

### ПРИМЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

#### 1. Выражаем все... (5 баллов)

Физики должны уметь хорошо считать и быстро делать математические преобразования. В этом задании вам надо выразить указанную величину через те, которые считаются известными. Важно помнить, что количество величин (букв), записанных в начальных уравнениях (системах уравнений) может быть больше, чем число известных величин.

► Вы должны в окончательных формулах одну неизвестную величину выразить только (!) через те, которые считаются известными. В листах, выданных Вам, будет такая же табличка с пустым четвертым столбцом, туда надо будет записать ответы.

№	Правильный ответ	Балл
1.1	$t = \frac{L}{V_1 + V_2}$	0,5
1.2	$a = \sqrt{c^2 - b^2}$	0,5
1.3	$t = \frac{c_1 m_1 t_1 + c_2 m_2 t_2}{c_1 m_1 + c_2 m_2}$	1
1.4	$R_2 = \frac{RR_1}{R_1 - R}$	1
1.5	$t_3 = \frac{2t_2 t_1}{t_2 - t_1}$	2

#### 2. Юные физики смешали три жидкости... (5 баллов)

Три жидкости имеют плотности  $\rho$ ,  $2\rho$  и  $3\rho$ . В первом опыте юные физики смешали равные объёмы этих жидкостей. Получилась жидкость плотности  $\rho_1$ . Во втором юные физики опыте смешали равные массы этих жидкостей. Получилась жидкость плотности  $\rho_2$ .

► Найти отношение  $\frac{\rho_1}{\rho_2}$ .

#### ПРИМЕРНОЕ РЕШЕНИЕ:

Определим среднюю плотность жидкости при смешивании равных объемов. Объём одной жидкости обозначим  $V$ , объём смеси равен  $3V$ .

Определим нужные для этого массы жидкостей

$$m_1 = \rho V;$$

$$m_2 = 2\rho V;$$

$$m_3 = 3\rho V.$$

Тогда средняя плотность смеси в этом случае равна

$$\rho_1 = \frac{m_1 + m_2 + m_3}{3V} = \frac{\rho V + 2\rho V + 3\rho V}{3V} = 2\rho.$$

Теперь определим среднюю плотность при смешивании равных масс этих жидкостей. Массу одной жидкости обозначим  $m$ , полную массу смеси  $3m$ . Определим объёмы жидкостей

$$V_1 = \frac{m}{\rho};$$

$$V_2 = \frac{m}{2\rho};$$

$$V_3 = \frac{m}{3\rho}.$$

Средняя плотность жидкости в этом случае равна

$$\rho_2 = \frac{3m}{V_1 + V_2 + V_3} = \frac{3m}{\frac{m}{\rho} + \frac{m}{2\rho} + \frac{m}{3\rho}} = \frac{18}{11}\rho.$$

Отношение средних плотностей равно

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{2\rho}{\frac{18}{11}\rho} = \frac{22}{18} = \frac{11}{9}.$$

### КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ:

Записано правильное выражение для средней плотности, но больше в задаче ничего разумного нет	0,5 балла
Все нижесказанное относится к случаю, когда есть осознанное решение. В этом случае оценивать отдельно правильно записанную формулу для соотношения массы, плотности и объема на надо.	
Для смешивания равных объемов правильно определены значения масс смешиваемых жидкостей	1 балл
Для смешивания равных объёмов правильно определена средняя плотность. ВАЖНО. Если для смешивания равных объемов правильно определена средняя плотность, то это следует оценивать в 2 балла вне зависимости от того, как и насколько подробно это делается!	1 балл
Для смешивания равных масс правильно определены значения объемов смешиваемых жидкостей	1 балл
Для смешивания равных масс правильно определена средняя плотность. ВАЖНО. Если для смешивания равных масс правильно определена средняя плотность, то это следует оценивать в 2 балла	1 балл

вне зависимости от того, как и насколько подробно это делается!	
Правильно найдено отношение средних плотностей	1 балл

### 3. Пыхи, уши, амы... Кряк! (6 баллов)

Как известно, в основной системе единиц, принятой в России и в мире (СИ), длина измеряется в метрах, время – в секундах, масса в килограммах. В некоторой далекой галактике в качестве единиц измерения длин обычно используются пыхи, секунд – уши, а килограммов – амы, причем 1 метр равен 80 пыхов, 1 секунда = 5 ухов, 16 кг = 1 ам.

Таким образом, единицей измерения скорости «у нас» является метр в секунду, а «у них» - пых в ух.

► 3.1.(1 балл) Выразите 1 м/с в пых/ух.

► 3.2.(2 балла) Пусть тело движется со скоростью 90 км/ч. Чему будет равно значение скорости, измеренное в пых/ух?

Единицей измерения силы «у нас» является Ньютон. Ньютон можно выразить через основные единицы системы СИ –

$$1 \text{ Н} = 1 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2}.$$

► 3.3.(3 балла) В далекой галактике силу измеряют в кряках. Выразите 1 кряк в Ньютонах.

#### ПРИМЕРНОЕ РЕШЕНИЕ:

3.1. 1 метр – это 80 ухов, 1 секунда – это 5 ухов, поэтому

$$1 \frac{\text{м}}{\text{с}} = \frac{80 \text{ пых}}{5 \text{ ух}} = 16 \frac{\text{пых}}{\text{ух}}.$$

Таким образом 16 пых/ух составляют 1 м/с.

3.2. Сначала 90 км/ч переведем в м/с. Как известно, это 25 м/с. Так как 1 м/с – это 16 пых/ух, то 90 км/ч будут равны  $25 \cdot 16 = 400$  пых/ух.

3.3. Выразим 1 Ньютон в Кряках:

$$1 \text{ Н} = 1 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2} = \frac{1}{16} \frac{\text{ам} \cdot 80 \text{ пых}}{5^2 \text{ ух}^2} = \frac{80}{16 \cdot 25} = \frac{\text{ам} \cdot \text{пых}}{\text{ух}^2} = \frac{1}{5} \text{ кряк}.$$

Таким образом 1 кряк составляют 5 Н.

#### КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ:

3.1	Все сделано правильно	1 балл
3.2	90 км/ч переведены в м/с	1 балл
	90 км/ч выражены в пых/ух	1 балл
3.3	Все сделано правильно	3 балла
	Есть ошибка, скорее всего, забудут уши возвести в квадрат. Либо другие ошибки, за каждую вычитаем 1 балл	3 – 1(2 / 3)

#### 4. Юные физики и липкая лента (7 баллов)

Липкая лента (скотч) намотана на цилиндрическую катушку, образуя плотный рулон. Внешний радиус рулона равен  $R = 5$  см, а толщина рулона равна  $d = 18$  мм. Длина ленты в рулоне  $L = 120$  м.

Толщину одного слоя обозначим  $h$ , количество слоёв в рулоне  $N$ .

Юным физикам нужно как можно точнее определить:

► 4.1. (6 баллов) количество слоёв  $N$  в рулоне.

Для этого определите:

а. длину окружности первого (самого маленького,) витка ленты, намотанной на рулон (см. подсказку 1, расположенную в конце задачи); б. длину окружности второго витка, третьего витка и т. д. (второго, третьего и т. д. слоя); в. найдите сумму длин всех витков, намотанных на рулон. Для этого воспользуйтесь подсказкой 2, размещенной в конце задачи; г. свяжите полученную величину с длиной ленты; д. найдите количество слоёв  $N$ .

► 4.2. (1 балл) найдите толщину  $h$  одного слоя.

Как надо решать задачу?

Подсказка 1.

Длина окружности равна  $2\pi r$ , где  $r$  – радиус окружности,  $\pi = 3,1415926536$ .

Подсказка 2.

Пусть у нас есть набор  $n$  членов, причем первый равен  $x_1 = a$ , второй равен  $x_2 = a + b$ , третий равен  $x_3 = a + 2b$ , четвёртый равен  $x_4 = a + 3b$ , ..., а последний член с номером  $n$  равен  $x_n = a + (n-1)b$ . Нам надо посчитать значение суммы всех этих членов  $S = x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n$ . Для расчета этой суммы следует применять формулу

$$S = \frac{x_1 + x_n}{2} n.$$

#### ПРИМЕРНОЕ РЕШЕНИЕ:

4.1. Используя подсказку № 1, найдем длину окружности первого витка (слоя)

$$L_1 = 2\pi(R - d).$$

Найдем длину второго слоя

$$L_2 = 2\pi(R - d + h),$$

третьего слоя

$$L_3 = 2\pi(R - d + 2h),$$

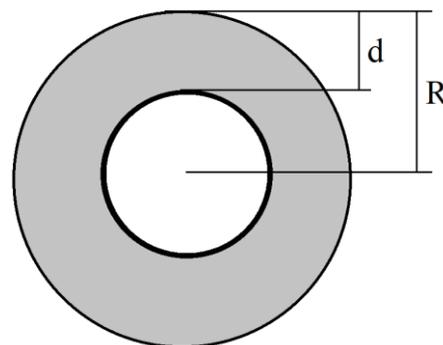
четвёртого

$$L_4 = 2\pi(R - d + 3h),$$

и, наконец, с номером  $n$

$$L_n = 2\pi(R - d + (n - 1)h).$$

Понятно, что сумма длин всех этих витков будет равна полной длине ленты  $L$ , поэтому



$$L = L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_N =$$

$$2\pi(R-d) + 2\pi(R-d+h) + 2\pi(R-d+2h) + \dots + 2\pi(R-d+(N-1)h).$$

Для того, чтобы посчитать эту сумму, внимательно посмотрим на структуру выражения. Сначала заметим, что в сумме всего есть  $N$  штук слагаемых, причем в каждом из них будет слагаемое

$$2\pi(R-d).$$

Так как всего слагаемых  $N$  штук, то сумма этих одинаковых частей будет равна

$$2\pi N(R-d).$$

Далее у нас в сумме еще будет  $(N-1)$  слагаемое, сумма которых будет выглядеть следующим образом:

$$2\pi h + 2\pi \cdot 2h + 2\pi \cdot 3h + \dots + 2\pi(N-1)h.$$

Для того, чтобы посчитать эту сумму, у нас есть подсказка №2. Так как первое слагаемое в этой сумме равно  $2\pi h$ , а последнее  $2\pi h(N-1)$ , а всего их  $(N-1)$ , то сумма равна

$$\frac{2\pi h + 2\pi(N-1)h}{2} \cdot (N-1) = \frac{2\pi N h}{2} \cdot (N-1) = \pi h N(N-1)$$

Таким образом, после расчета суммы получим, что длина ленты равна

$$L = 2\pi N(R-d) + \pi h N(N-1).$$

Учтем сейчас, что  $N$  слоёв толщины  $h$  каждый образует отрезок длины  $d$ , поэтому

$$N \cdot h = d.$$

С учетом этого выражение для  $L$  преобразуется следующим образом (во втором слагаемом меняем  $Nh$  на величину  $d$ )

$$\begin{aligned} L &= 2\pi N(R-d) + \pi h N(N-1) = 2\pi N(R-d) + \pi d(N-1) = \\ &= \pi(2NR - Nd - d). \end{aligned}$$

Из последнего выражения можем найти количество слоёв  $N$

$$N = \frac{L + \pi d}{\pi(2R - d)}.$$

Подставим числовые значения величин (все – в метрах) и получим

$$\begin{aligned} N &= \frac{L + \pi d}{\pi(2R - d)} = \\ &= \frac{120 + 3,1415926536 \cdot 1,8 \cdot 10^2}{3,1415926536 \cdot (2 \cdot 5 - 1,8) \cdot 10^{-2}} = 466. \end{aligned}$$

Теперь поймём, где можно было себе облегчить жизнь, и не выписывать столь много значащих цифр, тем самым упростив себе расчёты.

Во-первых, в числителе сравним первое и второе слагаемые. Посчитаем произведение  $\pi d$

$$\pi d = 3,1415926536 \cdot 1,8 \cdot 10^{-2} \approx 0,06 \text{ м}$$

Понятно, что 120 намного больше 0,06, поэтому вторым слагаемым можно пренебречь. Во-вторых, поймем насколько изменится ответ, если число  $\pi$  ограничить двумя знаками после запятой

$$N = \frac{120}{3,14 \cdot (2 \cdot 5 - 1,8) \cdot 10^{-2}} = 466.$$

Поэтому точность расчетов заключается совсем не в количестве знаков после запятой, которые мы пишем. Вот если бы мы забыли, что радиус каждого витка увеличивается из-за толщины пленки, то тогда мы бы посчитали неточно. Например, если мы будем считать, что каждый виток имеет длину  $2\pi(R - d)$ , то тогда число витков мы бы рассчитали так:  $2\pi(R - d)N = L$ , то число витков было бы равно 597. Или – мы считаем, что длина каждого витка равна  $2\pi R$ , то число витков было бы равно 382. Вот эти расчеты были бы неточными. Когда мы проводили расчеты, то учитывали, что длина каждого следующего витка становится больше из-за того, что лента имеет толщины. Наш ответ равен 466, что больше 382, но меньше 597. 382 – это нижняя (меньшая) оценка для количества витков, а 597 – верхняя (наибольшая) оценка. Мы же посчитали точно, а не оценочно.

После того, как определилось число слоёв, что толщина пленки легко находится из соотношения

$$h = \frac{d}{N};$$

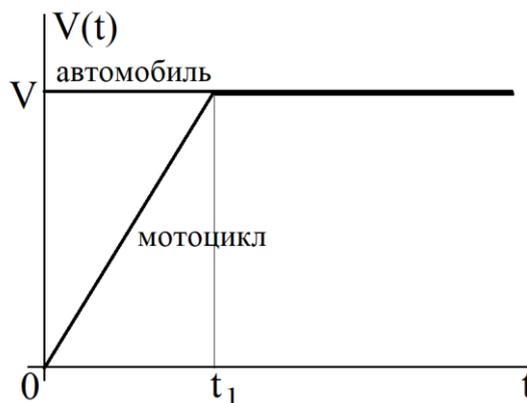
$$h = \frac{1,8 \cdot 10^{-2}}{466} = 3,86 \cdot 10^{-5} \text{ м.}$$

#### КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ:

Сделана либо нижняя, либо верхняя оценка для числа витков (общий вид (0,5 балла) + расчет (0,5 балла))		1 балл
После верных нижних (верхних) оценок числа витков рассчитана толщина пленки, по порядку – $10^{-5}$ м.		1 балл
Все следующее относится к работам, в которых есть попытки аккуратно все посчитать		
4.1	а. Найдена длина окружности первого витка	0,5 баллов
	б. Найдена длина окружности второго витка, третьего витка,.... и т.д. В нужном месте стоит толщина пленки, то есть учтено, что длины витков с увеличением номера увеличиваются	1 балл
	в. Найдена сумма длин всех витков либо с использованием подсказки, либо без нее	2 балла
	г. Написано, что сумма длин витков равна длине ленты	0,5 баллов
	д. Записано соотношение $N \cdot h = d$ . найден число витков в общем виде правильно посчитано число витков	1 балл 0,5 баллов 0,5 баллов
4.2	Найдена толщина пленки, единицы измерения значения не имеют	1 балл

### 5. Из пункта А в пункт В ... (6 баллов)

В тот момент времени, когда мотоцикл начинает движение из пункта А в пункт В мимо него проезжает автомобиль. Графики зависимости скоростей автомобиля и мотоцикла от времени представлены на рисунке.



► 5.1.(2 балла) Опишите характер движения автомобиля и мотоцикла. Для этого по порядку ответьте на вопросы: а) что (автомобиль или мотоцикл) быстрее движется в начальный момент времени ( $t=0$ ); б) как меняется скорость автомобиля с течением времени; в) как меняется скорость мотоцикла с течением времени; г) с какими скоростями движутся автомобиль и мотоцикл после момента времени  $t_1$ ?

В работе пишете вопрос (например, 5.1.б) и даете на него ответ.

► 5.2.(2 балла) Постройте приблизительный график зависимости расстояния между автомобилем и мотоциклом от времени. Все вопросы, которые были вам заданы в пункте 5.1 нужны для того, чтобы ответить на этот вопрос. График нужно построить качественно, мы понимаем, что есть область математики, которую Вы еще не знаете, но прямую линию от кривой Вы должны уметь отличать.

► 5.3.(2 балла) Через сколько времени после того, как автомобиль доедет до пункта В, туда доберется мотоцикл?

#### ПРИМЕРНОЕ РЕШЕНИЕ:

5.1. В начальный момент времени ( $t = 0$ ) автомобиль едет со скоростью  $V$ , а мотоцикл еще покоится. Далее скорость автомобиля не меняется, а мотоцикл движется с увеличивающейся скоростью до момента времени  $t_1$ , а после этого момента и автомобиль и мотоцикл движутся с постоянными и одинаковыми скоростями, равными  $V$ .

5.2. В начальный момент времени ( $t = 0$ ) расстояние между ними равно нулю (читай первое предложение в задаче), далее расстояние растет, так как скорость автомобиля до момента времени  $t_1$  больше скорости мотоцикла. После момента  $t_1$  скорости автомобиля и мотоцикла одинаковы, расстояние между ними не меняется и остается таким же, каким было в момент времени  $t_1$ .

Определим расстояние между ними в момент времени  $t_1$ . Для этого найдем путь, который прошел автомобиль

$$S_A = Vt_1.$$

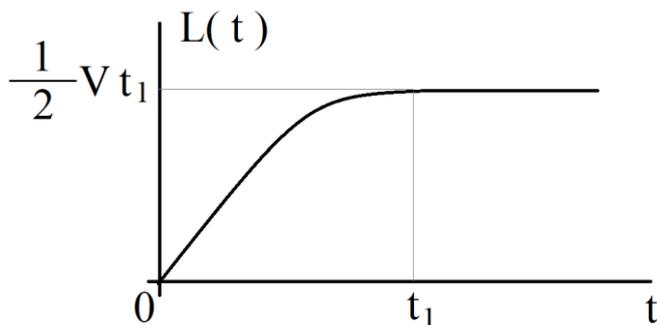
Путь мотоцикла за это время в два раза меньше. Как это найти? Либо средняя скорость мотоцикла за время  $t_1$  равна  $\frac{V}{2}$ , либо считаем площадь под графиком скорости от времени (площадь треугольника). Путь мотоцикла за время  $t_1$  равен

$$S_M = \frac{1}{2}Vt_1.$$

Таким образом, в момент времени  $t_1$  расстояние между ними равно

$$L = S_A - S_M = Vt_1 - \frac{1}{2}Vt_1 = \frac{1}{2}Vt_1.$$

График зависимости расстояния между автомобилем и мотоциклом от времени приведен на рисунке.



6.3. Когда автомобиль уже въедет в пункт В, мотоцикл будет от него на расстоянии  $L$ . Так как он движется со скоростью  $V$ , то для прохождения этого расстояния ему понадобится время

$$\frac{L}{V} = \frac{1}{2}t_1.$$

### КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ:

5.1.	а) В начальный момент времени ( $t = 0$ ) автомобиль едет со скоростью $V$ , а мотоцикл еще покоится.	0,5 балла
	б) скорость автомобиля не меняется	0,5 балла
	в) мотоцикл движется с увеличивающейся скоростью до момента времени $t_1$ , а после этого момента мотоцикл движется с постоянной скоростью $V$ .	0,5 балла
	г) их скорости одинаковы и равны $V$	0,5 балла
5.2.	Если просто нарисован без объяснений верный график	0,5 балла
	Найден путь автомобиля за время $t_1$	0,25 балла
	Найден путь мотоцикла за время $t_1$	0,75 балла
	Правильно (в том числе найдено расстояние $L$ ) построен график	1 балл
5.3.	Правильно найдено время (не важно на языке формул или с помощью логических построений)	2 балла

### 6. Юные физики и расширяющаяся жидкость (5 баллов)

В цилиндрический сосуд налита жидкость объемом  $V_0$ , температура жидкости и окружающей среды равна  $0^{\circ}\text{C}$ . Когда температура в комнате начала увеличиваться, то обнаружилось, что жидкость расширяется, причём её объём в зависимости от температуры меняется по линейному закону  $V(t) = V_0(1 + kt)$ .

Здесь  $k$  – некоторая постоянная величина,  $t$  – температура по шкале Цельсия. Юные физики, обнаружив этот факт, сделали вывод о том, что раз уровень жидкости в сосуде будет увеличиваться, то давление жидкости на дно тоже будет увеличиваться – ведь хорошо известно, что гидростатическое давление меняется по закону  $\rho gh$ , а раз жидкость расширяется, то ее уровень в сосуде увеличивается при нагревании, а, следовательно, давление на дно растёт. Масса жидкости равна  $m$ , сосуд с увеличением температуры не расширяется, площадь дна сосуда равна  $S$ .

► 6.1. (2 балла) Установите размерность постоянной  $k$  в формуле для зависимости объема от температуры.

► 6.2. (1 балл) Определите, как меняется уровень жидкости в сосуде при нагревании.

► 6.3. (2 балла) В своих рассуждениях юные физики сделали ошибку. Найдите её.

### ПРИМЕРНОЕ РЕШЕНИЕ:

6.1. Установим размерность постоянной  $k$ . Произведение  $kt$  должно быть безразмерным, следовательно  $k$  имеет размерность  $1/^\circ\text{C}$  (размерность – градус в минус первой степени).

6.2. Так как в условии сказано, что сосуд не расширяется, то жидкость при расширении может «расти» только в высоту, поэтому уровень жидкости (сосуд имеет цилиндрическую форму) с увеличением температуры меняется следующим образом

$$h(t) = \frac{V(t)}{S} = \frac{V_0}{S}(1 + kt) = h_0(1 + kt),$$

где  $h_0 = \frac{V_0}{S}$  - начальный уровень воды в сосуде.

6.3. С увеличением температуры меняется плотность жидкости, так как при неизменной массе увеличивается ее объём. Ответ на вопрос, как меняется плотность жидкости с увеличением температуры легко получить

$$\rho(t) = \frac{m}{V(t)} = \frac{m}{V_0(1 + kt)}$$

Определим давление жидкости на дно при температуре  $t$

$$p(t) = \rho(t) \cdot g \cdot h(t) = \frac{m}{V_0(1 + kt)} \cdot g \cdot \frac{V_0}{S}(1 + kt) = \frac{mg}{S} = p_0.$$

Видим, что давление на дно с увеличением температуры не меняется.

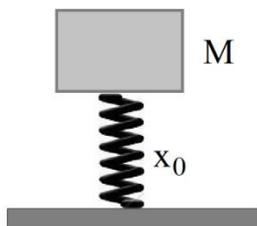
Для тех, кто не помнит, почему возникает гидростатическое давление: на жидкость массы  $m$  действует сила тяжести  $mg$ , из-за этого она давит на дно с такой же по величине силой. Давление – это сила, деленная на площадь, поэтому и возникает  $\frac{mg}{S}$ . Если Вы больше привыкли к формуле  $p = \rho gh$ , то

сейчас получим и её. Масса жидкости равна  $m = \rho V = \rho Sh$ , подставим это выражение в формулу для давления и получим столько привычное для гидростатического давления выражение  $p = \rho gh$ .

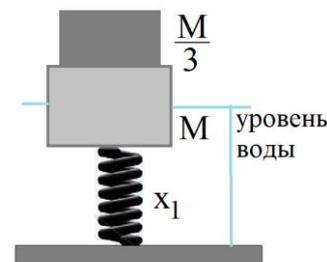
Таким образом, ошибка юных физиков заключалась в том, что они забыли, что при неизменной массе с увеличением объема у жидкости уменьшается плотность.

### КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ:

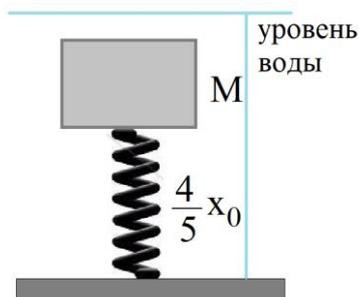
6.1.	Найдена размерность $k$	2 балла
6.2.	Установлена зависимость высоты уровня воды от температуры	1 балл
6.3.	Словами сказано, что плотность уменьшается (расчетов нет) – ставится только 1 балл Найдена зависимость плотности от температуры, показано,	

**7. Юные физики и пружинка (8 баллов)**

Нижний конец вертикальной пружинки юные физики прикрепили к дну сосуда. На верхний конец они аккуратно поместили тело некоторой массы таким образом, что его верхняя и нижняя грань горизонтальны, а вертикальность пружины сохраняется. При этом величина сжатия пружины оказалась



равной  $x_0$ .



Затем они на тело положили груз, масса которого в три раза меньше массы тела, а в сосуд аккуратно налили жидкость так, чтобы тело наполовину находилось в воде. Величину деформации пружины в этом случае обозначим  $x_1$ .

Теперь они аккуратно снимают груз с тела и доливают воду так, чтобы тело полностью находилось в воде.

Величина деформации пружины в этом случае оказалась равной  $\frac{4}{5}x_0$ .

**Обратите внимание:  $x_0$ ,  $\frac{4}{5}x_0$  и  $x_1$  – это величины деформации пружины в рассматриваемых случаях, а не ее длина в сжатом состоянии!!!**

► Считая  $x_0$  известным, найдите  $x_1$ .

**ПРИМЕРНОЕ РЕШЕНИЕ:**

Запишем условие покоя тела в первом случае

$$Mg = kx_0. \quad (1)$$

Здесь масса тела обозначена  $M$ ,  $k$  – коэффициент упругости пружины,  $g$  – ускорение свободного падения.

Запишем условие покоя тела во втором случае

$$Mg + \frac{1}{3}Mg = kx_1 + \frac{1}{2}\rho gV. \quad (2)$$

Здесь  $\rho$  – плотность жидкости,  $V$  – объём тела.

Запишем условие покоя тела в третьем случае

$$Mg = \frac{4}{5}kx_0 + \rho gV. \quad (3)$$

Из соотношений (3) и (1) находим силу Архимеда

$$\rho gV = \frac{1}{5}kx_0.$$

Полученное выражение и выражение (1) подставляем в (2) и получаем

$$\frac{4}{3}kx_0 = kx_1 + \frac{1}{10}kx_0.$$

Сократив коэффициент упругости пружины, выражаем неизвестную величину  $x_1$  через известную  $x_0$

$$x_1 = \frac{37}{30} x_0.$$

### КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ:

Записано выражение (1)	1 балл
Записано выражение (2)	2 балла
Записано выражение (3)	2 балл
Сила Архимеда (либо её половина) выражена через $kx_0$ , либо $Mg$	1 балл
Правильно сделаны все арифметические преобразования, верно найдено значение $x_1$ . Если до этого, явно не определяя силу Архимеда, умудряются получить правильный ответ, то сразу ставить 2 балла	2 балл

### 8. Невнимательный, но бережливый юный физик (8 баллов)

Юный нетерпеливый, но бережливый физик обнаружил утечку воды из крана. Он подумал, что эта утечка может нанести серьёзный ущерб семейному бюджету, и решил вечером серьезно поговорить об этом с родителями. Чтобы разговор был аргументированным, он провел ряд измерений.

Он установил, что каждые 5 секунд из крана падает одна капля воды.

Чтобы определить массу 1 капли он подвесил пустой стаканчик к электронному безмену (весам), цена деления которого составляет 0,01 грамм, и каждые 20 секунд стал записывать их показания. Но терпения юному физика хватило ровно на три минуты. Через 3 минуты он вспомнил, что сегодня ещё не проверял свою страничку в ВК, и на какое-то время отвлекся, но вскоре заново стал записывать показания весов через те же 20 секунд. Результаты своих измерений он занес в таблицу:

t, с	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180
m, г	5,00	5,19	5,41	5,62	5,80	6,40	6,21	6,42	6,58	6,80

и после перерыва

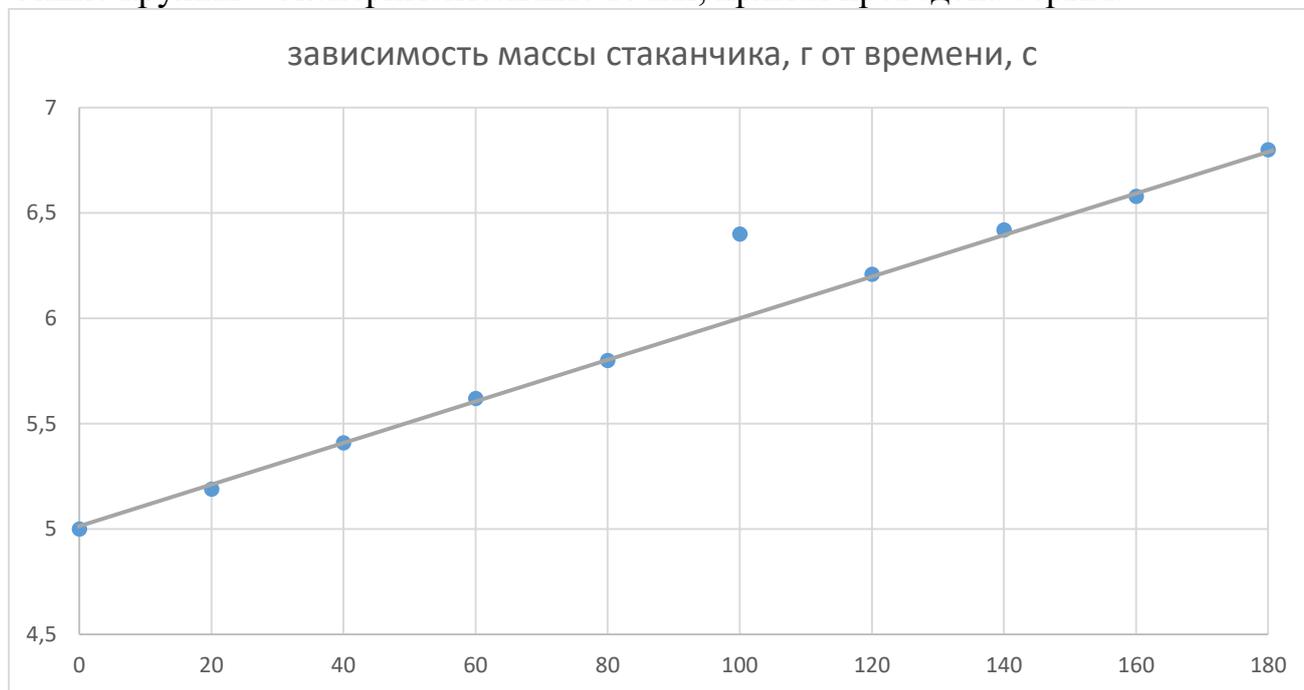
t, с				
m, г	7,52	7,69	7,91	8,12

- ▶ (2 балл) Постройте график зависимости показаний весов от времени.
- ▶ (1 балл) Найдите ошибку в записях юного физика и объясните, почему вы считаете это ошибкой.
- ▶ (2 балла) Определите массу одной капли.
- ▶ (1 балл) Сколько времени юный физик потратил на посещение своей странички ВК?
- ▶ (1 балл) Определите, сколько воды «укапает» из этого крана в предположении, что в течение всего года из него всегда капает 1 капля неизменной массы за 5 секунд.
- ▶ (1 балл) Какой ущерб может нанести эта утечка семейному бюджету за год? Стоимость 1 кубического метра холодной воды в Екатеринбурге 34,6 рубля.

### ПРИМЕРНОЕ РЕШЕНИЕ:

Перед тем, как строить график, поймем, какую зависимость мы ожидаем. Так как за одно и то же время (5 секунд) в стаканчик попадает одна и та же масса воды (одна капля), то график ожидается линейный.

Построим график зависимости показаний весов от времени – см. чертеж. Синие кружки – экспериментальные точки, прямая проведена серым.



Из графика очень хорошо видим, что есть одна точка (100 с, 6,40 г), которая никак не «укладывается» на график. Видимо здесь при записи результатов наш физик ошибся.

Определим массу одной капли. За 180 секунд масса стаканчика изменилась на  $\Delta m = 6,80 - 5,00 = 1,80$  грамм, так как за 5 секунд падает одна капля, то за 180 секунд в стаканчик попало  $\frac{180}{5} = 36$  капель. Тогда масса одной капли равна

$$m_0 = \frac{1,8}{36} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ грамма или } 5 \cdot 10^{-5} \text{ кг.}$$

Определим, сколько времени юный физик потратил на посещение странички ВК. За то время, пока он отвлекался, в стаканчик накапало  $7,52 - 6,80 = 0,72$  грамма. Это  $\frac{0,72}{0,05} = 14,4$  капли воды. Так как одна капля падает раз в пять секунд, то перерыв занял время  $14,4 \cdot 5 = 72$  с.

Теперь оценим возможный ущерб семейному бюджету. 1 капля в 5 секунд – 12 капель в минуту,  $12 \cdot 60$  капель в час,  $12 \cdot 60 \cdot 24$  капель в сутки,  $12 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 365$  капель в год. Такое количество капель будет иметь массу  $5 \cdot 10^{-5} \cdot 12 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 365 = 315,4$  кг.

1 кг имеет объем 1 литр, 1 литр – это  $10^{-3} \text{ м}^3$ . Поэтому объем всех капель, упавших из крана за год будет примерно равен  $0,32 \text{ м}^3$ . В рублях это будет  $0,32 \cdot 34,6 \text{ рубль} = 11,1 \text{ рубль}$ .

#### КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ:

8.1.	Построение графика, из них	2 балла
------	----------------------------	---------

	Оси подписаны и оцифрованы	0,5 балла
	Выбран по осям удобный масштаб (через 1, 2, 5 .. секунд), но не через 7, 13, 3 и т.д.	0,5 балла
	Точки стоят правильно, проведена плавная линия	0,5 балла
	Общая культура оформления графика (он занимает достаточно большое место, на нем можно разобрать значения и т.д.)	0,5 балла
8.2.	Верно указана неправильная точка	1 балл
	Есть объяснение, почему она неправильная	1 балл
8.3.	Если правильно найдена из таблицы по двум соседним точкам	1 балл
	Если найдена из графика (таблицы) по не соседним точками (как в решении), посчитана правильно, если посчитана не правильно, то баллов нет	2 балла
8.4.	Если есть идея по нахождению времени, но ошибка в счете	0,5 балла
	Если все правильно	1 балла
8.5.	Правильно найдена масса воды за год	0,5 балла
	Правильно оценен ущерб	0,5 балла