Всероссийская олимпиада школьников по физике

2020–2021 учебный год

Муниципальный этап

Свердловская область

**9 класс**

**Инструкция для проверяющих:**

**Проверка отдельной задачи**

При проверке каждой задачи проверяющий заполняет таблицу, которая соответствует критериям проверки.

Для этого необходимо к каждой работе в начале проверки прикрепить лист проверки из 2-х страниц, в который заносятся результаты. Можно распечатать обе страницы на одном листе с 2-х сторон.

## Лист находится далее, его необходимо распечатать в нужном количестве.

**ЛИСТ ПРОВЕРКИ**

## **Задача 1. Опыты со льдом (10 баллов)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Критерий оценивания** | **Значение** | **Макс** | **Балл** |
| Использование закона сохранение массы при замерзании воды в формочке для связи объема и плотности воды и льда | (1) | 2 |  |
| Оценка изменения объема воды в кювете через погруженную в воду часть кубика льда |  | 2 |  |
| Вывод условия плавания кубика льда | (2) | 2 |  |
| Получен аргументированный ответ, что вода в случае добавления первого кубика льда не выльется, то есть объем вылившейся воды равен нулю | 0 мл | 2 |  |
| Получен аргументированный ответ, что в случае добавления второго кубика льда из кюветы выльется 100 мл | 100 мл | 2 |  |

## **Задача 2. Прогулка (10 баллов)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Критерий оценивания** | **Значение** | **Макс** | **Балл** |
| Сделан рисунок, на котором правильно показано расположение точки старта Виталия (на параллельной границе стороне) |  | 1 |  |
| Записано выражение, связывающее общее время в пути и размеры прямоугольника | Формула (1) | 3 |  |
| Записано выражение для площади прямоугольника, как функции стороны или другого подходящего параметра | Формула (3) или аналогичная | 2 |  |
| Догадка о том, что функция S(x) является квадратичной |  | 2 |  |
| Найдена длина стороны прямоугольника, перпендикулярной границе (расстояние может быть найдено участником в численном виде, без расчетной формулы) | 14 км | 1 |  |
| Найдена длина стороны прямоугольника, перпендикулярной границе (расстояние может быть найдено участником в численном виде, без расчетной формулы) | 7 км | 1 |  |

## **Задача 3. И снова лёд (10 баллов)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Критерий оценивания** | **Значение** | **Макс** | **Балл** |
| Утверждение о том, что первом этапе эксперимента добавляемая вода будет замерзать и увеличивать массу льда |  | 3 |  |
| Получено уравнения теплового баланса для первого этапа эксперимента, когда температуру доводили до 0С | (1) | 2 |  |
| Записано уравнение теплового баланса для случая, когда добавляли кипящую воду | (2) | 2 |  |
| Получен ответ для температуры льда | $-30\pm 1$°С | 3 |  |

## **Задача 4. Звездочка алая (15 баллов)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Критерий оценивания** | **Значение** | **Макс** | **Балл** |
| Составлена система уравнений, включающая в себя все измерения |  | 3 |  |
| Верно определены значения сопротивлений для каждого измерения.  | $$12,31 кОм$$$$3,9 кОм$$$$846 Ом$$$$3,25 кОм$$ | 6 |  |
| Верно найдены значения сопротивлений | R1 = 744-748 ОмR2 = 95-98 ОмR3 = 3.1-3.2 кОмR4 = 12.2 кОм | 6 |  |
| Частично верно найдены значения сопротивлений | 3 |  |

## **Задача 1. Опыты со льдом**

Вовочка проводит опыт со льдом, ему интересен эффект расширения льда при замерзании. Он взял кювету с водой объемом 1 литр и прямоугольную форму для льда. Вода в кювете налита до краев. Он аккуратно вычерпал из кюветы 100 мл воды и заморозил их в формочке. После этого он планирует так же аккуратно отпустить лёд плавать в кювету и определить объем вылившейся воды. Какой объем воды выльется из кюветы? После этого он решил добавить в кювету еще один точно такой же кубик льда. Какой объем воды выльется в этом случае?

### **Решение:**

При замерзании воды в формочке ее масса не изменяется, меняется только объем и плотность. Запишем условие равенства масс воды/льда в формочке:

$V\_{воды}⋅ρ\_{воды}=V\_{льда}⋅ρ\_{льда}$ (1)

По условию задачи сказано, что лёд плавает в кювете, соответственно, часть воды будет вытеснена льдом, что приведет к повышению уровня воды в кювете. В то же время часть льда остается вне воды, что приведет к понижению уровня воды. Оценим изменение объема с помощью уравнения для условия плавания тела.

Выталкивающая сила воды: $F\_{в}=W⋅ρ\_{воды}⋅g$, где W – объем вытесненной льдом воды. Сила тяжести со стороны льда:$ F\_{л}=V\_{льда}⋅ρ\_{льда}⋅g$

Из равенства этих сил получаем:

$V\_{льда}⋅ρ\_{льда}=W⋅ρ\_{воды}$ (2)

Сравнив полученное уравнение с законом сохранения массы льда при замерзании (выражения (1) и (2)), мы приходим к выводу, что объем вытесненной воды будет полностью совпадать с объемом воды, отобранной для заморозки:

$V\_{воды}⋅ρ\_{воды}=W⋅ρ\_{воды}$ и значит $V\_{воды}=W$ (3)

Соответственно, вода не выльется из кюветы, то есть ответ на первый вопрос – ноль.

Как только он добавит еще один кубик, из кюветы выльется объем воды, как мы уже установили с помощью формулы (3), совпадающий с объемом воды в форме до заморозки. Поскольку кубик льда был точно такой же, ответ – 100 мл.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Критерий оценивания** | **Значение** | **Балл** |
| Использование закона сохранение массы при замерзании воды в формочке для связи объема и плотности воды и льда | (1) | 2 |
| Оценка изменения объема воды в кювете через погруженную в воду часть кубика льда |  | 2 |
| Вывод условия плавания кубика льда | (2) | 2 |
| Получен аргументированный ответ, что вода в случае добавления первого кубика льда не выльется, то есть объем вылившейся воды равен нулю | 0 мл | 2 |
| Получен аргументированный ответ, что в случае добавления второго кубика льда из кюветы выльется 100 мл | 100 мл | 2 |

## **Задача 2. Прогулка**

Турист Виталий прилетел в город N для осмотра достопримечательностей. В первый день он решил просто прогуляться по городу в течение времени $t=4 ч$ таким образом, чтобы его траектория представляла собой прямоугольник и охватывала как можно большую площадь. Город N разбит на два района: исторический, в котором можно двигаться только пешком, развивая максимальную скорость $v\_{1}=5 км/ч$, и современный, в котором можно взять напрокат велосипед и двигаться со скоростью $v\_{2}=15 км/ч$ (если ехать быстрее, можно получить штраф). Граница между районами представляет собой прямую линию, а все улицы либо параллельны, либо перпендикулярны ей. Найдите длины сторон прямоугольника, вдоль границы которого следует гулять Виталию, если его гостиница находится в историческом районе на расстоянии $d=1 км$ от границы, а длина квартала составляет 100 м в обоих направлениях.

### **imageРешение**

Обозначим за $x,y$ стороны прямоугольника. Для того, чтобы его площадь была максимальной, Виталию выгодно как можно большую часть пути находиться в современном (С) районе. Оптимальное с учётом этого соображения расположение его траектории относительно границы районов показано на рисунке. Тогда общее время движения Виталия можно найти как

$t=\frac{2d}{v\_{1}}+\frac{y}{v\_{2}}+\frac{2(x-d)}{v\_{2}}+\frac{y}{v\_{1}}.$ (1)

По условию, это время должно быть постоянным. Выразим отсюда сторону $y$:

$y=\frac{2d\left(v\_{1}-v\_{2}\right)+v\_{1}(tv\_{2}-2x)}{v\_{1}+v\_{2}}.$ (2)

Площадь прямоугольника $S=xy$, её можно записать как

$S=-\frac{2v\_{1}}{v\_{1}+v\_{2}}⋅x^{2}+\frac{2d(v\_{1}-v\_{2})+tv\_{1}v\_{2}}{v\_{1}+v\_{2}}⋅x=ax^{2}+bx.$ (3)

График функции $S(x)$ будет представлять собой параболу, ветви которой направлены вниз (поскольку коэффициент $a$ отрицателен). Тогда максимум площади прямоугольника будет соответствовать вершине параболы, координату которой найдём по формуле

$x\_{m}=-\frac{b}{2a}=-\frac{\frac{2d(v\_{1}-v\_{2})+tv\_{1}v\_{2}}{v\_{1}+v\_{2}}}{-2⋅\frac{2v\_{1}}{v\_{1}+v\_{2}}}=\frac{d}{2}\left(1-\frac{v\_{2}}{v\_{1}}\right)+\frac{tv\_{2}}{4}=14 км.$ (4)

Это расстояние кратно длине квартала, следовательно, длина стороны прямоугольника, перпендикулярной границе, составляет 14 км.

Подставив полученную величину в (2), получим выражение для параллельной границе стороны:

$y\_{m}=\frac{d(v\_{1}-v\_{2})+\frac{tv\_{1}v\_{2}}{2}}{v\_{1}+v\_{2}}=7 км.$ (5)

Найденное расстояние также кратно длине квартала.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Критерий оценивания** | **Значение** | **Балл** |
| Сделан рисунок, на котором правильно показано расположение точки старта Виталия (на параллельной границе стороне) |  | 1 |
| Записано выражение, связывающее общее время в пути и размеры прямоугольника | Формула (1) | 3 |
| Записано выражение для площади прямоугольника, как функции стороны или другого подходящего параметра | Формула (3) или аналогичная | 2 |
| Догадка о том, что функция S(x) является квадратичной |  | 2 |
| Найдена длина стороны прямоугольника, перпендикулярной границе (расстояние может быть найдено участником в численном виде, без расчетной формулы) | 14 км | 1 |
| Найдена длина стороны прямоугольника, перпендикулярной границе (расстояние может быть найдено участником в численном виде, без расчетной формулы) | 7 км | 1 |

## **Задача 3. И снова лёд**

Вовочка продолжает опыты со льдом. Он взял калориметр и положил туда весь оставшийся от прошлых экспериментов лёд из морозилки. К сожалению, он не знает температуру льда, а термометра, который может измерять отрицательные температуры, у него нет. Тогда он стал медленно наливать в калориметр воду температуры 20°С с целью нагреть лёд до температуры 0°С. После этого он решил растопить весь лёд в калориметре и начал наливать туда только что закипевшую воду температуры 100°С. Выяснилось, что для этого нужно было налить в 6 раз больше воды, чем он наливал когда нагревал лед, причем после того как весь лед растаял, температура в калориметре сохранилась на отметке 0°С. Какая исходная температура была у льда? Теплоемкостью калориметра пренебречь. Теплоемкости: воды $C\_{в}=4.2 кДж/кг⋅°С$, льда $C\_{л}=2.1 кДж/кг⋅°С$, теплота плавления льда $λ=333 кДж/кг$.

### **Решение:**

Когда в калориметр наливали теплую воду, там шло два процесса: замерзание воды и нагрев льда. Сам лед при этом не таял. Мы можем записать уравнение теплового баланса в этом случае. Пусть $m\_{в}$ – масса налитой воды с температурой 20°С, $m\_{л}$ – масса льда.

$m\_{в}C\_{в} (20-0)+λm\_{в}+m\_{л}C\_{л} (T\_{л}-0)=0$ (1)

Мы знаем, что когда в калориметр начали заливать кипящую воду, для полного расправления льда потребовалось ровно в 6 раз больше воды, чем наливали ранее. Поскольку вся вода, которую наливали до этого, замерзла, масса льда в калориметре увеличилась (масса воды сохраняется при замерзании):

$6 m\_{в}C\_{в} (100-0)=(m\_{л}+m\_{в}) λ$ (2)

Выразим массу льда из первого уравнения и подставим во второе:

$$m\_{л}=-\frac{20 m\_{в}C\_{в} + λm\_{в}}{C\_{л} T\_{л}}$$

Массу воды можно сократить, после чего получаем уравнение такого вида:

$$(1-\frac{20C\_{в} + λ}{C\_{л} T\_{л}}) λ=600C\_{в}$$

Из него мы можем найти температуру льда:

$T\_{л}=-\frac{λ}{C\_{л}}\frac{C\_{в} 20 + λ}{6C\_{в}100-λ}=-\frac{333}{2.1}\frac{4.2⋅20+333}{6⋅4.2⋅100-333}=-30$°С.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Критерий оценивания** | **Значение** | **Балл** |
| Утверждение о том, что первом этапе эксперимента добавляемая вода будет замерзать и увеличивать массу льда |  | 3 |
| Получено уравнения теплового баланса для первого этапа эксперимента, когда температуру доводили до 0С | (1) | 2 |
| Записано уравнение теплового баланса для случая, когда добавляли кипящую воду | (2) | 2 |
| Получен ответ для температуры льда | $-30\pm 1$°С | 3 |

## **Задача 4. Звездочка алая**

На фотографиях (рисунки 1-4) приведены измерения сопротивления схемы из четырех резисторов мультиметром в режиме омметра.



Рисунок 1 – измерение сопротивления между выводами 1 и 2

Рисунок Рисунок 2 – измерение сопротивления между выводами 2 и 3



Рисунок 3 - измерение сопротивления между выводами 1 и 3



Рисунок 4 – измерение сопротивления между выводами 2 и 4

Определите по имеющимся данным сопротивление каждого резистора. Резисторы можно пронумеровать согласно номерам выводов.

***Примечание:*** Мультиметр – комбинированный прибор, позволяющий измерять различные электрические величины: силу тока, напряжение, сопротивление. Мультиметры часто имеют возможность измерять эти величины в различных диапазонах, переключение между которыми осуществляется с помощью поворотной рукояти. Кратные единицы обозначаются латинскими и греческими буквами: k – кило, m – милли, μ – микро.

### **Решение**

Составим систему уравнений:

$$R\_{2}+R\_{4}=12,31 кОм$$

$$R\_{1}+R\_{3}=3,9 кОм$$

$$R\_{1}+R\_{2}=846 Ом$$

$$R\_{2}+R\_{3}=3,25 кОм$$

Следует обратить внимание, что на рисунке 1 мультиметр стоит на пределе 2000 Ом, а на остальных рисунках на пределе 20 кОм. В связи с этим на рисунке 1 значения в омах, а на остальных в килоомах.

Решая систему уравнений, получаем следующие значения сопротивления резисторов:

R1 = 745 Ом

R2 = 95 Ом

R3 = 3.15 кОм

R4 = 12.21 кОм

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Критерий оценивания** | **Значение** | **Балл** |
| Составлена система уравнений, включающая в себя все измерения |  | 3 |
|
| Верно определены значения сопротивлений для каждого измерения.  | $$12,31 кОм$$$$3,9 кОм$$$$846 Ом$$$$3,25 кОм$$ | 6 |
|
| Верно найдены все значения сопротивлений | R1 = 744-748 ОмR2 = 95-98 ОмR3 = 3.1-3.2 кОмR4 = 12.2 кОм | 6 |
| Частично верно найдены значения сопротивлений | 3 |

##