

**ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ 2021-2022
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. КАЛУЖСКАЯ ОБЛАСТЬ
8 КЛАСС**

Задание разработано доцентом кафедры физики и математики КГУ им. К.Э. Циолковского М.С. Красиным. В подготовке задания 4 принимали участие А.И. Осипов, Е.А. Осипова (КГУ им. К.Э. Циолковского)

Возможные решения, рекомендуемые критерии оценки

1. **«Сдвинуть грузик».** (10 баллов) Дим Димыч, отдыхая на дачном участке, поспорил с фиксиками, что они не смогут сдвинуть с дощатого стола гирьку, массой 50 г. Нолик и Файер решили доказать, что смогут это сделать. Чтобы выиграть спор они воткнули в расщелину между досками стола кусочек спички так, чтобы спичка не качалась. Притащили зубочистку, на которой были заметны полоски равной длины. Расположили её так как, что один из концов зубочистки касался гирьки, зубочистка также касалась и спички, а с противоположного края фиксика стали толкать зубочистку, воспользовавшись импровизированным рычагом. Вид сверху на данную ситуацию изображён на рисунке 1. Смогут ли Нолик и Файер сдвинуть гирьку, если коэффициент трения гирьки о доски стола равен 0,2. Максимальная сила толкания Нолика равна 0,01 Н, а максимальная сила толкания Файера 0,02 Н.

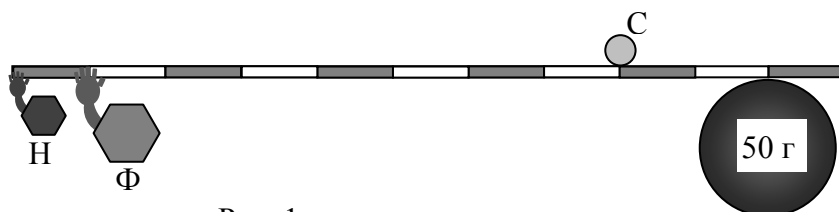


Рис. 1

1. **«Сдвинуть грузик».** **Возможное решение.** Максимальная сила трения, действующая на гирю равна $F = \mu mg$. Чтобы сдвинуть гирьку, сумма моментов сил Нолика и Файера должна быть хоть немного больше момента силы трения: $M_H + M_\Phi \geq M$.

Момент силы трения равен $M = F \cdot 2l = 2\mu mgl$,

момент силы Файера равен $M_\Phi = F_\Phi \cdot 7l$, момент силы Нолика равен $M_H = F_H \cdot 8l$

Проверим, выполняется ли условие $F_H \cdot 8l + F_\Phi \cdot 7l \geq 2\mu mgl$

$$F_H \cdot 8 + F_\Phi \cdot 7 \geq 2\mu mg$$

$$8 \cdot 0,01 \text{ Н} + 7 \cdot 0,02 \text{ Н} \geq 2 \cdot 0,2 \cdot 0,05 \cdot 10 \text{ Н}$$

$$0,08 \text{ Н} + 0,14 \text{ Н} \geq 0,2 \text{ Н}$$

$0,22 \text{ Н} > 0,2 \text{ Н}$ Значит, фиксика смогли сдвинуть гирьку!

Рекомендуемые критерии оценки.

Нахождение силы трения (числового значения или только формулы) 2 балла.

Понимание, что надо учитывать моменты сил 1 балл

Получение формулы момента силы трения 2 балла

Получение формулы момента силы толкания Нолика 1 балл

Получение формулы момента силы толкания Файера 1 балл

Запись правила моментов сил 1 балл

Получение расчётной формулы для сравнения 1 балл

Правильные вычисления итогового результата 1 балл

При ошибке в определении моментов сил, оценка не должна превышать 5 баллов

Если вместо абстрактной величины l используется некоторое числовое значение, то оценку не надо снижать.

2. **«Ледоруб со льдом».** (10 баллов) Любитель зимней рыбалки забыл на льду ледоруб. И ледоруб вмёрз в лёд. Весной кусок льда с ледорубом откололся от основного массива льда и оказался в воде. Утонет ли этот кусок в воде? *Справочные данные:* Плотность воды $1,0 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$, плотность льда $900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, плотность стали (ледоруба) $7,8 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$, масса ледоруба 3,9 кг, объём отколовшегося куска льда с ледорубом 30 л

2. «Ледоруб со льдом». Возможное решение:

$$\text{Объём куска льда с ледорубом } V_0 = 30 \text{ л} = 30 \text{ дм}^3 = 30000 \text{ см}^3 \quad (1)$$

$$\text{Объём ледоруба } V_1 = \frac{m_1}{\rho_c} = \frac{3900 \text{ г}}{7,8 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}} = 500 \text{ см}^3. \quad (2)$$

$$\text{Объём льда } V_2 = V_0 - V_1 = 29500 \text{ см}^3. \quad (3)$$

$$\text{Масса льда } m_2 = \rho_l V_2 = 0,9 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \cdot 29500 \text{ см}^3 = 26550 \text{ г} \quad (4)$$

$$\text{Плотность куска льда с ледорубом } \rho_0 = \frac{m_1 + m_2}{V_2} \quad (5)$$

$$\rho_0 = \frac{(3900 + 26550) \text{ г}}{30000 \text{ см}^3} = \frac{30450 \text{ г}}{30000 \text{ см}^3} = 1,015 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 1,02 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \quad (6)$$

Плотность больше плотности воды, значит, кусок утонет (7)

Рекомендуемые критерии оценки.

За каждый пункт (1), (2), (6) добавлять по 2 балла,

За каждый пункт (3), (4), (5), (7) добавлять по 1 баллу

Если в ответе указано больше трёх значащих цифр, то снизить оценку на 1 балл

Снижение балла за большое количество цифр в записи ответа объясняется необходимостью приобщения школьников к правилам округления при работе с приближёнными числами.

3. «Тепловое равновесие». (10 баллов) В теплоизолированном сосуде находилась вода массой 100 г при температуре 18°C. В сосуд положили серебряную ложку, нагретую до температуры 90°C. После этого температура воды увеличилась на 2°C. Определите массу ложки. Считайте, что удельная теплоёмкость воды равна 4200 Дж/(кг·°C), удельная теплоёмкость серебра 250 Дж/(кг·°C). Плотность серебра 10,5 $\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$, плотность воды 1,0 $\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$. Теплоёмкость сосуда пренебрежимо мала.

3. «Тепловое равновесие». Возможное решение: $c_B m_B \Delta t = c_C m_C (t_C - t_0 - \Delta t)$

$$m_C = \frac{c_B m_B \Delta t}{c_C (t_C - t_0 - \Delta t)} \quad m_C = 48 \text{ г}$$

Рекомендуемые критерии оценки.

Запись уравнения теплового баланса 5 баллов,

Преобразование уравнения в виде, удобном для расчёта массы ложки 3 балла

Вычисление 2 балла

За правильное решение методом подстановки чисел и обозначения искомой величины буквой x или решение по частям оценку не снижать в случае получения правильного ответа.

При неправильном решении, но наличии некоторых правильных формул, ставить до 3 баллов за задачу.

4. «Паровозик». (10 баллов) На рисунке представлены фотографии игрушечного паровозика, проезжающего мимо железнодорожной станции, в различные моменты времени.

4.1. Определите по ним скорость паровозика.

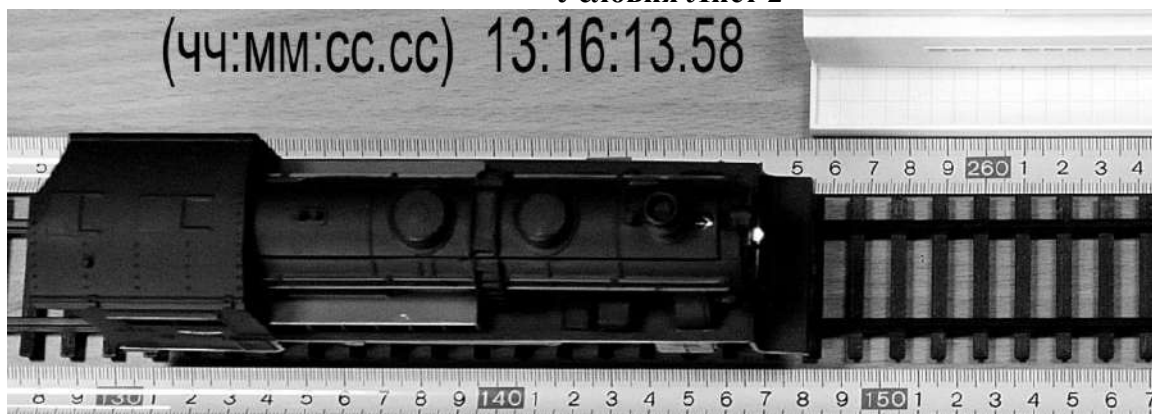
4.2. Найдите время, в течение которого паровозик проезжал мимо станции.

4.3. Постройте график зависимости пройденного паровозиком пути от времени. Для построения графика рекомендуется воспользоваться координатной сеткой на листе для решения.

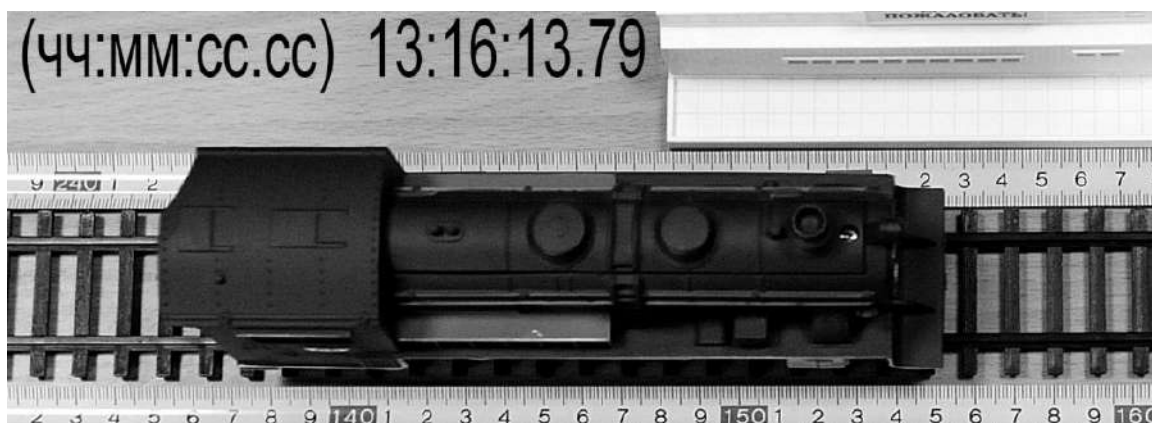
4.4. Найдите скорость паровозика по графику движения. Опишите, как Вы это сделали.

Справочная информация: Обозначение ЧЧ:ММ:СС:СС на фотографиях означает, что первые две цифры указывают часы, следующие две – минуты, следующие две – секунды, следующие две – сотые доли секунды.

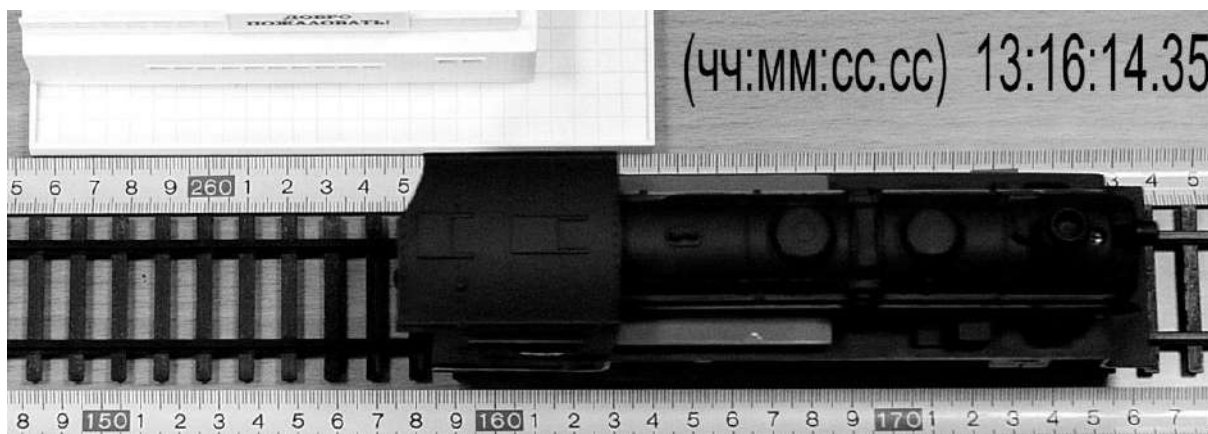
(ЧЧ:ММ:СС.СС) 13:16:13.58



(ЧЧ:ММ:СС.СС) 13:16:13.79



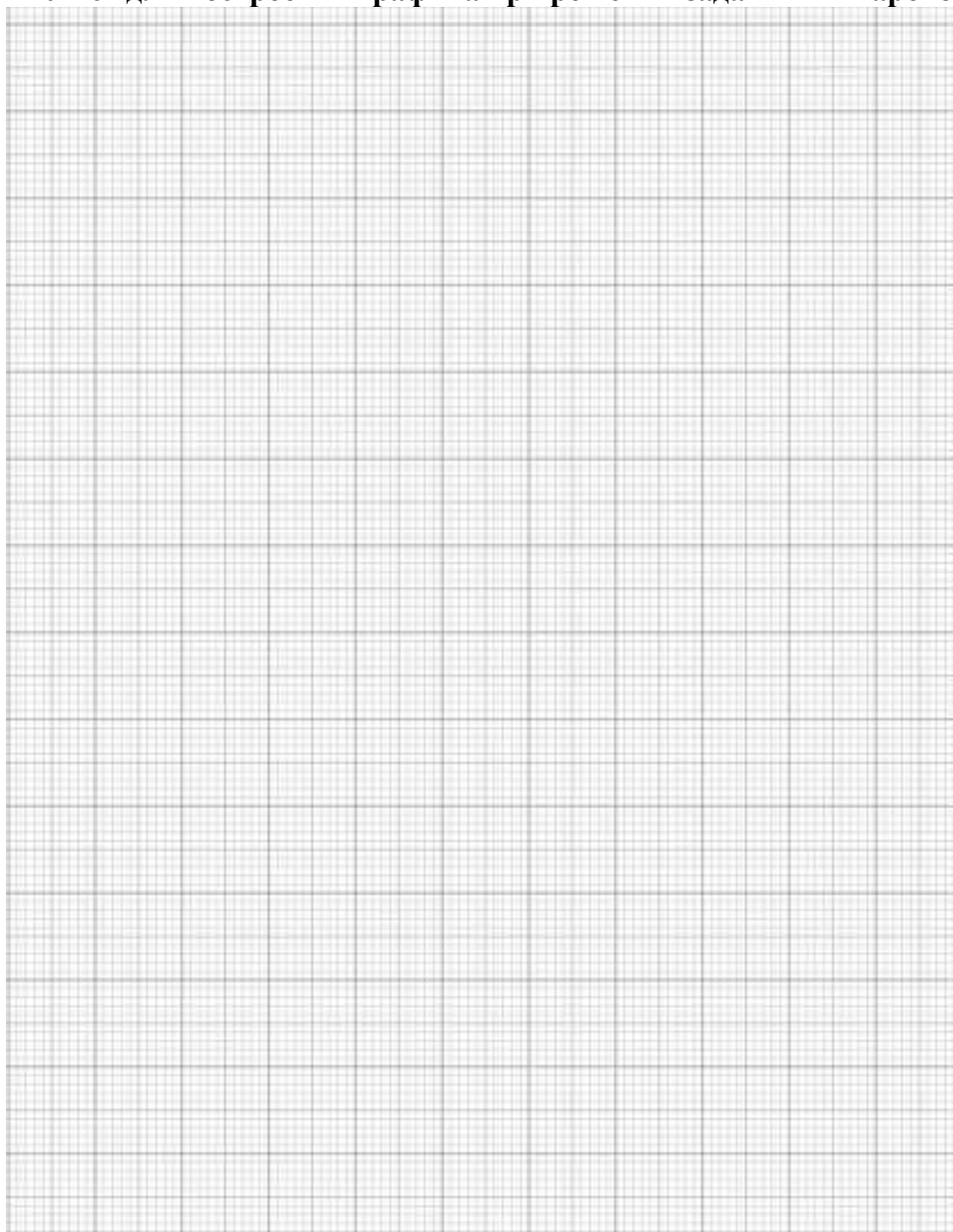
(ЧЧ:ММ:СС.СС) 13:16:14.35



(ЧЧ:ММ:СС.СС) 13:16:14.58



Лист для построения графика при решении задания 4 «Паровозик»



4. «Паровозик». Возможное решение:

4.1. Находим скорость паровозика. Составим таблицу, устанавливающую связь моментов времени и координат какой-то части паровозика (например, его передней части)

Таблица 1

| | | | | |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Момент времени, t, чч:мм:сс:сс | 13:16:13:58 | 13:16:13:79 | 13:16:14:35 | 13:16:14:58 |
| Координата передней части паровозика, x, мм | 1482 | 1551 | 1762 | 1835 |

Обращаем внимание, что по фотоснимкам сложно определить координату, поэтому она определяется с точностью до 2-3 мм.

Чтобы погрешность результата измерения была как можно меньше, следует находить пройденный путь по разности между координатами на первом снимке и на последнем.

Интервал времени движения с момента первого фотоснимка до последнего равен 1 с. За это время паровозик проехал 353 мм. Следовательно, скорость паровозика равна 353 мм/с.

Обращаем внимание, что из-за погрешности измерения, в том числе из-за эффекта параллакса, следует признать правильными значения скорости от 347 мм/с до 359 мм/с, если измерения проводились по первому и последнему снимку. Поскольку ошибка в 3 мм может

быть и при определении начальной координаты и конечной, то суммарная ошибка при определении пройденного пути может достигать 6 мм.

Если взять другой интервал движения, то результат будет несколько другим.

4.2. Находим время, за которое паровозик проехал мимо станции.

Способ первый. Можно заметить, что первый снимок фиксирует момент начала прохождения паровозика мимо станции. Последний снимок сделан немного позже, после того как паровозик проехал мимо станции. Поэтому, учитывая положение паровозика на предпоследнем снимке и время этого снимка можно сделать вывод, что искомое время приблизительно на 0,04 с меньше 1 с. Следовательно, оно приблизительно равно 0,96 с.

Способ второй. Можно заметить, длина станции равна 2714-2553 мм=161 мм. Длина паровозика 1835-1650 мм = 185 мм. Значит, проезжая мимо станции, он перемещается на расстояние 346 мм. Разделив это расстояние на скорость паровозика, получаем 0,98 с.

4.3. Строим график зависимости координаты от времени.

Составим таблицу взаимосвязи пройденного пути от времени. Интервалы времени находим по разности моментов времени, пройденные пути – по разности координат.

Таблица 2.

| | | | | |
|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Момент времени, t, чч:мм:сс:сс | 13:16:13:58 | 13:16:13:79 | 13:16:14:35 | 13:16:14:58 |
| Время движения Δt , с | 0,00 | 0,21 | 0,77 | 1,00 |
| Координата, x, мм | 1482 | 1551 | 1762 | 1835 |
| Путь, $s=\Delta x$, мм | 0 | 69 | 280 | 353 |

Для построения графика необходимо выбрать удобный масштаб.

На оси абсцисс будет отложено время. Время изменяется от 0 до 1,00 с.

Размеры координатного листа позволяют принять 1 деление равным 0,01 с.

По оси ординат будет отложен путь. Максимальный путь составляет 353 мм.

На координатном листе по вертикали помещается 140 малых делений. Значения пройденных путей почти кратны 35. Поэтому можно принять 10 малых делений (одно большое деление) равным 35 мм или 1 деление равным 3,5 мм.

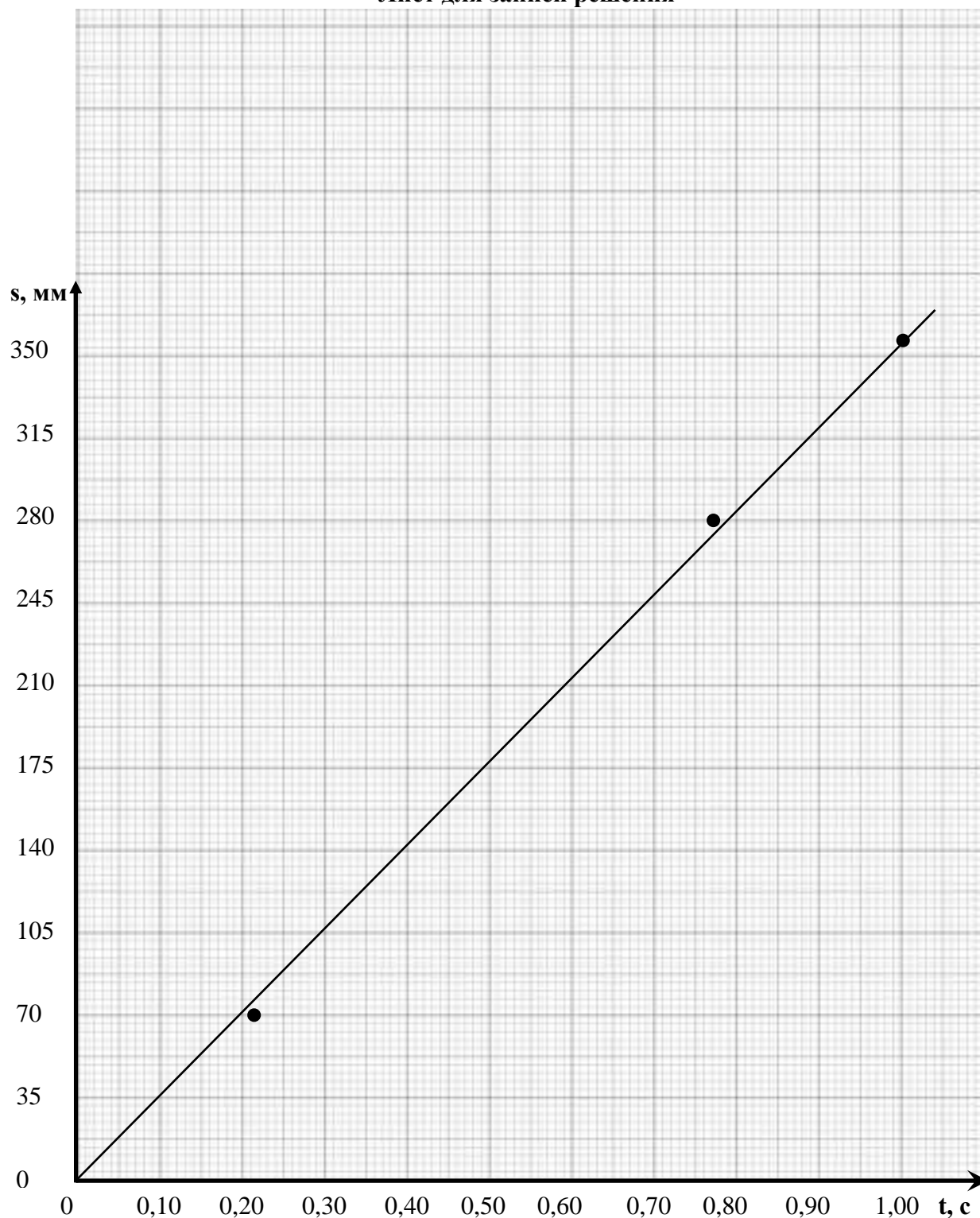
Откладываем координатные оси и с учётом масштаба строим экспериментальные точки.

Из начала координат проводим интерполирующую линию так, чтобы она прошла наиболее близко к этим точкам. Получился график зависимости пути от времени.

4.4. Находим скорость по графику зависимости пути от времени.

Чтобы по этому графику найти скорость паровозика. Надо найти точку на линии графика, координата которой может быть определена достаточно хорошо. Найти соответствующие ей путь и время и, разделив путь на время, найти скоростью ($178 \text{ мм} : 0,50 \text{ с} = 356 \text{ мм/с}$)

Лист для записи решения



Рекомендуемые критерии оценки

За задание 4.1. (3 балла)

За вычисление значения скорости в пределах от 341 мм/с до 365 мм/с, ставить 2 балла,

Если значение скорости указано в пределах от 335 мм/с до 340 мм/с или от 366 мм/с до 370 мм/с, то ставить 1 балл

Если есть описание способа нахождения добавить 1 балл.

За задание 4.2. (3 балла)

За нахождение времени проезда мимо станции любым способом ставить 2 балла, если указано значение от 0,94 с до 1 с. Если указанное значение выходит за рамки этого интервала, то ставить 1 балл.

Если при использовании второго способа не учтена протяжённость станции или паровозика, но остальные расчёты правильные, то ставить 1 балл

Если есть описание, как была найдено значение времени перемещения паровозика, то добавить 1 балл.

За задание 4.3. (3 балла)

Если указаны наименования координатных осей, то ставить 0,5 балла.

Если имеются отметки о масштабе координатных осей, то ставить 0,5 балла.

Если выбран достаточно удобный масштаб, то добавить 0,5 балла. *(Достаточно удобным можно считать масштаб, позволяющий отображать координатные точки, соответствующие пройденному пути (или координатам) паровозика с погрешностью не более 6 мм, а интервалам (моментам) времени с точностью до 0,01 с)*

Если правильно отмечены координатные точки, то ставить 0,5 балла.

Если правильно проведена интерполирующая линия, то ставить 1 балл.

Если на осях графика отложены не интервалы времени, а моменты времени и (или) не пройденные пути, а координаты паровозика, то оценку не снижать.

Если учащийся не стал использовать координатную сетку, а изобразил график на обычном листе, то оценка за задание построение графика не должна превышать 1 балл.

За задание 4.4. (1 балл)

Если найдена скорость и дано описание, как это сделано, то ставить 1 балл.

Если только этим способом и был найден ответ на задание 4.1, то 1 балл ставить за 4.4. и до 3 баллов за задание 4.1. в соответствии критериями за 4.1.

Если только этим способом найдена скорость паровозика, но учащийся не использовал координатную сетку, то суммарный балл за задания 4.1 и 4.4. не должен превышать 2 балла (1 балл за 4.1. и 1 балл за 4.4.)

Итоговый балл за задание 4 должен быть округлён до целых в большую сторону!