

**Интеллектуальный марафон школьников города Челябинска по физике.
Очный тур. 2019 год. 7 класс**

Задача №1.

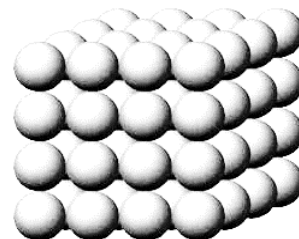
При подготовке к олимпиаде в бассейне проводилось тестирование системы фотофиксации. Данная система представляет собой тележку, которая равномерно движется вдоль бассейна параллельно дорожкам, по которым происходит заплыв. На тележке установлена автоматическая фотокамера, которая делает снимок пловца в тот момент, когда он оказывается точно напротив камеры.

Во время тестирования тележка стартовала одновременно с единственным пловцом, сделав в момент старта первый кадр. Пловец плывёт равномерно. Достигнув бортика бассейна, пловец очень быстро разворачивается и плывёт обратно с той же скоростью. Тележка все время движется равномерно, причем ее скорость меньше скорости пловца. Противоположного бортика бассейна тележка и пловец достигли одновременно, и в этот момент камера сделала последний снимок. Всего за время движения камера сделала $N = 13$ снимков, включая первый и последний. Длина бассейна $L = 50$ м. Тележка двигалась в течение $t_0 = 520$ с. По этим данным определите:

- 1) Какова скорость пловца?
- 2) На каком расстоянии от места старта находилась тележка во время второго снимка?
- 3) Во сколько раз отличаются промежутки времени между снимками с самой большой паузой и самой маленькой паузой? Паузой будем называть промежуток времени между двумя последующими снимками.

Задача №2

Рыболов решил упаковать свинцовые шарообразные грузила в спичечные коробки. У него имеется два вида грузил: диаметром 2.5мм и диаметром 10 мм. Размеры каждого коробка 1см*4см*5см.



1. Сколько больших шариков влезет в спичечный коробок, если укладывать их так, как показано на рисунке?
2. Сколько маленьких шариков влезет в спичечный коробок, если укладывать их так, как показано на рисунке?
3. Чему равна средняя плотность полностью заполненной спичечной коробки с шариками диаметром 2,5 мм?
4. На сколько грамм тяжелее коробок с большими шариками, чем коробок с маленькими шариками?

Массой спичечного коробка при расчетах можно пренебречь. Объем шарика рассчитывать по формуле $V = \frac{4}{3}\pi r^3$, где $\pi = 3,14$, r - радиус шара. Плотность свинца принять равной $11\,340 \text{ кг/м}^3$.

Задача №3

С помощью выданного вам оборудования определите:

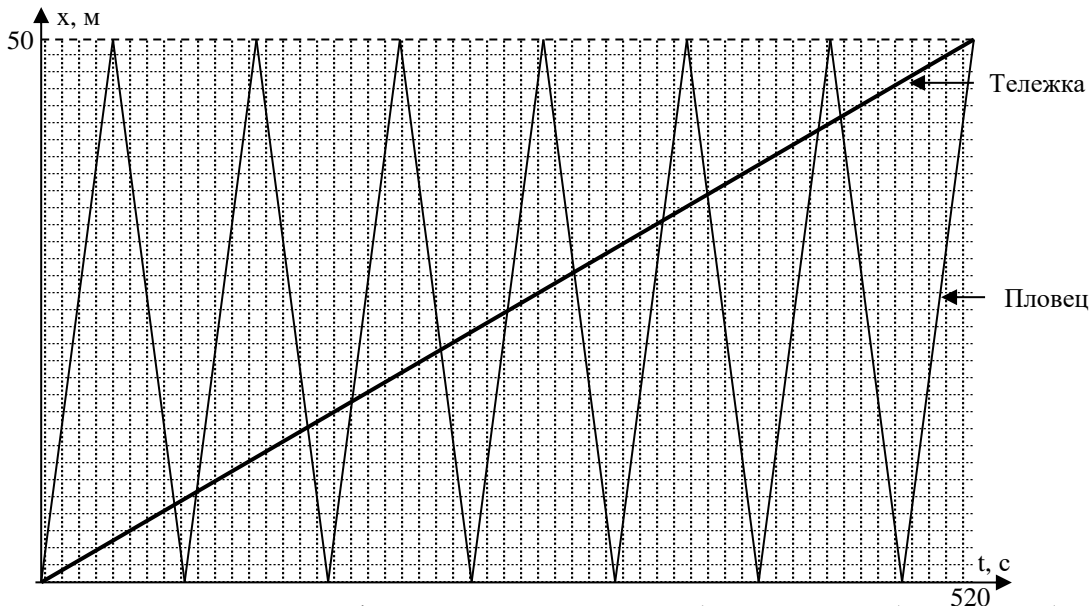
- 1) среднюю плотность кубика сахара;
- 2) плотность кристалликов сахара.

Подсказки: Сахар постепенно растворяется в воде, при этом объем полученного сахарного сиропа не равен сумме объемов исходной воды и растворенного в ней сахара.

Оборудование: кубик сахара, стаканчик с сахаром-песком, стаканчик с водой, пробирка с приклеенной сбоку бумажкой, шприц, линейка, весы (общие на аудиторию), кювета, салфетка.

Возможные решения и критерии оценивания.

Задача №1.



На рисунке представлены графики движения тележки (толстая линия) и пловца (тонкая зигзагообразная линия). Точки пересечения этих графиков соответствуют моментам встречи камеры и пловца, по условию задачи их должно быть 13. Угловой коэффициент наклона этих графиков равен скорости тел. Рассмотрим первый участок графика движения пловца. Видно, что расстояние равное длине бассейна пловец пройдёт за время в 13 раз меньшее, чем время, которое понадобилось тележке. Значит скорость пловца в 13 раз больше, чем скорость тележки.

Пусть $U = \frac{L}{t_0}$ - скорость тележки, тогда скорость пловца: $v = U * 13 = \frac{L * 13}{t_0} = \frac{50 * 13}{520} = 1,25 \text{ м/с}$

Для ответа на второй вопрос сначала найдём, за какое время пловец переплывёт бассейн. Опять же из графика понятно, что $t_1 = \frac{t_0}{13}$. Тележка к этому моменту пройдёт расстояние $x_1 = U * t_1 = \frac{L}{13}$.

Теперь пловец и тележка сближаются со скоростью $v_{сб} = v + U$.

Встретятся они спустя время: $\Delta t_1 = \frac{(L-x_1)}{v_{сб}} = \frac{12L}{13(v+U)} = \frac{12L}{13 * 14U} = \frac{6t_0}{7 * 13} = \frac{6}{7} t_1$

Таким образом, тележка и пловец встретятся после старта через $t_2 = t_1 + \Delta t = \frac{13}{7} t_1 = \frac{t_0}{7}$

За это время тележка пройдёт расстояние $x_1 = U * t_2 = \frac{Ut_0}{7} = \frac{L}{7} \approx 7 \text{ м}$

Для ответа на третий вопрос нужно посмотреть на графике, между какими точками пересечения самый большой промежуток (1 и 2, а так же 12 и 13) и самый маленький (2 и 3, а так же 11 и 12).

Симметрия графиков позволяет нам утверждать, что паузы между указанными парами будут одинаковыми. Мы будем рассматривать паузу между 1 и 2 точками – максимальная пауза и между 2 и 3 точками – минимальная пауза.

Так как момент 1 снимка $t = 0$, то пауза между 1 и 2 снимком равна $\Delta t_{max} = t_2 = \frac{t_0}{7}$

Найдём теперь минимальную паузу $\Delta t_{min} = t_4 - t_2$, где t_4 – момент времени, когда был сделан 3 снимок. Для нахождения этого момента сначала определим момент времени, когда пловец вернётся к точке старта первый раз $t_3 = 2 \frac{t_0}{13}$

Теперь вычислим положение тележки в этот момент времени $x_2 = U * t_3 = \frac{2L}{13}$

В этот раз пловец догоняет тележку со скоростью $v_{дог} = v - U$

Тогда пловец после разворота догонит тележку через $\Delta t_2 = \frac{x_2}{v_{дог}} = \frac{2L}{13(v-U)} = \frac{2L}{13 * 12U} = \frac{2t_0}{12 * 13}$

Таким образом, в третий раз тележка и пловец встретятся в $t_4 = t_3 + \Delta t_2 = \frac{2t_0}{13} + \frac{2t_0}{12 * 13} = \frac{2t_0 * 13}{12 * 13} = \frac{t_0}{6}$

Тогда $\Delta t_{min} = t_4 - t_2 = \frac{t_0}{6} - \frac{t_0}{7} = \frac{t_0}{42}$

В задаче нас просят найти $n = \frac{\Delta t_{max}}{\Delta t_{min}} = \frac{t_0 * 42}{7 * t_0} = 6$

Распределение баллов

№ пункта	Критерии	Баллы
----------	----------	-------

1	Дан обоснованный ответ на первый вопрос задачи	2
2	Найдено время, за которое пловец переплывает бассейн	1
3	Найдено положение тележки в момент разворота пловца	1
4	Дан правильный ответ на второй вопрос задачи	1
5	Правильно указаны номера снимков с максимальной паузой	1
6	Правильно указаны номера снимков с минимальной паузой	1
7	Определён промежуток времени для максимальной паузы	1
8	Определён промежуток времени для минимальной паузы	1
9	Дан правильный ответ на третий вопрос задачи	1

Задача №2

1. Больших шариков в коробку влезет при выбранном способе упаковки $1 \cdot 4 \cdot 5 = 20$ шт.
 2. Маленьких шариков в коробку влезет при выбранном способе упаковки $4 \cdot 16 \cdot 20 = 1\ 280$ шт.
 3. Объем одного маленького шарика $8,18 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3$. Суммарный объем всех шаров $1,05 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$. Масса шаров 118,7 г. Средняя плотность, если пренебречь массой короба, составит $\rho = 5934,6 \text{ кг/м}^3$.
 4. Масса спичечных коробок, заполненных разными грузиками будет одинаковой.
- Поскольку число шаров в коробке можно найти по формуле

$N = \frac{a b c}{d d d}$, где a,b,c — линейные размеры коробки, d- диаметр шара.

Объем одного шара $V_0 = \frac{\pi(d)^3}{6}$, объем всех шаров $V = V_0 \cdot N = \frac{a b c \pi(d)^3}{d d d 6} = \frac{abc\pi}{6}$.

Таким образом при выбранном способе упаковки шариков объем свинца, а следовательно и его масса в коробке всегда будут одинаковы.

Критерии оценивания.

№	Содержание критерия	Балл
1	Посчитано количество маленьких шариков в коробке 1 280 шт	1
2	Посчитано количество больших шариков в коробке 20 шт	1
3	Рассчитан объем одного большого шарика (1 балл) Рассчитан объем всех шаров (1 балл) Рассчитана масса упакованных шаров (1 балл) Рассчитана средняя плотность (1 балл)	4
4	Приведены необходимые формулы, представлен расчет масс шаров в коробке, но из-за математической ошибки или некорректного округления получен неправильный ответ (2 балла) Представлено правильное доказательство (формульное или расчетное) (4 балла)	4
<i>Максимальный балл</i>		10

Задача №3

Для определения средней плотности кубика сахара определим его массу с помощью весов.

$m_{\text{кубика}} = 5,43 \text{ г}$.

Затем с помощью линейки измерим его стороны и вычислим объем.

$a = 21 \text{ мм}$, $b = 16 \text{ мм}$, $c = 15 \text{ мм}$, значит $V = 5040 \text{ мм}^3 = 5,040 \text{ см}^3$.

Тогда средняя плотность равна $\rho_{\text{ср}} = \frac{m}{V_{\text{кубика}}} = 1,08 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$.

Для измерения плотности кристаллов сахара воспользуемся сахаром-песком. Определим его массу с помощью весов $m_{\text{кристаллов}} = 6,1 \text{ г}$.

Нальем в пробирку некоторое количество воды и отметим на бумажке уровень. Затем высыпем в пробирку сахар и сразу же отмечаем новый уровень воды (пока сахар не успел

раствориться). Выливаем воду с сахаром из пробирки и заполняем ее чистой водой из шприца. С помощью шприца определяем объем воды, помещающийся в пробирку между двумя отметками. Этот объем будет равен суммарному объему кристаллов сахара. $V_{\text{кристаллов}} = 4,25 \text{ мл} = 4,25 \text{ см}^3$

$$\text{Плотность кристаллов равна } \rho_{\text{ср}} = \frac{m}{V_{\text{кубика}}} = 1,44 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}.$$

Критерии оценивания

№	Критерий	Балл
1	Определение массы кубика	1
2	Определение объема кубика	2
3	Расчет средней плотности кубика	1
4	Идея измельчения кубика	2
5	Способ определения объема сахарного песка	1
6	Использование нескольких кубиков для повышения точности	1
7	Значение средней плотности	2