

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ
(МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП)
возрастная группа (7 класс)

ЗАДАНИЕ 1.

Оператору промышленного 3D-принтера поступило техническое задание напечатать короб с толстыми стенками в форме параллелепипеда без крышки (рис. 1). Толщина каждой из его стенок – a ; ширина короба в 50 раз больше толщины; длина короба в два раза больше суммы его ширины и толщины; а если к ширине прибавить величину в 6 раз большую чем толщина стенки, то получится высота короба. Определить массу короба оператору не удалось, так как предел измерения весов этого не позволяет.

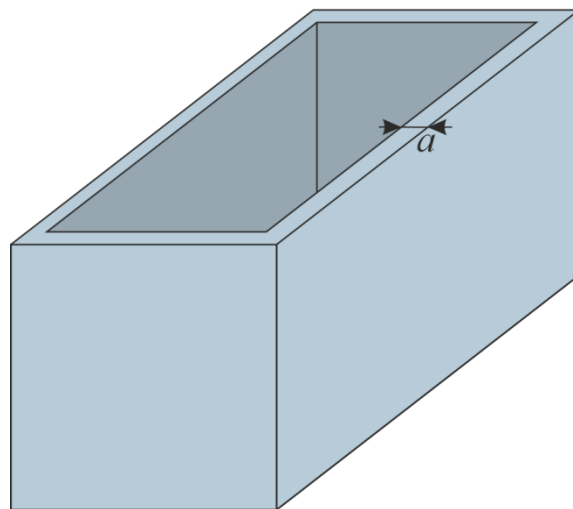


Рис. 1.

Но он напечатал из того же пластика маленький параллелепипед длиной в 0,1 ширины короба и квадратным основанием со стороной a , его масса оказалась равной 6г. Определите массу короба.

Решение.

1. Из условия имеем следующие характеристики короба (рис. Р1.).

толщина стенки короба	a
ширина короба	$50a$
длина короба	$2(50a + a) = 102a$
высота короба	$50a + 6a = 56a$

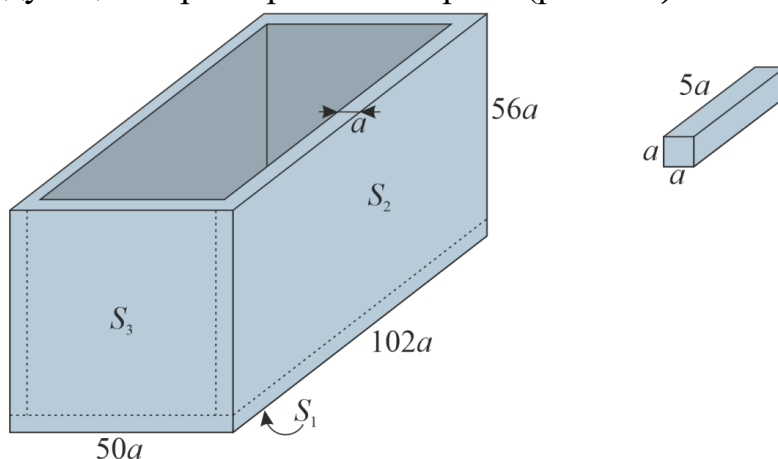


Рис. Р1.

Характеристики параллелепипеда (рис. Р1.).

сторона основания	a
длина	$0,1 \cdot 50a = 5a$

2. Масса параллелепипеда $m = \rho V_{\text{п}}$, где ρ – плотность пластика, $V_{\text{п}} = a^2 \cdot 5a = 5a^3$, окончательно

$$m = 5\rho a^3. \quad (1)$$

3. Масса короба $M = \rho V_k$, где

$$V_k = V_1 + V_2 + V_3 = S_1 a + 2S_2 a + 2S_3 a.$$

Объем основания короба $V_1 = S_1 a = (50a \cdot 102a)a = 5100a^3$. Часть площади боковых стенок будет учтена в объеме основания (рис. Р1. пунктиром) $V_2 = 2S_2 a = 2(56a - a) \cdot 102a \cdot a = 11220a^3$, часть площади передней и задней стенки учтена в объемах V_1 и V_2 (рис. Р1. пунктиром), тогда $V_3 = 2S_3 a = 2(50a - 2a) \cdot (56a - a) \cdot a = 5280a^3$. Окончательно $V_k = 21600a^3$.

4. Из формулы (1) $\rho a^3 = \frac{m}{5} = \frac{6\text{г}}{5} = 1,2\text{г}$.

5. Масса короба $M = 21600\rho a^3 = 21600 \cdot 1,2\text{г} = 25920\text{г} = 25,920\text{ кг}$.

Критерии оценивания

1.	Определены характеристики короба и параллелепипеда	2 балла
2.	Записана формула нахождения массы или плотности параллелепипеда	1 балл
3.	3.1. Верно записана формула (набор формул) для расчета объема короба (за каждую формулу для V_1 , V_2 , V_3 по 1 баллу, и 1 балл за окончательное выражение для объема) 3.2. Не учтены повторяющиеся элементы объема весь этап оценивается в 1 балл	4 балл
4.	Записана формула связывающая массы короба и параллелепипеда или определено значение ρa^3 .	2 балла
5.	Верно рассчитана масса короба	1 балл
Всего		10 баллов

Замечание. Участники могут найти объем с повторяющимися элементами, а затем вычесть их объемы, тогда пункт 3 оценивается полностью в 4 балла.

ЗАДАНИЕ 2.

Тележка длиной l катится по горизонтальной плоскости со скоростью u . По тележке туда-обратно вдоль направления движения от стенки к стенке с постоянной скоростью бегают мышонки (рис.2.1) На рисунке 2.2 представлен график зависимости смещения s мышонка относительно земли от времени t , где τ – время движения мышонка от стенки до стенки тележки.

Определите, где в начальный момент времени находится мышонок и найдите скорость движения мышонка относительно тележки.

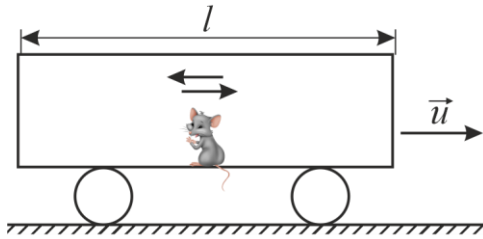


Рис. 2.1.

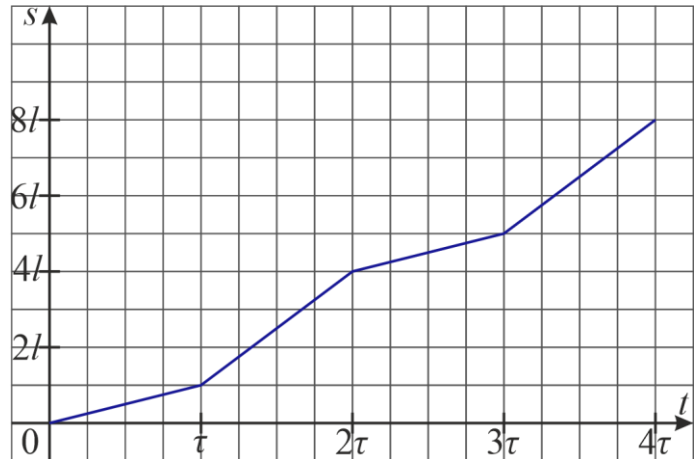


Рис. 2.2.

Решение.

Пусть скорость движения мышонка относительно тележки v , тогда время движения щенка от стенки до стенки $\tau = \frac{l}{v}$.

Обозначим первый участок графика s_1 второй s_2 (рис. Р2.), далее движение повторяется, длины повторяющихся участков одинаковы, следовательно в начальный момент времени мышонок был у одной из стенок тележки.

Угол наклона графика на первом участке меньше, чем на втором, значит, скорость мышонка относительно земли в первом случае меньше, т.е. сначала мышонок бежит в направлении противоположном движению тележки, а потом по движению, то есть в начальный момент времени мышонок был у правой стенки тележки.

Скорость смещения мышонка относительно земли на первом участке равна $u - v$, на втором соответственно равна $u + v$.

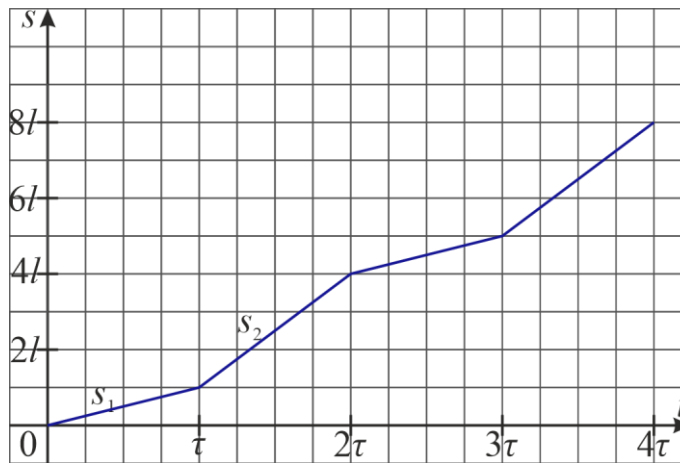


Рис. Р2.

Из графика видно, что смещение $s_1 = l$, смещение $s_2 = 3l$, с другой стороны $s_1 = (u - v)\tau = (u - v)\frac{l}{v}$ и $s_2 = (u + v)\tau = (u + v)\frac{l}{v}$. Получили систему уравнений

$$\begin{cases} l = (u - v)\frac{l}{v}, \\ 3l = (u + v)\frac{l}{v}. \end{cases} \quad (1)$$

Откуда получаем, что скорость мышонка относительно тележки $v = \frac{1}{2}u$.

Критерии оценивания

1.	Найдена связь времени τ со скоростью мышонка относительно тележки	1 балл
2.	Показано, что мышонок в начальный момент времени находится у правой стенки тележки.	2 балла
3.	Верно определено по графику смещение на первом участке	1 балл
4.	Верно определено по графику смещение на втором участке	1 балл
5.	Получены соотношения (1)	4 балла
6.	Определено, что скорость мышонка относительно тележки равна $0,5u$	1 балл
Всего		10 баллов

ЗАДАНИЕ 3.

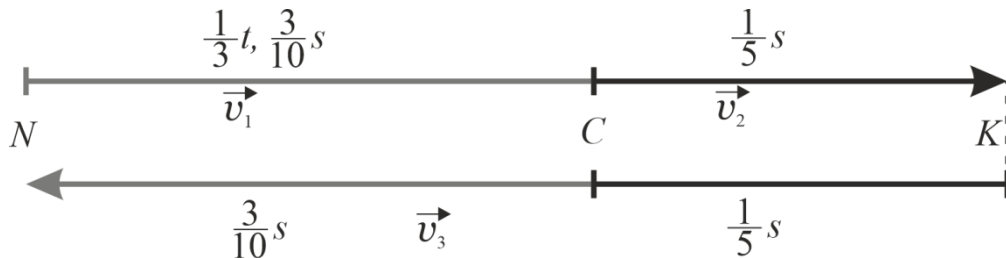
Автобус едет из города N в город K и обратно. Первую треть всего времени движения он ехал со скоростью $v_1 = 72 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$, затем пятую часть всего

пути двигался со скоростью v_2 . В городе K он развернулся и вернулся в город N по той же дороге. На обратном пути он ехал с постоянной скоростью v_3 . Вычислите среднюю скорость автобуса на всем пути. Определите минимальное возможное значение скорости v_2 . Считайте, что на разворот в городе K автобус затратил незначительное время.

Решение.

1.1. Обозначим все время движения из N в K и обратно через t , весь пройденный путь s , тогда средняя скорость на всем пути $v_{\text{ср}} = \frac{s}{t}$.

1.2. Обозначим участок, на котором скорость была равна v_1 через NC , тогда второй участок на пути из N в K будет CK (рис. Р3), то есть весь путь складывается из двух участков NC и двух участков CK .



Второй участок пути из N в K составил пятую часть пути, т.е. $CK = \frac{1}{5}s$, два таких участка (на пути туда и обратно) составляют $2CK = \frac{2}{5}s$, значит, на два одинаковых участка NC остается $\frac{3}{5}s$, и $NC = \frac{3}{10}s$.

1.3. Из условия время движения на первом участке $\frac{1}{3}t$, тогда

$$v_1 = \frac{\frac{3}{10}s}{\frac{1}{3}t} = \frac{9s}{10t} = \frac{9}{10}v_{\text{ср}}.$$

1.4. Откуда имеем

$$v_{\text{ср}} = \frac{10}{9}v_1 = \frac{10}{9} \cdot 72 \frac{\text{км}}{\text{ч}} = 80 \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$

2.1. Для ответа на второй вопрос задачи, запишем

$$v_2 = \frac{\frac{1}{5}s}{t_2}. \quad (1)$$

2.2. Пройденный путь на втором участке фиксирован, то есть изменять можем только время движения, и v_2 минимально, когда t_2 максимально.

2.3. Все время движения t , на первый участок уже затрачено $\frac{1}{3}t$, о времени движения на третьем участке (на обратном пути) ничего не известно, но оно не может быть меньше нуля, т.е. имеем следующее ограничение $t_2 \leq \frac{2}{3}t$. Проверим его в случае равенства

$$v_{2\min} = \frac{\frac{1}{5}s}{\frac{2}{3}t} = \frac{3s}{10t} = \frac{3}{10}v_{\text{ср}} = \frac{3}{10} \cdot 80 \frac{\text{км}}{\text{ч}} = 24 \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$

Если скорость на втором участке пути будет меньше $v_{2\min} = 24 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$, то время движения по третьему участку пути будет отрицательным, что невозможно.

Критерии оценивания

1.1.	Записано выражение для средней путевой скорости	1 балл
1.2.	Получено выражение для пути пройденного на первом участке пути	2 балла
1.3.	Получено выражение связывающее скорость на первом участке и среднюю скорость.	1 балл
1.4.	Определено значение средней скорости на всем пути	1 балл
2.1.	Записано соотношение (1) для скорости v_2 или аналогичное	1 балл
2.2.	Указано, что скорость v_2 минимальна, когда время t_2 на втором участке максимально	1 балл
2.3.	Определено ограничение для времени $t_2 \leq \frac{2}{3}t$	2 балла
2.4.	Получено минимальное значение скорости v_2	1 балл
Всего		10 баллов

Замечание. Все рассуждения во второй части могут быть проведены без формул, если это привело к верному результату, баллы за вторую часть не снимаются.

ЗАДАНИЕ 4.

Шарик пускают по наклонному желобу без начальной скорости от первой длинной отметки (рис. 4). Длинные отметки нанесены на равных расстояниях, начиная от конца желоба. Датчик включения электронного секундомера крепят на первой короткой отметке (короткие отметки нанесены

на равных расстояниях от длинных). Секундомер автоматически включается в момент прохождения шариком датчика и выключается, когда шарик ударяется о барьер в конце желоба. Измерения проводят пять раз. Затем эксперимент повторяют, пуская шарик от второй длинной отметки, а датчик помещают на второй короткой отметке. И так далее.

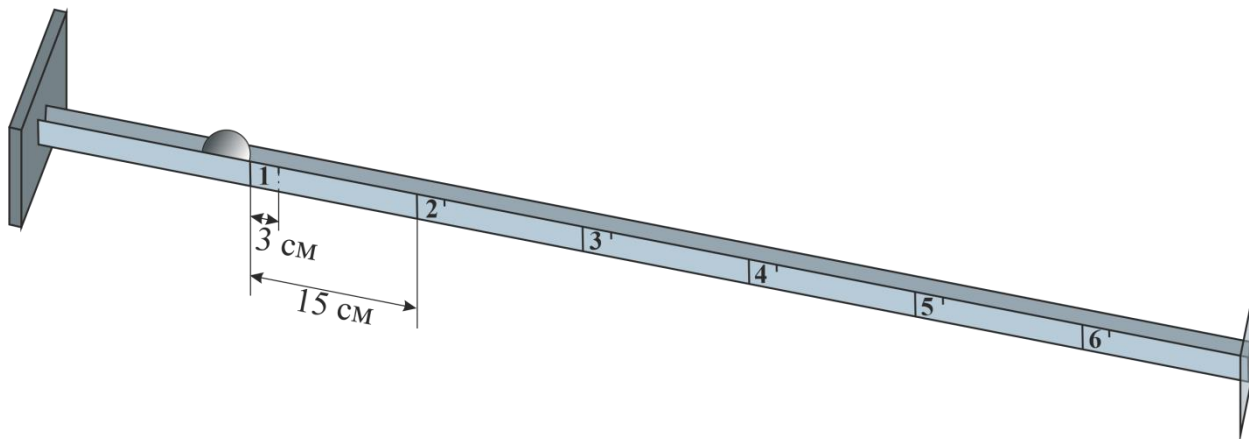


Рис. 4.

Результаты измерений записывают в таблицу.

№ опыта	1	2	3	4	5	6
$t_1, \text{с}$	2,59	2,28	1,95	1,48	1,03	0,53
$t_2, \text{с}$	2,56	2,21	1,88	1,53	1,09	0,49
$t_3, \text{с}$	2,58	2,27	1,90	1,55	1,02	0,48
$t_4, \text{с}$	2,52	2,23	1,93	1,49	1,07	0,56
$t_5, \text{с}$	2,60	2,26	1,89	1,50	1,04	0,54

Задание.

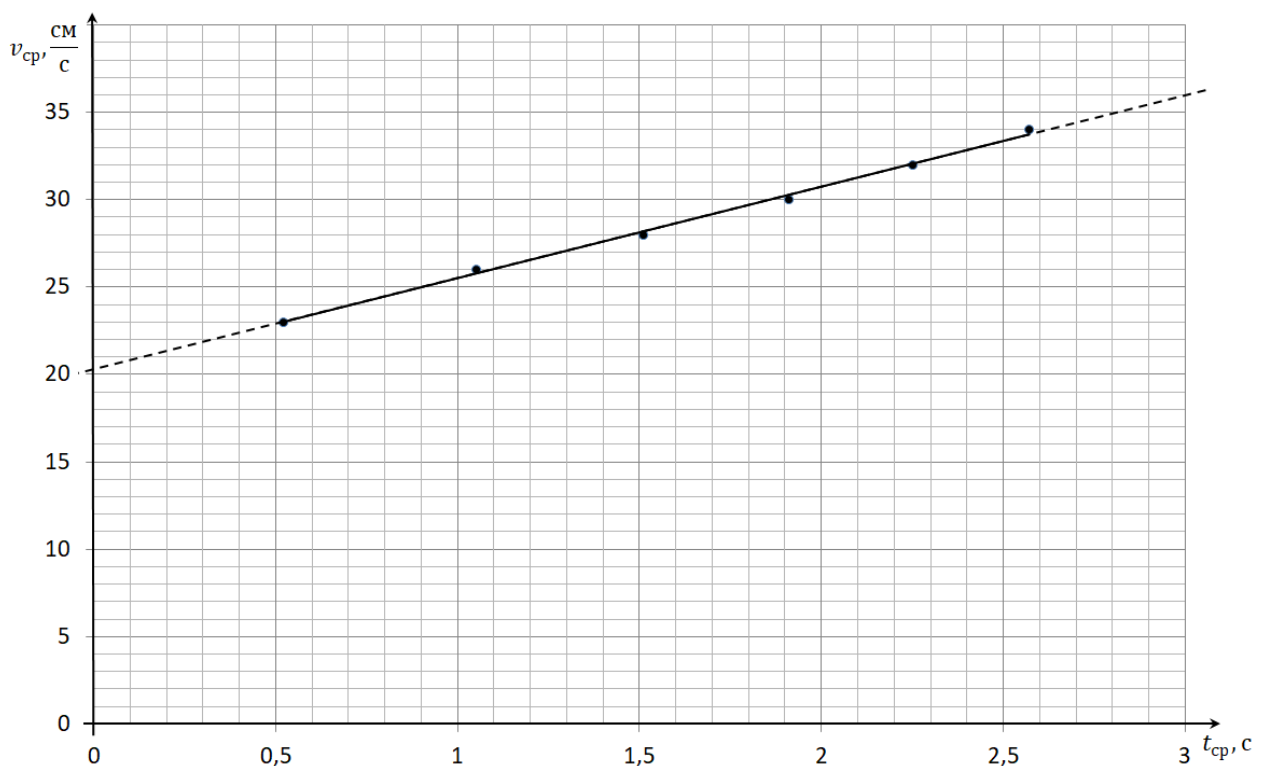
1. Усредните данные таблицы и дополните ее недостающими данными из условия и рисунка.
2. Постройте график зависимости $v_{\text{ср}}$ от $t_{\text{ср}}$ (**миллиметровая бумага для графика – Приложение 1 сдается вместе с работой**).
3. Определите скорость, которой достигает шарик, преодолев из состояния покоя участок длиной 3 см.
4. Определите, с какого расстояния от конца желоба запускали бы шарик без начальной скорости, если бы его средняя скорость достигла значения $36 \frac{\text{см}}{\text{с}}$ к моменту удара о барьер.

Решение.

1. Занесем в таблицу остальные необходимые данные (выделено жирным). Отсчет времени ведется от коротких отметок, значит и пройденный путь, необходимый для расчета средней скорости считаем от коротких отметок, а не от места пуска шарика.

№ опыта	1	2	3	4	5	6
L, см	87	72	57	42	27	12
t_1 , с	2,59	2,28	1,95	1,48	1,03	0,53
t_2 , с	2,56	2,21	1,88	1,53	1,09	0,49
t_3 , с	2,58	2,27	1,90	1,55	1,02	0,48
t_4 , с	2,52	2,23	1,93	1,49	1,07	0,56
t_5 , с	2,60	2,26	1,89	1,50	1,04	0,54
$t_{\text{ср}}$, с	2,57	2,25	1,91	1,51	1,05	0,52
$v_{\text{ср}}$, $\frac{\text{см}}{\text{с}}$	34	32	30	28	26	23

2. Строим график зависимости $v_{\text{ср}}$ от $t_{\text{ср}}$.



3. Скорость, которой достигает шарик, преодолев из состояния покоя участок длиной 3 см, соответствует моменту времени $t_0 = 0$ включения секундомера. Продлив график влево, определяем скорость $v(3\text{см}) = 20 \frac{\text{см}}{\text{с}}$.

4. Продлим график вправо и определим, что значению средней скорости в $36 \frac{\text{см}}{\text{с}}$, соответствует момент времени $\tau = 3\text{с}$, то есть пройденный путь равен $s = 36 \frac{\text{см}}{\text{с}} \cdot 3\text{с} = 108\text{см}$. Но это значение получено в случае скорости в начальный момент времени $20 \frac{\text{см}}{\text{с}}$, то есть без начальной скорости нужно запустить шарик с расстояния на 3 см больше. В итоге имеем, что шарик запустили бы с расстояния 111 см.

Критерии оценивания

1.	Усреднены данные таблицы, верно определены соответствующие пути, пройденные шариком и значения средней скорости	2 балл
2.	Верно построен график зависимости $v_{\text{ср}}$ от $t_{\text{ср}}$. 2.1.Оси подписаны и отложены единицы измерения по осям (0,5 балла); 2.2. Выбран рациональный масштаб по осям (0,5 балла); 2.3. Нанесены шкалы на оси (0,5 балла); 2.4. Соответствие точек, нанесённых на график, табличным значениям (0,5 балла); 2.5. Проведена прямая $v_{\text{ср}}(t_{\text{ср}})$ (1 балл).	3 балла
3.	Верно определена скорость, которой достигает шарик, преодолев из состояния покоя участок длиной 3 см	2 балл
4.	Верно определено, с какого расстояния от конца желоба запускали бы шарик без начальной скорости, если бы его средняя скорость достигла значения 36 см/с к моменту удара о барьер	3 балла
Всего		10 баллов