

**Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников по физике.  
2022-23 учебный год. 7 класс. Максимальный балл – 40.**

**Задача №1**

Муравей, неся на себе соломинку, бежит по горизонтальному пути к муравейнику со скоростью 2 м/мин. При движении вверх по муравейнику, его скорость уменьшается на одну четвертую часть. На вершине муравей оставляет соломинку и сразу спускается вниз, двигаясь по муравейнику тем же путем, но в 2 раза быстрее, чем поднимался. Найдите ответы на следующие вопросы.

- 1) Определите скорость, с которой спускался муравей? Ответ дайте в м/мин.
- 2) Рассчитайте среднюю скорость движения муравья по муравейнику. Ответ дайте в м/мин.
- 3) От муравейника в поисках следующей соломинки, муравей отбегает всегда примерно на одинаковое расстояние. И по горизонтальному участку пути движется всегда с одинаковой скоростью. За весь летний световой день, бегая по этому маршруту, трудолюбивый муравей пробегает 2,04 км. Сколько времени длится летний световой день?

*Автор: Порошина Елена Владимировна*

**Возможное решение**

Вопрос №1:

Найдем скорость, с которой муравей поднимался на муравейник, для этого необходимо скорость движения муравья по горизонтальному участку умножить на  $\frac{3}{4}$ :

$$v_2 = \frac{3}{4} v_1 = \frac{3}{4} \cdot 2 \text{ м/мин} = 1,5 \text{ м/мин.}$$

Чтобы найти скорость, с которой спускался муравей с муравейника, необходимо скорость, с которой поднимался муравей умножить на 2

$$v_3 = 2v_2 = 2 \cdot 1,5 \text{ м/мин} = 3 \text{ м/мин.}$$

Вопрос №2:

Чтобы найти среднюю скорость движения муравья по муравейнику необходимо использовать определение средней скорости, т.е. весь путь, состоящий из двух равных участков (вверх и вниз) разделить на все время движения по муравейнику, которое можно выразить как сумму двух отрезков времени (вверх и вниз)

$$v_{\text{ср}} = \frac{2S}{t_{\text{вверх}} + t_{\text{вниз}}} .$$

Время движения можно выразить как отношение пройденного пути к скорости, учитывая, что путь вверх равен пути вниз

$$v_{\text{ср}} = \frac{2S}{\frac{S}{V_2} + \frac{S}{V_3}} = \frac{2 V_2 V_3}{V_2 + V_3} = \frac{2 \cdot 1,5 \frac{\text{м}}{\text{мин}} \cdot 3 \frac{\text{м}}{\text{мин}}}{1,5 \frac{\text{м}}{\text{мин}} + 3 \frac{\text{м}}{\text{мин}}} = 2 \text{ м/мин.}$$

Вопрос №3:

Из предыдущего решения следует, что скорость движения муравья по горизонтальному пути и средняя скорость движения по муравейнику, одинаковые и равны 2 м/мин. Значит средняя скорость движения муравья на всем пути 2 м/мин.

Чтобы узнать продолжительность светового дня, найдем все время движения муравья, разделив весь его путь за день на среднюю скорость на всем пути

$$t_{\text{все}} = \frac{S_{\text{весь}}}{V_{\text{ср}}} = \frac{2040\text{м}}{2\frac{\text{м}}{\text{мин}}} = 1020 \text{ мин} = 17 \text{ ч.}$$

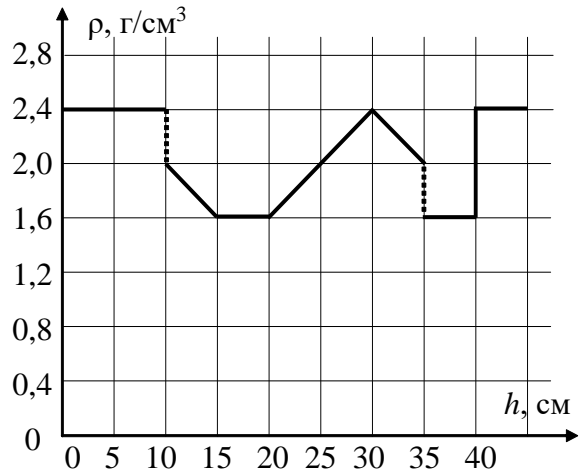
### Критерии оценивания

| № | Критерий   | Кол-во баллов |
|---|--|---------------|
| 1 | Найдена скорость, с которой муравей поднимался на муравейник   | 1             |
| 2 | Найдена скорость, с которой муравей спускался с муравейника  | 1             |
| 3 | Замечено, что путь муравья при подъеме и спуске одинаковый   | 1             |
| 4 | Использовано определение средней скорости  | 1             |
| 5 | Найдена средняя скорость движения муравья по муравейнику.<br>Формула $v_{\text{ср}} = \frac{2 V_2 V_3}{V_2 + V_3}$ + число $v_{\text{ср}} = 2 \text{ м/мин}$ | 2+1           |
| 6 | Замечено, что скорость движение муравья по горизонтальному пути и средняя скорость движения по муравейнику, одинаковые                                       | 1             |
| 7 | Найдена продолжительность светового дня<br>Формула $t_{\text{все}} = \frac{S_{\text{весь}}}{V_{\text{ср}}}$ + число $t_{\text{все}} = 17 \text{ ч}$          | 1+1           |

## Задача №2

Ученик 7 класса взял очень тонкие пластинки одинаковой площади поперечного сечения  $S$  и одинаковой толщины, изготовленные из разных материалов. Пластинки он начал по одной складывать в вертикальную стопку. На графике (см. рис) указана зависимость плотности пластинки  $\rho$  от высоты стопки  $h$ , на которой она размещаются. Определите:

- 1) сколько раз в процессе сборки стопки её средняя плотность становилась равной  $\rho = 2 \text{ г/см}^3$ , и какой была при этом её высота.
- 2) среднюю плотность полной стопки из пластинок (когда её высота стала 45 см).

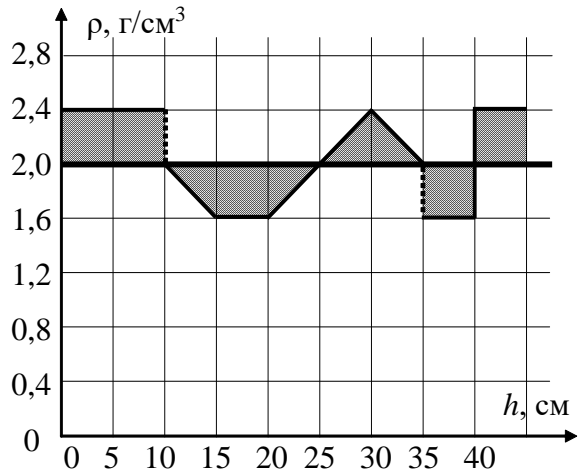


*Автор: Антон Петрович Сорокин*

### Возможное решение

#### Вопрос №1:

- 1) Разобьем все стопку на участки длиной  $\Delta h = 5 \text{ см}$ .
- 2) Заметим, что для участков с переменной плотностью её среднее значение определяется как полусумма крайних значений  $\rho_{i \text{ ср}} = \frac{\rho_i + \rho_{i-1}}{2}$ .
- 3) Средняя плотность на расстоянии  $h$  от начала стопки определяется следующим выражением:  $\rho_{\text{ср}} = \frac{\rho_{1 \text{ ср}}\Delta h + \rho_{2 \text{ ср}}\Delta h + \dots}{h}$ .
- 4) Поочередно, двигаясь по графику слева направо, рассчитываем среднюю плотность, каждый раз добавляя новый участок  $\Delta h$ .
- 5) Получаем, что искомая плотность достигается два раза при высотах 25 см и 40 см.
- 6) С учетом того, что произведение  $\rho_{i \text{ ср}}\Delta h$  равно соответствующей площади на графике, можно предложить еще один способ решения.
- 7) Для определения расстояния  $h$ , при котором средняя плотность будет равна  $\rho_{\text{ср}} = 2 \text{ г/см}^3$ , проведём на графике горизонтальную прямую, соответствующую искомой плотности (см. рис).
- 8) Можно заметить, что часть исходного графика лежит выше этой прямой, а часть – ниже. Считая участки (площади) лежащие выше проведенной прямой, положительным отклонением от искомого значения, а участки (площади) лежащие ниже проведенной прямой, отрицательным отклонением от искомого значения средней плотности, получаем, что средняя плотность стопки будет равна  $2 \text{ г/см}^3$ , когда суммарная площадь фигур, расположенных выше проведенной прямой (левая штриховка) будет равна суммарной площади фигур, расположенных ниже проведенной прямой (правая штриховка).
- 9) Решая задачу графически (двигаясь по графику слева направо) обнаруживаем, что указанное условие реализуется два раза: при высоте стопки равной 25 см и 40 см.



#### Вопрос №2:

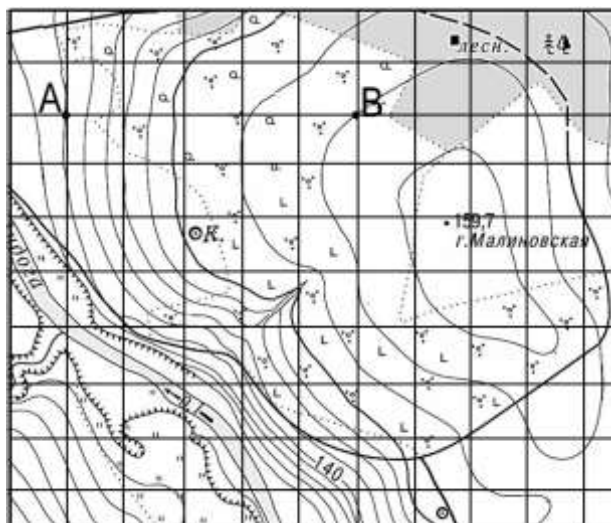
Зная, что при высоте 40 см средняя плотность стопки равна  $2 \text{ г/см}^3$ , определим среднюю плотность всей стопки по формуле  $\rho_{\text{ср}} = 2 \cdot \frac{40S+2,4 \cdot 5S}{40S+5S} = 2,04 \text{ г/см}^3$ .

### Критерии оценивания

| № | Критерий  | Кол-во баллов |
|---|---|---------------|
| 1 | Предложена корректная идея определения средней плотности для заданной высоты стопки.  | 2             |
| 2 | Продемонстрирован корректный способ вычисления средней плотности для заданной высоты стопки (например:<br>- определение массы через площадь под графиком;<br>- использование средней плотности для линейных участков ее зависимости как среднего арифметического между плотностями в начале и в конце участков. | 2             |
| 3 | Определено количество раз, когда средняя плотность принимала требуемое значение (два раза)  | 2             |
| 4 | Определены значения высоты стопки 25 см и 40 см   | 1+1           |
| 5 | Определена средняя плотность всей стопки<br>Формула $\rho_{\text{ср}} = 2 \cdot \frac{40S+2,4 \cdot 5S}{40S+5S}$ + число $\rho_{\text{ср}} = 2,04 \text{ г/см}^3$   | 1+1           |

### Задача №3

Молодому геологу Солнышкину поручили разобраться в работе нового БПЛА (беспилотного летательного аппарата), который экспедиция получила для разведки местности. Для начала Солнышкин загрузил в планшет управления местные карты и включил экран. На экране появилась карта местности и масштабная сетка (см. рис.). Масштаб сетки Солнышкину был неизвестен, но он знал, что расстояние между точками А и В, указанными на карте равно  $L = 15$  км. Прочитав инструкцию, он узнал, во-первых, что одно деление масштабной сетки соответствует  $y = 4$  гердам (видимо какая-то специализированная единица измерения расстояния). Во-вторых, что максимальная скорость, которую может развивать аппарат, равна  $u = 0,07$  герд/с. Прделав всю подготовительную работу, Солнышкин запустил БПЛА в тестовый полёт. На экране появилась светящаяся точка, которая обозначала местоположение аппарата. Эта точка двигалась точно вдоль линии масштабной сетки и прошла  $N_1 = 3$  клеточки за  $t = 5$  мин. Помогите Солнышкину ответить на следующие вопросы.



- 1) Каков масштаб координатной сетки в километрах (сколько километров заключено между параллельными линиями сетки)?
- 2) Сколько километров укладывается в 1 герд?
- 3) Определите скорость, с которой двигался БПЛА, в км/ч.
- 4) Во сколько раз максимальная скорость БПЛА превышает скорость, с которой он двигался во время тестового полёта?

*Автор: Порошин Олег Владимирович*

#### Возможное решение

##### Вопрос №1:

Расстояние между точками А и В по карте  $N = 5$  клеточек. Тогда масштаб сетки:

$$n = \frac{L}{N} = \frac{15}{5} = 3 \frac{\text{км}}{\text{клетка}}$$

##### Вопрос №2:

Для перевода герды в километры нужно масштаб клетки разделить на количество гердов в клетке:

$$k = \frac{n}{y} = \frac{3}{4} = 0,75 \frac{\text{км}}{\text{герд}}$$

##### Вопрос №3:

Для определения скорости БПЛА нужно пройденное расстояние  $S$  разделить на время движения  $t$ :

$$\vartheta = \frac{S}{t}$$

Расстояние находим, умножив количество клеток на её масштаб в километрах  $S = N_1 n$ . А время нужно перевести в часы. Тогда получаем формулу:

$$\vartheta = \frac{N_1 n}{t} = \frac{3 \cdot 3 \cdot 60}{5} = 108 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$$

**Вопрос №4:**

Для сравнения текущей скорости БПЛА с максимальной скоростью, сперва нужно перевести максимальную скорость в км/ч.

$$u = \frac{0,07 \text{ герд}}{1 \text{ с}} = \frac{0,07 \text{ герд} \cdot 0,75 \frac{\text{км}}{\text{герд}}}{\frac{1}{3600} \text{ ч}} = 189 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$$

А теперь найдём отношение:

$$\frac{u}{\vartheta} = \frac{189}{108} = 1,75.$$

### Критерии оценивания

| № | Критерий  | Кол-во баллов |
|---|---|---------------|
| 1 | Правильно дан ответ на первый вопрос.<br>Формула $n = \frac{L}{N}$ + число $n = 3 \frac{\text{км}}{\text{клетка}}$  | 1+1           |
| 2 | Правильно дан ответ на второй вопрос.<br>Формула $k = \frac{n}{y}$ + число $k = 0,75 \frac{\text{км}}{\text{герд}}$   | 1+1           |
| 3 | Правильно найдено расстояние, которое пролетел БПЛА – 9 км<br><i>Примечание. Если расстояние явно не вычислено, но получен правильный ответ на 3 вопрос, то пункт засчитывать.</i>  | 1             |
| 4 | Правильно вычислена скорость БПЛА $\vartheta = 108 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$  | 1             |
| 5 | Правильно выполнен перевод максимальная скорость в км/ч ( $189 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$ ) или скорость тестового полета переведена в герд/с (0,04 герд/с).   | 2             |
| 6 | Правильно найдено отношение максимальной и текущей скорости (1,75).<br><i>Примечание. Засчитываются ответы от 1,7 до 1,8, если они получены из верных формул и отклонились от правильного за счет излишнего округления в промежуточных вычислениях.</i> | 2             |

## Задача №4

Оборудование: лист А4 с напечатанными линейкой, проградуированной в миллирешках, и «кляксой», ножницы (выдаются по требованию).

С помощью предложенного оборудования определите:

- 1) толщину листа в миллирешках;
- 2) периметр кляксы в миллирешках.

Опишите выполненные вами эксперименты, приведите результаты измерений, необходимые расчетные формулы.

С выданным листом вы можете делать все что хотите, можете делать на нем пометки и резать его, но помните, что лист вам выдан только один. Ножницы вы можете попросить у дежурного по аудитории. Сразу после использования ножницы необходимо вернуть, так как они являются общими на несколько участников.

Единица измерения миллирешка сокращенно обозначается мр.

Оценка погрешности в данной работе не требуется.

*Подсказка:* если сделать повторные измерения и усреднить их результаты, то вы получите требуемую величину с большей точностью.

*Автор: Карманов Максим Леонидович*

### Возможное решение

#### Задание №1:

Вырежем из листа бумаги линейку и полоску шириной около 2 см и длиной, равной длине листа.

Соберем из полоски своеобразную «гармошку» и плотно ее сожмем, так чтобы у нас получился своеобразный «пирог», состоящий из множества слоев бумаги плотно прижатых друг к другу. С помощью бумажной линейки измерим толщину пирога  $H_1 = \text{__ мр}$ . Посчитаем количество слоев  $N_1$  в получившемся «пироге». Так как толщина всех слоев одинакова, то толщина листа бумаги равна  $d_1 = \frac{H_1}{N_1} = \text{__ мр}$ .

Для повышения точности результатов повторим опыт еще с двумя полосками и затем усредним полученные значения  $d_i$ .  $d_{\text{ср}} = \frac{d_1 + d_2 + d_3}{3}$

| № | H, мр | N, шт | d, мр | d <sub>ср</sub> , мр |
|---|-------|-------|-------|----------------------|
| 1 |       |       |       |                      |
| 2 |       |       |       |                      |
| 3 |       |       |       |                      |

#### Задание №2:

Аккуратно вырежем кляксу строго по ее контуру. Воспользуемся тем, что наша линейка бумажная и легко гнется. Поставим на кляксе отметку и приложим линейку к ее контуру так, чтобы отметка совпала с нулевым делением шкалы, и линейка располагалась перпендикулярно плоскости кляксы. Прижимая линейку к контуру кляксы постепенно измерим ее периметр  $L$ . Для удобства измерений на кляксе следует делать промежуточные отметки. Так как в процессе прикладываний мы могли слегка сдвигать линейку относительно кляксы, то точность таких измерений не очень высокая, поэтому повторим их 5 раз и усредним полученный результат.  $L_{\text{ср}} = \frac{L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5}{5}$

| № | $L$ , мр | $L_{\text{ср}}$ , мр |
|---|----------|----------------------|
| 1 |          |                      |
| 2 |          |                      |
| 3 |          |                      |
| 4 |          |                      |
| 5 |          |                      |

**ПРИМЕЧАНИЕ.** В решении не даны конкретные численные значения, так как они зависят от условий печати в конкретном муниципалитете и используемой бумаги. Жюри необходимо самостоятельно выполнить необходимые измерения для получения эталонных ответов.

### Критерии оценивания

| № | Критерий   | Кол-во баллов |
|---|--|---------------|
| 1 | Идея измерения толщины бумаги методом рядов.   | 1             |
| 2 | Присутствует описание метода.  | 0,5           |
| 3 | Присутствуют результаты прямых измерений – толщина стопки и число слоев.   | 1             |
| 4 | Использовано не менее 30 слоев.  | 1             |
| 5 | Проведено усреднение не менее чем по 3 опытам.   | 0,5           |
| 6 | Значение толщины листа*. При отклонении от результатов жюри не более 5% - полный балл, при отклонении в пределах 10 % только 1 балл из двух. | 2 (1)         |
| 7 | Описан разумный метод определения периметра (позволяющий получить результат с теоретической погрешностью не больше 10%).                     | 1             |
| 8 | Проведено усреднение не менее, чем по 5 (3) опытам.  | 1 (0,5)       |
| 9 | Значение периметра*. При отклонении от результатов жюри не более 5% - полный балл, при отклонении в пределах 10 % только 1 балл из двух.     | 2 (1)         |

\*При отсутствии описания метода и исходных измерений балл не ставится. Если присутствует описание корректного метода или присутствуют правдоподобные измерения, то результат оценивается.



Данный лист является оборудованием для 7 класса. Его необходимо распечатать на бумаге формата А4 и выдать школьникам отдельно от условия.

