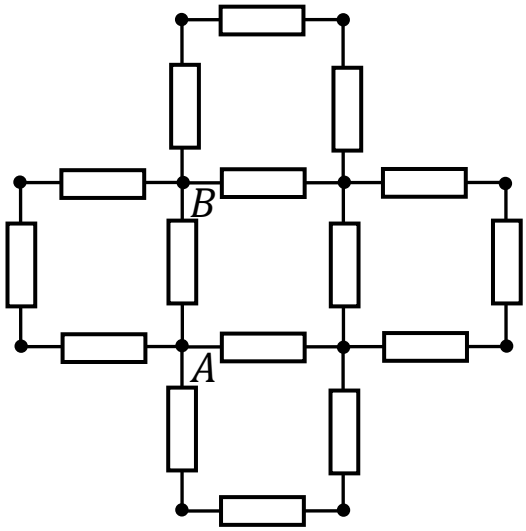
Формула (9) определяет минимальную массу каждой пластины, при которой они смогут удержать шар.

Ответ: масса пластины равна $\frac{5m}{(3k-1)}$

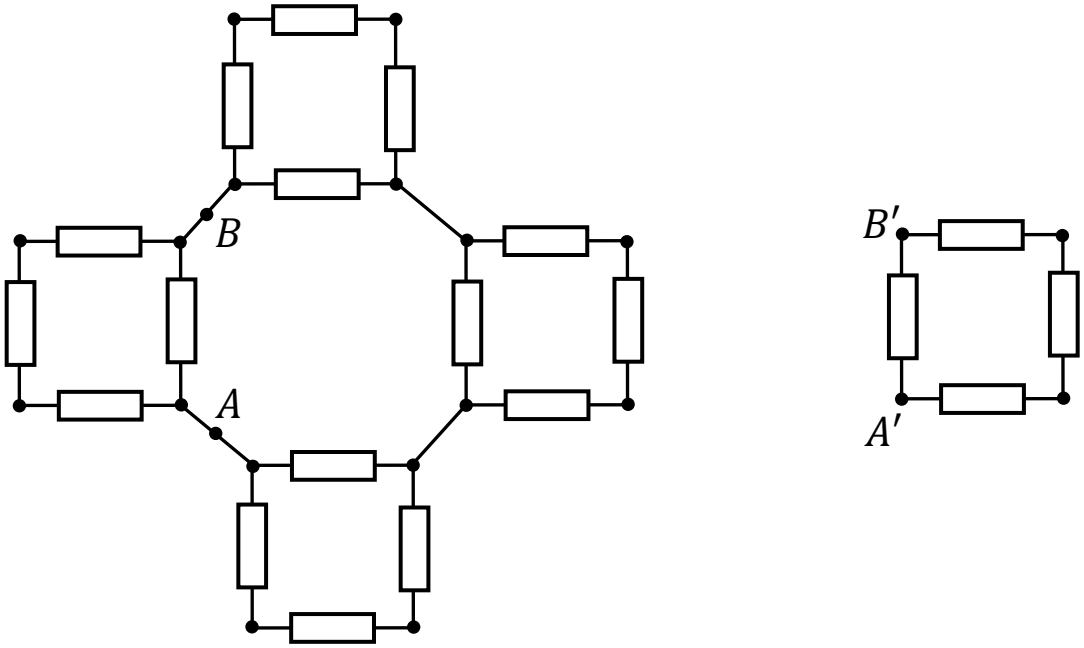
Критерии оценивания:

1.	Сделан рисунок, расставлены силы, выбрана система координат	-	2
2.	Записано уравнение равновесия (1)	-	3
3.	Получена формула (5)	-	1
4.	Найдены $\cos\alpha$ и $\sin\alpha$ (8)	-	3
5.	Получено выражение для массы (9) и записан ответ	-	1
	Всего	-	10

Задача 2. Сопротивление между точками А и В цепи из 16 одинаковых резисторов равно 18 Ом. Найти сопротивление каждого резистора.



Решение. Построим эквивалентную схему.



Вычислим сопротивление R' между точками A' и B'

$$\frac{1}{R_{A'B'}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{3R} = \frac{4}{3R}, \qquad R_{A'B'} = \frac{3R}{4}. \tag{1}$$

Как видно из рисунка, полная схема аналогична части с сопротивлением $R_{A'B'}$. Тогда

$$R_{AB} = \frac{3R_{A'B'}}{4} = \frac{9R}{16} \tag{2}$$

Откуда

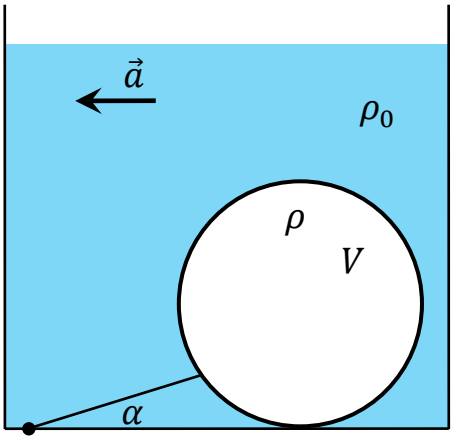
$$R = \frac{16}{9} R_{AB} = \frac{16 \cdot 18}{9} = 32 \text{ Ом} \tag{3}$$

Ответ: сопротивление каждого резистора равно 32 Ом.

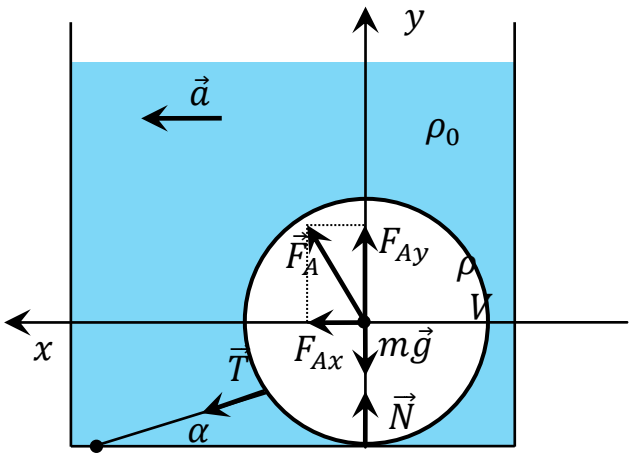
Критерии оценивания:

1.	Нарисована эквивалентная схема	-	5
2.	Вычислено сопротивление участка $A'B'$ (1)	-	2
3.	Вычислено сопротивление между A и B (2)	-	2
4.	Определено сопротивление R (3) записан ответ	-	1
	Всего	-	10

Задача 3. Алюминиевый шар помещен в сосуд с водой и прикреплен нитью ко дну. Шар имеет объем V и плотность ρ, плотность воды ρ_0, угол между нитью и дном сосуда равен α. Найти силу, с которой шар давит на дно, если сосуд движется горизонтально с ускорением a.



Решение. Запишем второй закон Ньютона, учитывая силы, действующие на шар



$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{T} + \vec{F}_A \, . \qquad (1)$$

Так как сосуд двигается с горизонтальным ускорением, то к вертикальной составляющей силы Архимеда добавится и горизонтальная, по величине равная $F_{Ax} = \rho_0 V a$. С учетом этой дополнительной составляющей, уравнение (1) в проекциях на оси x и y запишутся как

$$x: \quad ma = T\cos\alpha + \rho_0 V a \qquad (2)$$

$$y: \quad 0 = N - mg + \rho_0 V g - T\sin\alpha \qquad (3)$$

Из (3) получим

$$N = mg - \rho_0 V g + T\sin\alpha = (\rho - \rho_0)Vg \; + T\sin\alpha \qquad (4)$$

из (2)

$$T = \frac{(\rho-\rho_0)Va}{\cos\alpha} \qquad (5)$$

Подставляя (5) в (4)

$$N = (\rho - \rho_0)Vg + (\rho - \rho_0)Va\,\mathrm{tg}\,\alpha = (\rho - \rho_0)V(g + a\,\mathrm{tg}\,\alpha)\,. \qquad (6)$$

Ответ: $N = (\rho - \rho_0)V(g + a\,\mathrm{tg}\,\alpha)$

Критерии оценивания:

1.	Записан второй закон Ньютона (1)	-	1
2.	Учтено наличие горизонтальной составляющей силы Архимеда	-	2
3.	Записаны уравнения в проекциях (2) и (3)	-	2
4.	Выполнены преобразования (исключено *T*)	-	1
4.	Получена формула для *N*	-	2
	Всего	-	8

Задача 4. При помещении 30 г льда, имеющего температуру $-20℃$, добавили 50 г в калориметр, в котором находится 50 г воды температуре 60^{o}C, он полностью растаял, а температура воды стала равна 4,28 ^{o}C. Определить удельную теплоту плавления льда и округлить ответ до целых. (Удельная теплоемкость льда и воды равны $2{,}1\ \frac{\text{Дж}}{\text{г}\cdot℃}$ и $4{,}2\ \frac{\text{Дж}}{\text{г}\cdot℃}$).

Решение. Так как весь лед растаял, то уравнение теплового баланса запишется как

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

где t - установившаяся температура воды в калориметре.

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

Подставляя значения величин, получим

$$\lambda = \cong 330\,\frac{\text{Дж}}{\text{г}}. \quad (5)$$

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. На ленту горизонтального транспортера положили брусок, сообщив ему начальную скорость $v_0 = 5$ м/с, направленную против движения ленты. Через 4 с после этого скорость бруска стала равна скорости ленты. Чему равна скорость ленты, если коэффициент трения между бруском и лентой равен $\mu = 0{,}2$?

Решение. В системе отсчета, связанной с лентой начальная скоростью бруска равна

$$v_б = v + v_0, \quad (1)$$

где v - скорость движения ленты. Так как на брусок действует сила трения $F_{тр} = \mu mg$, где m - масса бруска, то из второго закона Ньютона

$$ma = \mu mg, \quad (2)$$

можно найти ускорение бруска относительно ленты

$$a = \mu g. \quad (3)$$

Тогда, зависимость от времени скорости бруска относительно ленты запишется в виде

$$v_б(t) = v_0 + v - \mu g t. \quad (4)$$

Когда скорость бруска станет равной скорости ленты, его относительная скорость станет равной нулю, т.е. для момента остановки

$$0 = v_0 + v - \mu g t. \quad (5)$$

Тогда, для скорости ленты получим

$$v = \mu g t - v_0. \quad (6)$$

Подставляя данные из условия задачи, получим

$$v = 0.2 \cdot 10 \cdot 4 - 5 = 3 \text{ м/с}. \quad (7)$$

Ответ: скорость ленты равна 3 м/с.

Критерии оценивания:

1.	Выбрана система отсчета, связанная с лентой	-	2
2.	Найдена начальная скорость бруска в системе отсчета, связанной с лентой	-	1
3.	Найдено ускорение силы трения (3)	-	1
4.	Записан закон движения (4)	-	2
5.	Записано условие остановки (5)	-	2
6.	Получена формула для скорости ленты (6)	-	1
5.	Сделаны вычисления (7) и записан ответ	-	1
	Всего	-	10

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

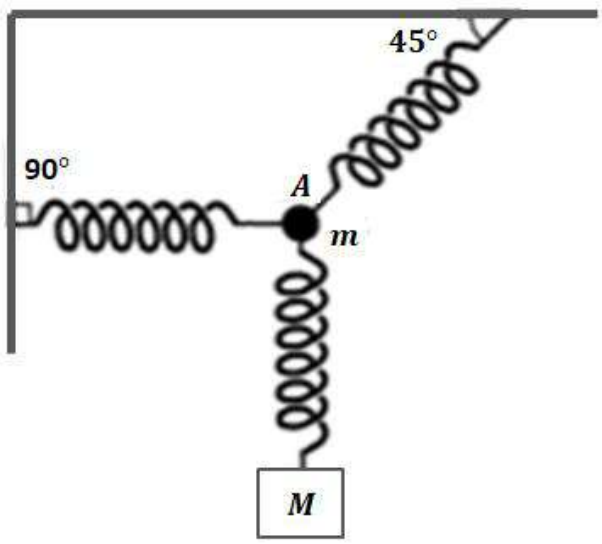
Время проведения – **3 часа 50 мин (230 минут)**.
Верное решение каждого задания оценивается в 10 баллов.
Максимальное количество баллов – **50**.

Особенности проведения:

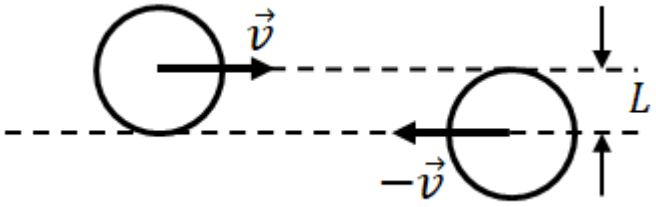
Участники олимпиады по физике могут использовать *непрограммируемый калькулятор с возможностью вычисления тригонометрических функций (cos, sin, tg), линейку и карандаш. Во время решения могут пользоваться черновиком. Записи в черновике не учитываются при оценивании работы.*

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

Задача 1. Груз массой M и шарик массой m висят на трех невесомых пружинах одинаковой жесткостьи (см. рисунок). Верхняя пружина отрывается от шарика в точке A. Определите ускорение $\vec{a}$ (модуль и направление) шарика в начальный момент после отрыва.



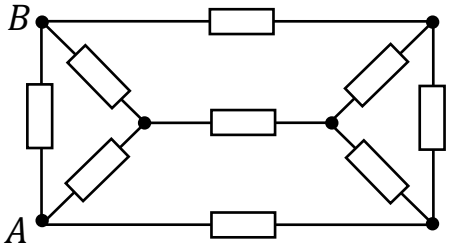
Задача 2. Навстречу друг другу с одинаковыми скоростями летят два одинаковых шара радиусами R (смотри рисунок). Расстояние между линиями движения центров шаров $L = R$. На какой угол α повернется вектор скорости каждого из шаров после удара? Удар считать абсолютно упругим, шары – идеально гладкими.



Задача 3. Процесс нагревания одного моля аргона проводят так, что внутренняя энергия газа пропорциональна квадрату объёма, который он занимает. При нагревании газу сообщили количество теплоты $Q = 20$ Дж. Каково изменение ΔU внутренней энергии газа в таком процессе?

Задача 4. Четыре одинаковых маленьких шарика с массой m и зарядом q каждый удерживают в вершинах квадрата со стороной a. Один шарик отпускают, продолжая удерживать остальные неподвижно, какую скорость наберет освобожденный шарик, удалившись на большое расстояние?

Задача 5. Найти сопротивление между точками A и B цепи, изображенной на рисунке, если все сопротивления одинаковые и равны R.



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**.

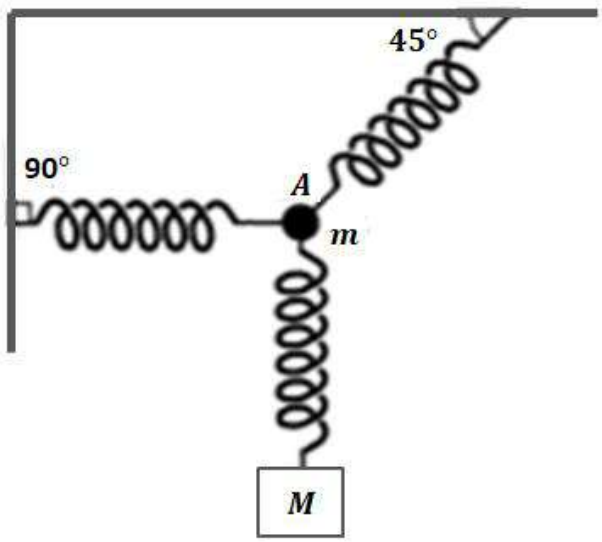
Рекомендации по оцениванию выполненных заданий

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

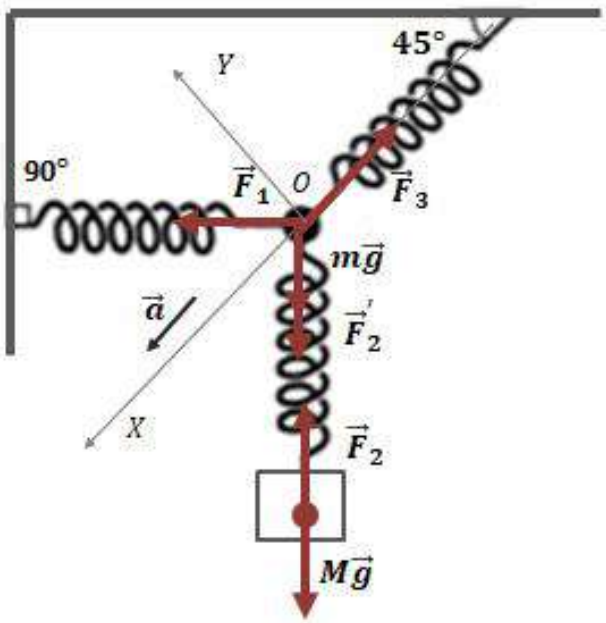
Баллы	Правильность (ошибочность) решения
10	Полное верное решение
9	Верное решение. Имеются небольшие недочеты, в целом не влияющие на решение
6-8	Решение в целом верное, однако, содержит существенные ошибки (не физические, а математические).
5	Найдено решение одного из двух возможных случаев
3-4	Есть 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. Груз массой M и шарик массой m висят на трех невесомых пружинах одинаковой жесткостьи (см. рисунок). Верхняя пружина отрывается от шарика в точке A. Определите ускорение $\vec{a}$ (модуль и направление) шарика в начальный момент после отрыва.



Возможное решение

Рассмотрим силы, действующие на шарик массой m, до того как верхняя пружина оторвется (см. рисунок).



В выбранной системе координат, как показано на рисунке, условия равновесия шарика запишутся уравнениями:

$$F_1 \cos 45° + (F_2 + mg) \sin 45° - F_3 = 0 \qquad (1)$$

$$F_1 \sin 45° - (F_2 + mg)\cos 45° = 0. \quad (2)$$

Условие покоя груза M

$$\vec{F_2'} = F_2 = Mg. \quad (3)$$

Решая систему уравнений (1-3), получим

$$F_3 = \sqrt{2}(M + m)g. \quad (4)$$

В начальный момент после отрыва пружины на шарик m будут действовать силы $m\vec{g}, \vec{F_1}, \vec{F_2}$. Следовательно, его ускорение будет направлено вдоль оси X и равно

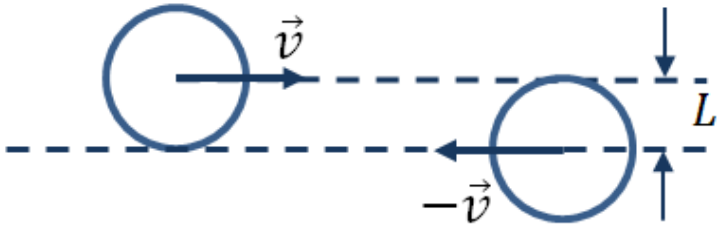
$$a = \frac{F_3}{m} = \frac{\sqrt{2}(M + m)g}{m}. \quad (5)$$

Ответ: ускорение направлено вдоль оси X, $a = \frac{F_3}{m} = \frac{\sqrt{2}(M+m)g}{m}$.

Критерии оценивания:

1.	Правильно расставлены силы, действующие на грузы	-	1
2.	Правильно записаны уравнения равновесия шарика m (1) и (2)	-	2
3.	Правильно записано уравнение равновесия груза M (3)	-	1
4.	Получено верное выражение для силы F_3 (4)		2
5.	Правильно определено направление ускорения		3
6.	Получено верное выражение для ускорения (5)	-	1
	Всего	-	10

Задача 2. Навстречу друг другу с одинаковыми скоростями летят два одинаковых шара радиусами R (смотри рисунок). Расстояние между линиями движения центров шаров $L = R$. На какой угол α повернется вектор скорости каждого из шаров после удара? Удар считать абсолютно упругим, шары – идеально гладкими.



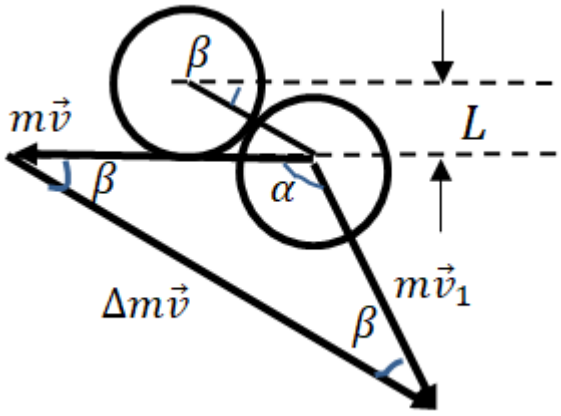
Возможное решение

Обозначим через $\vec{v}_1$ и $\vec{v}_2$ скорости шаров после удара. Используя законы сохранения импульса и энергии

$$m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2 = 0, \quad (1)$$

$$\frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} = mv^2, \quad (2)$$

находим, что $v_1 = v_2 = v$, т.е. модули скоростей шаров после удара останутся прежними. Из предположения о кратковременности удара и отсутствия трения следует, что приращение импульса каждого из шаров направлено параллельно прямой, соединяющей центры шаров в момент удара.



Из рисунка видно, что

$$\alpha + 2\beta = \pi, \qquad \sin\beta = \frac{L}{2}R. \tag{3}$$

Отсюда получаем ответ:

$$\alpha = \pi - 2arcsin\frac{L}{2R} = \frac{2\pi}{3}.$$

Ответ: $\frac{2\pi}{3}$

Критерии оценивания:

1.	Записан закон сохранения импульса	-	2
2.	Записан закон сохранения механической энергии		1
3.	Найдены скорости шаров после удара		1
4.	Обосновано направление приращения импульса каждого шара	-	3
5.	Приведены формулы (3)	-	2
6.	Проведены расчеты, получен правильный ответ	-	1
	Всего	-	10

Задача 3. Процесс нагревания одного моля аргона проводят так, что внутренняя энергия газа пропорциональна квадрату объёма, который он занимает. При нагревании газу сообщили количество теплоты $Q = 20$ Дж. Каково изменение ΔU внутренней энергии газа в таком процессе?

Возможное решение

По условию

$$U \sim V^2$$

Внутренняя энергия одноатомного идеального газа равна $U = \frac{3}{2}\nu RT$. Тогда в соответствии с уравнением Менделеева–Клапейрона $\nu RT = pV$ получаем, что в данном процессе $p \sim V$.

Работу, совершённую газом, можно найти, вычислив площадь под графиком зависимости p от V, которая равна

$$A = \frac{1}{2}(p_1 + p_2)(V_2 - V_1) = \frac{1}{2}(p_1V_2 - p_1V_1 + p_2V_2 - p_2V_1) \qquad (1)$$

Поскольку $p \sim V$, то $p_1V_2 = p_2V_1$ и

$$A = \frac{1}{2}(p_2V_2 - p_1V_1) = \frac{1}{2}\nu R\Delta T \qquad (2)$$

Изменение внутренней энергии $U = \frac{3}{2}\nu R\Delta T$. Согласно первому закону термодинамики $Q = \Delta U + A$. В данном процессе

$$Q = \Delta U + \frac{\Delta U}{3} = \frac{4}{3}\Delta U \qquad (3)$$

Отсюда

$$\Delta U = \frac{3}{4}Q = 15 \text{ Дж}. \qquad (4)$$

Ответ: $\Delta U = \frac{3}{4}Q = 15$ Дж

Критерии оценивания:

1.	Обоснована пропорциональность $p \sim V$	-	3
2.	Записана формула для работы газа (1)	-	1
3.	Получена формула для работы газа (2)	-	2
4.	Записано 1-е начало термодинамики (3)	-	2
5.	Получена расчетная формула для ΔU и численный ответ	-	2
	Всего	-	10

Задача 4. Четыре одинаковых маленьких шарика с массой m и зарядом q каждый удерживают в вершинах квадрата со стороной a. Один шарик отпускают, продолжая удерживать остальные неподвижно, какую скорость наберет освобожденный шарик, удалившись на большое расстояние?

Возможное решение

Будем считать шарики маленькими, а заряды точечными. Потенциальная энергия системы четырех точечных зарядов, размещенных в вершинах квадрата со стороной a, равна:

$$W_1 = \frac{4kq^2}{a} + \frac{2kq^2}{a\sqrt{2}}. \quad (1)$$

Так как один шарик удалился на большое расстояние, то его потенциальной энергией можно пренебречь. Тогда потенциальная энергия системы трех оставшихся точечных зарядов, равна:

$$W_2 = \frac{2kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a\sqrt{2}}. \quad (2)$$

Закон сохранения энергии:

$$\frac{4kq^2}{a} + \frac{2kq^2}{a\sqrt{2}} = \frac{2kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a\sqrt{2}} + \frac{mv^2}{2}, \quad (3)$$

откуда

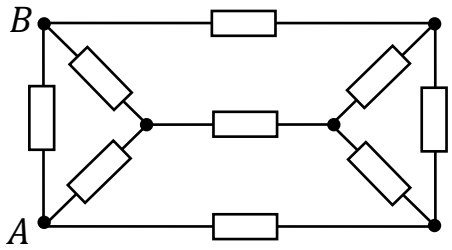
$$v = q\sqrt{\frac{k\left(4+\sqrt{2}\right)}{ma}}. \quad (4)$$

Ответ: $v = q\sqrt{\frac{k\left(4+\sqrt{2}\right)}{ma}}$.

Критерии оценивания:

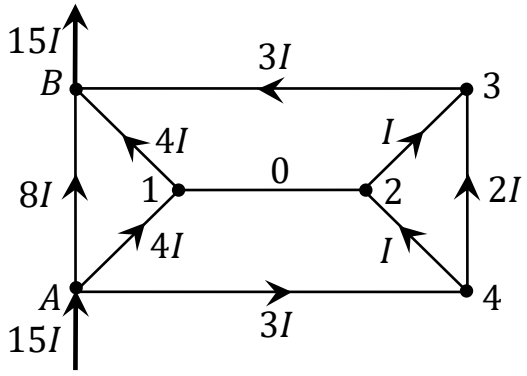
1.	Правильно записана начальная потенциальная энергия системы (1)	-	3
2.	Правильно записана конечная потенциальная энергия системы (2)	-	3
3.	Правильно применен закон сохранения энергии (3)	-	3
4.	Получен верный ответ	-	1
	Всего	-	10

Задача 5. Найти сопротивление между точками А и В цепи, изображенной на рисунке, если все сопротивления одинаковые и равны R.



Возможное решение

Пусть ток протекает из точки А в точку В. Вычислим токи на разных участках цепи



Пусть ток на участке 4-2 равен $I_{42} = I$. Тогда по симметрии ток $I_{23} = I$ и тогда из закона сохранения заряда следует что на участке 4-2 ток отсутствует. Так как сопротивление участка 4-2-3 в 2 раза больше сопротивления участка 4-3, то ток на участке 2-3 будет, наоборот в 2 раза больше тока I_{42}, т.е. $I_{43} = 2I$. Из закона сохранения заряда следует, что $I_{A4} = 3I$. Падение напряжения на участке $A - B$ равно сумме падений напряжения на участках $A - 4$, $4 - 3$, $3 - B$ откуда

$$8IR = I_{AB}R \quad (1)$$

откуда следует, что $I_{AB} = 8I$ и, аналогично участкам 4-2-3 и 4-3, $I_{A1} = I_{1B} = 4I$. Таким образом, полный ток, входящий в точку A

$$I_A = 3I + 4I + 8I = 15I \quad (2)$$

Тогда, согласно закону Ома

$$I_A R_x = 8IR,\ 15IR_x = 8I \quad (3)$$

$$R_x = \frac{8}{15}R. \quad (4)$$

Ответ: $R_x = \frac{8}{15}R$.

Критерии оценивания:

1. Использование симметрии для определение токов - 1
2. Вывод, что $I_{21} = 0$. - 2
3. Нахождение значений токов на всех участках - 5
4. Вычисление сопротивления R_x - 2

Всего - 10