

**Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников по физике.  
2023-24 учебный год. 8 класс. Максимальный балл – 40.**

**Задача №1**

Чебурашка увидел вспышку молнии и звук грома дошел до него спустя 12 секунд. Гроза бушевала в той стороне, где жил Гена. Тогда Чебурашка сел на самокат и помчался навстречу грозе со средней скоростью 36 км/ч. Через пять минут он приехал к дому Гены и в этот момент увидел вторую вспышку молнии в том же направлении, но в этот раз звук грома дошел до него через 15 секунд.

С какой скоростью движется грозовой фронт относительно поверхности земли?

Скорость света много больше скорости звука. Скорость звука 330 м/с.

*Автор: Баланов Василий Юрьевич*

**Возможное решение:**

- 1) Расстояние до грозы в начале  $S_1 = v_{зв} \cdot t_1 = 330 \text{ м/с} \cdot 12 \text{ с} = 3960 \text{ м}$
- 2) Расстояние, которое проехал Чебурашка до дома Гены  $S = u \cdot t = 10 \text{ м/с} \cdot 300 \text{ с} = 3000 \text{ м}$
- 3) Расстояние до грозы от дома Гены  $S_2 = v_{зв} \cdot t_2 = 330 \text{ м/с} \cdot 15 \text{ с} = 4950 \text{ м}$
- 4) Расстояние пройденное грозой за 5 минут  $\Delta S = S_2 - (S_1 - S) = 4950 \text{ м} - (3960 \text{ м} - 3000 \text{ м}) = 3990 \text{ м}$
- 5) Скорость движения грозы  $v_{гр} = \Delta S / t = 3990 \text{ м} / 300 \text{ с} = 13,3 \text{ м/с}$

**Критерии оценивания.**

№	Критерий	Кол-во баллов
1	Найдена расстояние до грозы вначале $S_1 = v_{зв} \cdot t_1 = 3960 \text{ м}$ (3,96 км). Балл ставится за правильно полученный ответ.	1
2	Приведение всех величин к единой размерности	2
3	Рассчитано расстояние, которое проехал Чебурашка $S = u \cdot t = 10 \text{ м/с} \cdot 300 \text{ с} = 3000 \text{ м}$ (3 км). Балл ставится за правильно полученный ответ.	1
4	Найдено расстояние до грозы от дома Гены $S_2 = v_{зв} \cdot t_2 = 330 \text{ м/с} \cdot 15 \text{ с} = 4950 \text{ м}$ (4,95 км). Балл ставится за правильно полученный ответ.	1
5	Верная формула для определения расстояния, пройденного грозой за 5 минут $\Delta S = S_2 - (S_1 - S)$	2
6	Вычислено расстояние, пройденное грозой 3990 м ( 3,99 км )	1
7	Найдена скорость движения грозы $v_{гр} = \Delta S / t$	1
8	Получен ответ 13,3 м/с ( 47,88 км/ч )	1
	Если численный ответ получен правильный и из верных соображений, то и формула автоматически засчитывается.	

## Задача №2

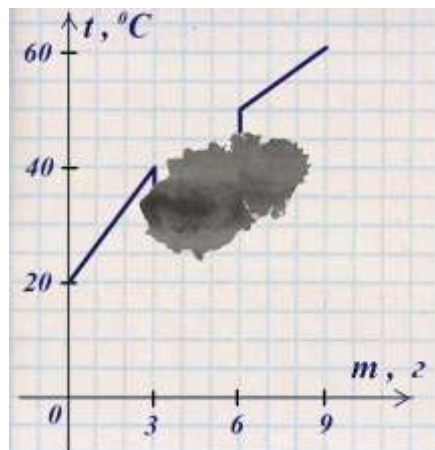
В физической лаборатории Наташа и Костя проводят исследование на нагревательной установке, в которой находится 1 л воды при температуре  $20^{\circ}\text{C}$ . Вода нагревается за счет энергии сгорания спирта, масса которого контролируется датчиком.

Когда в нагревателе сгорели первые 3 г спирта, Наташа добавила в нагреватель банку холодной воды с температурой  $5^{\circ}\text{C}$ . После сгорания еще 3 г спирта, Костя вливает в нагреватель такую же банку горячей воды с температурой  $70^{\circ}\text{C}$ . Можно считать, что теплообмен происходит мгновенно.

Зависимость изменения температуры воды в сосуде от массы сгоревшего спирта ребята отмечают на графике.

Из-за небрежности одного из экспериментаторов на свежий график попадает горячая вода, и чернила на части графика расплываются.

Считайте, что вся энергия сгорания спирта идет на нагревание воды. Теплообменом с окружающей средой пренебречь. Удельная теплоемкость воды  $c_v = 4200 \text{ Дж/кг}\cdot^{\circ}\text{C}$



**Вопрос №1.** С помощью испорченного графика определите удельную теплоту сгорания спирта.

**Вопрос №2.** Найдите массу воды в банке.

**Вопрос №3.** Какая температура воды установилась в нагревателе сразу после вливания холодной воды?

*Автор: Порошина Елена Владимировна*

### Возможное решение

#### Вопрос №1

Из графика видно, что для нагревания воды от  $20^{\circ}\text{C}$  до  $40^{\circ}\text{C}$  израсходована энергия сгорания  $m_c = 3\text{г}$  спирта. Потерь энергии нет. Следовательно:

$Q_v = Q_c$ ;  $c_v m_v (t_k - t_n) = q_c m_c$ ,  $m_v = V_v \rho_v = 1\text{кг}$ ; отсюда находим удельную теплоту сгорания спирта:

$$q_c = \frac{c_v m_v (t_k - t_n)}{m_c} = 28 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}.$$

#### Вопрос №2

Вода в нагревателе нагрелась до  $t'_k = 50^{\circ}\text{C}$  за счет энергии, полученной при сгорании  $m_c = 6\text{г}$  спирта и охлаждения порции горячей воды, добавленной Костей. Потерь энергии нет. Следовательно, можем записать уравнение:

$$Q'_c = Q'_v + Q'_x + Q'_z;$$

$$q_c m'_c = c_v m_v (t'_k - t_n) + c_v m_x (t'_k - t_x) + c_v m_z (t'_k - t_z);$$

$$m_x = m_z = m;$$

$$m = \frac{q_c m'_c - c_v m_v (t'_k - t_n)}{c_v ((t'_k - t_x) + (t'_k - t_z))} = 0,4\text{кг}.$$

#### Вопрос №3.

Зная массу воды в банке можно найти температуру воды  $t_2$ , установившуюся сразу после вливания холодной воды. Из графика следует, что холодную воду влили в нагреватель, когда температура воды, уже имеющейся в нагревателе была  $t_1 = 40^{\circ}\text{C}$  (на графике температура резко падает). Происходит теплообмен между имеющейся водой и порцией холодной воды. Считая, что теплообмен происходит мгновенно, получаем:

$$Q_{\text{в}} + Q_{\text{х}} = 0;$$

$$c_{\text{в}} m_{\text{в}} (t_2 - t_1) + c_{\text{х}} m (t_2 - t_{\text{х}}) = 0;$$

$$t_2 = \frac{m_{\text{в}} t_1 + m t_{\text{х}}}{m_{\text{в}} + m} = 30^{\circ}\text{C}.$$

### Критерии оценивания

№	Критерий	Баллы
1	Правильно дан ответ на первый вопрос: - формула $q_c = \frac{c_{\text{в}} m_{\text{в}} (t_{\text{к}} - t_{\text{н}})}{m_{\text{с}}}$ или аналогичная; - значение удельной теплоты сгорания спирта $q_c = 28 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг.}^*$	1 1
2	Указано, что после добавления горячей воды температура в нагревателе стала $50^{\circ}\text{C}$ .	1
3	Правильно дан ответ на второй вопрос: - уравнение теплового баланса $Q'_{\text{с}} = Q'_{\text{в}} + Q'_{\text{х}} + Q'_{\text{г}}$ или аналогичное - расчетная формула $m = \frac{q_{\text{с}} m'_{\text{с}} - c_{\text{в}} m_{\text{в}} (t'_{\text{к}} - t_{\text{н}})}{c_{\text{в}} ((t'_{\text{к}} - t_{\text{х}}) + (t'_{\text{к}} - t_{\text{г}}))}$ - значение массы воды в банке $m = 0,4 \text{ кг}^*$	2 1 1
4	Правильно дан ответ на второй вопрос: - уравнение теплового баланса $Q_{\text{в}} + Q_{\text{х}} = 0$ ; - расчетная формула $t_2 = \frac{m_{\text{в}} t_1 + m t_{\text{х}}}{m_{\text{в}} + m}$ ; - значение температуры воды $t_2 = 30^{\circ}\text{C.}^*$	1 1 1

\* При наличии верного численного ответа, полученного из верных соображений баллы за формулы ставятся, даже если они не записаны в буквах.

### Задача № 3

Витя очень сильно хочет подкачаться к лету, чтобы показать достойные результаты на уроках Константина Николаевича. Для этого он сам смастерил тренажер, состоящий из металлической балки массой  $m = 10$  кг, соединенной с полом тремя пружинами жесткостью  $k = 750$  Н/м и «китайского» блока. Радиус маленькой части блока  $R$ , большой –  $5R$ . Витя решил, что он будет поднимать балку на высоту  $\Delta x = 0,4$  м от положения ее равновесия и удерживать в таком положении некоторое время.

**Вопрос №1.** Помогите Вите понять, на какое расстояние  $l$  он должен потянуть вниз свободный конец веревки, чтобы поднять балку на указанную высоту?

**Вопрос №2.** Какую силу  $F$ , надо приложить, чтобы удержать балку в равновесии в верхнем положении?

Витя подкачался и решил усложнить себе тренировку, уменьшив радиус большого блока до  $3R$  ( $\Delta x$  не меняется).

**Вопрос №3.** Найдите, во сколько раз увеличится сила, которую Вите необходимо прикладывать к свободному концу веревки для удержания балки на высоте  $\Delta x$ .

**Вопрос №4.** Определите во сколько раз увеличится работа, совершаемая Витей, по поднятию балки.

В начальный момент мальчик удерживает балку в равновесии, пружины не растянуты, при поднятии балка находится в равновесии в каждый момент времени.

*Автор: Соловьев Денис Дмитриевич*

**Возможное решение:**

#### Вопрос №1.

Длина протянутой веревки относится к высоте поднятия балки как радиусы блоков:

$$l = 5\Delta x = 2 \text{ м (1).}$$

#### Вопрос №2.

Сила, действующая на балку со стороны пружин, равна:

$$F_{\text{упр}} = 3k \Delta x \text{ (2).}$$

Уравнение для сил, действующих на балку, когда она поднята на  $\Delta x$  и зафиксирована ( $T$  – сила натяжения нити):

$$mg + 3k\Delta x = T \text{ (3).}$$

Из уравнения моментов относительно центра блоков находим отношения силы мальчика к силе натяжения, действующей на балку:

$$TR = 5FR$$

$$F = \frac{T}{5} \text{ (4).}$$

Подставляя (4) в (3) получаем силу, которую мальчик прикладывает, чтобы удержать балку на нужной высоте.

$$F = \frac{mg + 3k\Delta x}{5} = 200 \text{ Н (5).}$$

#### Вопрос №3.

На втором тренажере Витя имеет выигрыш в силе в 3 раза, что мы можем получить из правила моментов аналогично предыдущему пункту. Следовательно, получаем отношение сил ( $F'$  – сила Вити на втором тренажере):

$$\frac{F'}{F} = \frac{5}{3} \text{ (6).}$$

#### Вопрос №4.

В силу Золотого правила механики работа не изменится.

**Критерии оценивания.**

№	Критерий	Кол-во баллов
1	Правильно найдена длина протянутой веревки $l = 5\Delta x = 2$ м Формула + число	0,5 + 0,5
2	Правильно выражена суммарная сила упругости : $F_{\text{упр}} = 3k \Delta x$	1
3	Правильно найдено соотношение сил из уравнения моментов: $F = \frac{T}{5}$	1
4	Правильно записано уравнение для сил, действующих на балку: $mg + 3k\Delta x = T$	1
5	Правильно найдена сила мальчика: $F = \frac{mg+3k\Delta x}{5} = 200$ Н Формула + число	1,5 + 0,5
6	Правильно найдено во сколько увеличилась сила на втором тренажере: $\frac{F'}{F} = \frac{5}{3}$	2
7	Указано, что работа не изменится.	1
8	Утверждение о неизменности работы обосновано	1
	ИТОГО	10

#### Задача №4

**Оборудование:** прозрачный стакан с водой, шприц 10 мл (без поршня), набор гаек (12 шт.), кусок пластилина, полоска миллиметровой бумаги, скотч и ножницы (выдаются по требованию), салфетки для поддержания чистоты. Плотность воды считать равной  $\rho_v = 1000 \text{ кг/м}^3$ .

При помощи выданного вам оборудования определите плотность материала, из которого изготовлены гайки.

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

Оценка погрешности в данной работе не требуется.

**ВАЖНО!!!** При выполнении любой экспериментальной задачи можно использовать только оборудование, указанное в задаче, а также руки и стол в качестве рабочей поверхности. Если вы используете оборудование, не указанное в условии, то решение задачи оценивается в ноль баллов.

*Автор: Порошин Олег Владимирович*

#### Возможное решение

Для определения плотности материала гаек необходимо знать объём и массу гайки.

При помощи пластилина герметизируем на шприце отверстие для иглы. Теперь шприц можно использовать как мензурку. Наливаем туда немного воды, записываем её объём  $V_1$ . Опускаем в шприц несколько гаек  $n$ , записываем новый объём  $V_2$ . Теперь вычисляем объём одной гайки:

$$V_0 = \frac{(V_2 - V_1)}{n} \quad (1)$$

Данный эксперимент можно проделать с несколькими гайками для повышения точности.

Прежде чем проводить дальнейшие измерения при помощи полоски миллиметровки находим длину окружности шприца. Зная длину окружности можно выразить радиус цилиндрической части шприца, а затем найти его площадь поперечного сечения.

$$L = 2\pi R \text{ отсюда } R = \frac{L}{2\pi} \text{ подставим в формулу площади круга } S = \pi R^2 = \frac{L^2}{4\pi} \quad (2)$$

Для определения массы гайки воспользуемся законами гидростатики. Подгружаем шприц гайками таким образом, чтобы шприц плавал почти вертикально. Пусть масса шприца с пластилином равна  $M$ .

Для определения глубины погружения шприца в воду при помощи скотча приклеим полоску миллиметровой бумаги на шприц. Для удобства лучше сначала ручкой нанести на неё деления.

После всех подготовительных действий доложим в шприц некоторое количество гаек  $n_1$ , следя при этом, чтобы шприц продолжал плавать в сосуде. Тогда можно записать условие плавания тел.

$$(M + n_1 m_0)g = \rho_v g(V + S h_1) \quad (3)$$

Где  $m_0$  – масса одной гайки,  $V$  – объём пластилина и нецилиндрической части шприца,  $h_1$  – глубина погружения по шкале.

Добавим некоторое количество гаек, но такое, чтобы шприц продолжал плавать, погрузившись теперь на глубину  $h_2$ . Теперь их станет  $n_2$ .

Снова запишем условие плавания тел.

$$(M + n_2 m_0)g = \rho_v g(V + S h_2) \quad (4)$$

Вычтем из (4) уравнение (3) и после всех сокращений получим:

$$(n_2 - n_1)m_0 = \rho_v S(h_2 - h_1)$$

Тогда получаем расчётную формулу

$$m_0 = \frac{\rho_B S(h_2 - h_1)}{(n_2 - n_1)} \quad (5)$$

Зная массу гайки и её объём нетрудно вычислить плотность материала:

$$\rho = \frac{m_0}{V_0}$$

Экспериментальные данные

**Обратите внимание!** Приведённые ниже данные получены автором задачи. В каждой территории они могут немного отличаться. Перед началом проверки необходимо самостоятельно определить массу и объём гайки, с которой работали ученики, и рассчитывать пределы допустимых значений исходя из этих данных по тем процентам, которые указаны в критериях.

Объём одной гайки

№	$V_1, \text{см}^3$	n, шт.	$V_2, \text{см}^3$	$V_0, \text{см}^3$
1	6,2	4	6,8	0,1
2	6,2	8	7,4	0,15
3	6,2	12	8	0,1

Среднее значение объёма гайки по экспериментальным данным  $V_0 \approx 0,12 \text{ см}^3$ .

Объём гайки, измеренный при помощи мензурки получается  $V_0 = 0,125 \text{ см}^3$ . Таким образом, данный метод даёт результат порядка 1% погрешности.

Внешний диаметр шприца  $d = 1,8 \text{ см}$ , площадь поперечного сечения цилиндрической части шприца  $S = 2,55 \text{ см}^2$ .

№	n, шт.	h, см	$m_0, \text{г}$
1	7	4,5	
2	8	4,9	1,02
3	9	5,3	1,02
4	10	5,6	0,94

По этим данным масса гайки получается равной  $m_0 \approx 0,99 \text{ г}$ , масса, измеренная на весах  $m_0 = 1 \text{ г}$ . Таким образом, данный метод даёт результат порядка 1% погрешности.

$$\text{Плотность материала } \rho = \frac{m_0}{V_0} = \frac{0,99}{0,12} = 8,25 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$$

### Критерии оценивания

№	Критерий	Баллы
1	Описан метод измерения объёма гайки	0,5
2	Получено правильное значение объёма гайки. При отклонении в пределах 5% от эталонного – полный балл, при отклонении в пределах 10% половина (0,5 балла)	1(0,5)
3	Описан метод определения площади поперечного сечения шприца	1
4	Получено правильное значение площади	0,5
5	Описан метод определения массы гайки	1
6	Правильно записано условие плавания тел (с учётом массы шприца)*	1
7	Получена формула для вычисления массы гайки	1
8	Записаны реалистичные экспериментальные данные	1
9	Вычислена масса гайки. При отклонении в пределах 5% от эталонного – полный балл, при отклонении в пределах 10% половина (1 балл)**.	2 (1)
10	Вычислена плотность материала гайки. Здесь результат отслеживается по тем значениям объёма и массы, которые были получены в работе учащегося.	1

\* Если при расчётах объём погружённой части шприца определяется просто по шкале шприца, то это плохой метод. В этом случае баллы за пункты 3, 4, 5 не ставятся.

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

### Рекомендации организаторам.

Для каждого участника необходимо подготовить:

- Шприц 10 мл (необходимо приобрести шприцы с плоскими поршнями). Учащимся выдается только корпус шприца без иглы и поршня;
- Гайки М5 стандартные (не увеличенные, без пресс-шайбы) из расчёта 12 штук на каждого участника;
- Прозрачный сосуд (пластиковый стакан, обрезанная бутылка и т.п.). Важно, чтобы в сосуд можно было бы налить воды высотой не менее 10 см и ещё оставалось бы не менее 3 см до края;
- Полоска миллиметровой бумаги шириной 0,5 см, длиной 10 см;
- Небольшой кусок пластилина 1-2 г на каждого участника;
- Скотч узкий 1 рулон на аудиторию;
- Ножницы 1 штука на аудиторию;
- Салфетки;

### Рекомендации по проведению работы

- На столе у дежурного должны быть: скотч, ножницы и вода. Всё это дежурный должен выдавать участникам по мере необходимости. Разливать воду в сосуды до начала олимпиады не рекомендуется, чтобы учащиеся не пролили её на свои работы.