

7 класс

Теоретический тур

Задача №1. Робот-пылесос

Экспериментатор Глюк приобрел робот-пылесос iBot PylSosung и решил его опробовать. Оказалось, что робот может качественно убрать пустую комнату в квартире площадью 250 000 [...] за 30 [...]. Для того чтобы убрать качественно, пылесос проходит по каждому участку комнаты ровно 3 раза. Глюк посчитал, что средняя скорость пылесоса при уборке равна 50 000 [...]. Однако, он забыл указать, в каких единицах записаны эти величины. Опираясь на ваш жизненный опыт, восстановите пропущенные единицы измерения, а также найдите ширину (диаметр) пылесоса.



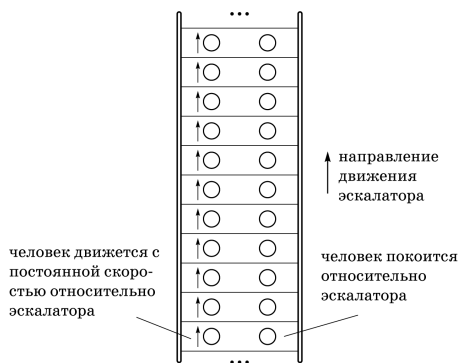
Глюк точно помнил, что расстояние и площадь он измерял, соответственно, в обычных и квадратных миллиметрах, сантиметрах, метрах или километрах. Время — в секундах, минутах или часах. Площадью мертвых зон комнаты (мест, в которые пылесос не может добраться, например, углов) можно пренебречь.

Задача №2. Час пик

В часы пик на движущемся вверх с неизвестной скоростью u эскалаторе метрополитена на каждой ступеньке находится по два человека. Справа люди просто стоят, а слева — поднимаются с неизвестной постоянной скоростью v . Человек, стоящий справа, подсчитал, что за время его подъёма по эскалатору, слева от него успевают пройти N_1 людей. Человек, идущий по эскалатору, подсчитал, что за время его подъёма, он проходит мимо N_2 стоящих людей.

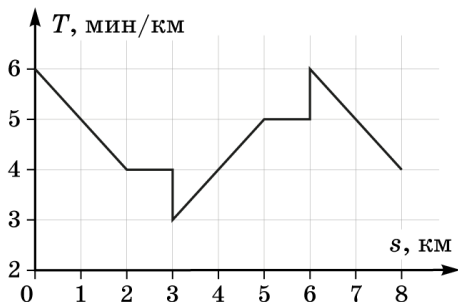
1. Что больше: N_1 или N_2 ?

2. Сколько людей N одновременно находятся на эскалаторе? Ответ необходимо выразить через величины N_1 и N_2 .



Задача №3. Рекорды скорости

Семиклассник Стас тренируется бегать на длинные дистанции. Во время пробежки смартфон следит за положением Стаса при помощи сигнала GPS и рассчитывает темп бега T в минутах на километр. После окончания пробежки смартфон показывает график зависимости темпа бега от расстояния s , которое пробежал спортсмен с момента старта (см. рисунок). С помощью графика этой зависимости определите:



1. Чему равнялись максимальная и минимальная скорости во время пробежки? Выразите эти скорости в километрах в час.
2. За какое минимальное время Стас пробежал участок длиной в один километр? Участок может начинаться в любой части дистанции.
3. За какое минимальное время Стас пробежал участок длиной в пять километров? Участок может начинаться в любой части дистанции.

Задача №4. Консервированные снежки

У Бабы Яги в школе никогда не было уроков физики, но были уроки домоводства и огромное желание заготовить на лето снежки. Помня школьные уроки, она решила воспользоваться рецептом по засолке огурцов. Зимой Баба Яга слепила очень плотные снежки, которые снаружи покрыла тонкой корочкой льда. Этими снежками она до краёв наполнила берёзовую кадучку объёмом $V = 12$ л, масса снежков при этом оказалась $m_1 = 4$ кг. Все пустоты между снежками она засыпала поваренной солью, затем залила кадучку доверху холодной водой и выставила её на улицу. На следующий день она с удивлением обнаружила в кадучке только очень солёную воду.

Известно, что в кадучку помещается $m_2 = 6$ кг плотно утрамбованного снега, плотность которого совпадает с плотностью снега в снежках. Считайте, что за время заполнения кадучки вода проникает между крупинками соли, но ледяная корочка предохраняет снежки от намокания. Консервирование снежков происходит быстро, и соль не успевает прореагировать со снежками. При растворении соли в воде объёмы воды и соли складываются. Поваренная соль, купленная Бабой Ягой, была насыпана в пачки размерами $18 \times 10 \times 6$ см и массой $m_{\text{п}} = 1$ кг. Плотность воды $\rho_0 = 1000$ кг/м³, плотность кристаллической поваренной соли $\rho_c = 2150$ кг/м³. Массой и объёмом ледяной корочки снежка можно пренебречь.

1. Определите насыпную плотность $\rho_{\text{нас}}$ поваренной соли.
2. Какая масса m_c соли была насыпана в кадучку?
3. Какой объём $V_{\text{в}}$ занимает солёная вода?

4. Чему равна масса M солёной воды в кадлушке?
5. Чему равна плотность ρ_k солёной воды в кадлушке?

7 класс

Задача №7-Т1. Робот-пылесос

Комнаты в квартирах обычно имеют площадь, не превышающую нескольких десятков квадратных метров. Поэтому, можно предположить, что площадь измерялась в см^2 .

Вряд ли пылесос сможет убрать такую площадь за 30 секунд, это очень маленькое время, а 30 часов, напротив, время очень большое. Вряд ли мы бы стали пользоваться таким медленным пылесосом. Поэтому время измеряется в минутах.

Ширина пылесоса должна иметь значение порядка нескольких десятков сантиметров.

Величины, задействованные в задаче связаны между собой формулой:

$$v = \frac{3S}{d \cdot t},$$

где S – площадь комнаты, d – ширина пылесоса, а t – время уборки.

Попробуем подставить в формулу наши значения для площади и времени, а в качестве ширины возьмём величину, близкую по порядку (20 – 40 см), например, 20 см. И определим, в каких единицах измерения скорость будет иметь порядок сотен:

$$v = \frac{3 \cdot 250000 \text{ см}^2}{20 \text{ см} \cdot 30 \text{ мин}} = 1250 \frac{\text{см}}{\text{мин}} = \frac{1250 \cdot 0,01 \text{ м}}{\frac{1}{60} \text{ ч}} = 750 \frac{\text{м}}{\text{ч}} = 75000 \frac{\text{см}}{\text{ч}} = 12500 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}.$$

Таким образом, очень вероятно, что скорость посчитана в $\text{см}/\text{ч}$. Проверим это предположение, посчитав ширину пылесоса:

$$d = \frac{3S}{vt} = \frac{3 \cdot 250000 \text{ см}^2}{50000 \frac{\text{см}}{\text{ч}} \cdot 30 \text{ мин}} = \frac{3 \cdot 25 \text{ м}^2}{500 \frac{\text{м}}{\text{ч}} \cdot 0,5 \text{ ч}} = 0,3 \text{ м} = 30 \text{ см}.$$

Полученное значение ширины совпадает с ожиданиями; значит, наши предположения были верны.

Можно было также проверить теорию, что скорость посчитана в $\text{мм}/\text{мин}$. Однако в этом случае диаметр получился бы в 6 раз меньше – 5 см, что, очевидно, слишком мало.

Задача №7-Т2. Час пик

Обозначим длину одной ступеньки эскалатора l_0 , скорость эскалатора u , собственную скорость идущих людей v , а число ступенек эскалатора N_0 . Время движения человека, стоящего на эскалаторе $t_{\text{стоя}} = \frac{N_0 l_0}{u}$. Время движения человека,

идущего по эскалатору $t_{\text{ид}} = \frac{N_0 l_0}{u+v}$. В системе отсчёта эскалатора (или стоящего на эскалаторе человека) относительно стоящего человека проходит колонна людей со скоростью v . Длина этой колонны $vt_{\text{стоя}} = \frac{v}{u} N_0 l_0$, а значит людей в этой колонне

$$N_1 = \frac{v}{u} N_0 \quad (1)$$

В системе отсчёта человека, идущего по эскалатору, справа от него во встречном к нему направлении идет колонна людей со скоростью v . Длина этой колонны $vt_{\text{ид}} = \frac{v}{v+u} N_0 l_0$, а значит людей в этой колонне

$$N_2 = \frac{v}{v+u} N_0 \quad (2)$$

Из свойств дробей получаем, что $N_2 < N_1$, то есть N_1 больше. На этот вопрос можно было ответить и из качественных соображений: каждый раз, когда люди слева делают шаг, они встречают нового соседа справа, а люди справа встречают соседа слева. То есть частота встречи нового соседа у левых и правых людей одинакова. Но те, кто находятся на эскалаторе дольше, встречают больше людей.

Из (1) и (2) уравнений следует, что $N_0 = \frac{N_1 N_2}{N_1 - N_2}$. Людей на эскалаторе в два раза больше, чем ступенек

$$N = 2N_0 = \frac{2N_1 N_2}{N_1 - N_2}$$

Задача №7-Т3. Рекорды скорости

Темп бега – величина обратная к скорости $T = \frac{1}{v}$. Поэтому чем меньше темп бега, тем больше скорость.

Минимальный темп бега 3 мин/км, что соответствует скорости 20 км/час. Максимальный темп бега 6 мин/км, что соответствует скорости 10 км/час.

При движении с постоянной скоростью v время движения на участке s можно вычислить как $t = \frac{s}{v} = sT$. Поэтому время движения на каком-то участке пропорционально площади под графиком зависимости темпа бега от расстояния на этом участке. Минимальному времени, за которое спортсмен пробежал один километр, соответствует участок графика, площадь под которым минимальна. При подсчете площади под графиком необходимо учитывать, что на графике, приведенном в условии, смещено начало координат. Из графика видно, что минимальное время одного километра было на участке с третьего по четвертый километры. Так как площадь одной клетки графика пропорциональна одной минуте, минимальное время, затраченное на прохождение одного километра, равно 3,5 мин.

Минимальное время одного километра на участке с третьего по четвертый километры и равно 3,5 минуты.

Минимальное время на участке длиной 5 км с первого по шестой километры и равно 21,5 минуты.

Задача №7-Т4. Консервированные снежки

Между снежками, насыпанными в кадушку, существуют пустоты. Так как $m_2 = 6$ кг плотно утрамбованного снега занимают всю кадушку, то $m_1 = 4$ кг снега такой же плотности в снежках имеют объём, равный $\frac{2V}{3}$, то есть 8 литров. Следовательно, на пустоты между снежками приходится объём $\frac{V}{3} = 4$ литра. Засыпшем эти пустоты солью. Так как соль состоит из крупинок, то после засыпания солью пустот между снежками, останутся пустоты между крупинками соли, но объём пустот станет меньше. Для нахождения объёма пустот между крупинками соли нам нужна насыпная плотность соли. Определим её, зная, что килограммовая пачка соли имеет объём

$$V_{\text{пачки}} = 18 \cdot 10 \cdot 6 \text{ см}^3 = 1080 \text{ см}^3.$$

Тогда насыпная плотность соли равна

$$\rho_{\text{нас}} = \frac{1000}{1080} \approx 0,93 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 930 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Определим массу соли, насыпанной в кадушку

$$m_c = \rho_{\text{нас}} \cdot \frac{V}{3};$$

$$m_c = 930 \cdot 4 \cdot 10^{-3} = 3,7 \text{ кг}$$

Определим объём самой соли:

$$V_c = \frac{m_c}{\rho_c};$$

$$V_c = \frac{3,7}{2150} = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 1,7 \text{ л.}$$

Теперь найдем объёмы пустот между крупинками соли. Объём пустот между снежками был равен 4 литра, соль имеет чистый объём 1,7 литра, поэтому объём пустот между крупинками равен:

$$V_{\text{пустот}} = 4 - 1,7 = 2,3 \text{ л.}$$

По условию задачи Баба Яга полностью заполняет кадушку водой, поэтому объём воды совпадает с объёмом пустот $V_{\text{пустот}}$. Остаётся определить объём солёной воды и её массу. Объём солёной воды складывается из объёма воды, полученной после таяния снега (растаяло 4 кг снега, получилось 4 кг воды, имеющих объём 4 л), объёма соли 1,7 л и объёма налитой воды 2,3 л. Поэтому получаем:

$$V_{\text{в}} = 4 + 1,7 + 2,3 = 8 \text{ л.}$$

Масса солёной воды M складывается из 4 кг воды, полученной после таяния снега, массы соли (3,7 кг) и массы налитой воды (2,3 кг)

$$M = 4 + 3,7 + 2,3 = 10 \text{ кг.}$$

Плотность солёной воды равна:

$$\rho_{\text{к}} = \frac{M}{V_{\text{в}}};$$

$$\rho_{\text{к}} = \frac{10}{8} = 1,25 \frac{\text{г}}{\text{л}} = 1250 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

7 класс Экспериментальный тур

Задача №1. Взвешивание коэффициента

Как известно, площадь S квадрата со стороной a определяется выражением $S = a^2$, площадь прямоугольника со сторонами a и b определяется $S = ab$.

Эллипс — это замкнутая плоская кривая, сумма расстояний от каждой точки которой до двух точек F_1 и F_2 равна постоянной величине.

$$MF_1 + MF_2 = \text{const.}$$

Точки F_1 и F_2 называются фокусами эллипса (см. рис. 1). Отрезок A_1A_2 называют большой осью эллипса, отрезок B_1B_2 называют малой осью эллипса. Обозначим $A_1A_2 = A$, $B_1B_2 = B$.

Эллипс легко нарисовать, используя данное определение. Расположите лист картона на столе на мягкой опоре. Отметьте на нём фокусы будущего эллипса. В эти точки вертикально воткните две кнопки (булавки). На них накиньте петлю из нити, длина которой немного больше удвоенного расстояния между этими точками. Натяните нить карандашом (ручкой) и, сохраняя нить натянутой, рисуйте линию (см. рис. 2). Потренируйтесь рисовать эллипсы разных размеров на одной из сторон выданного вам картона.

Массы плоских геометрических фигур пропорциональны их площадям. Площадь эллипса можно рассчитать по формуле

$$S = \frac{1}{4}kAB.$$

Здесь k — коэффициент, значение которого Вам предстоит определить.

Для вырезания фигур используйте ножницы. Будьте аккуратны при работе с ножницами и кнопками (булавками). Проведённые измерения представьте в виде таблиц.

1. Определите поверхностную плотность (массу единицы площади) ρ_S картона.

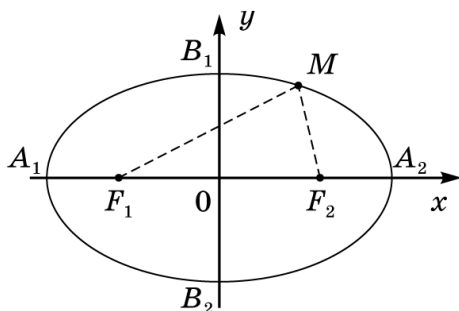


Рис. 1

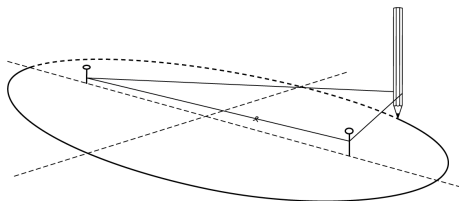


Рис. 2

Для этого используйте лист картона, на котором вы тренировались рисовать эллипсы. Проведите несколько измерений с прямоугольниками (квадратами) разных размеров. Постройте график зависимости массы прямоугольного (квадратного) листа картона от его площади. Используя график, определите поверхностную плотность картона ρ_S .

2. Определите коэффициент k из формулы площади эллипса.

Для этого на втором листе картона нарисуйте несколько эллипсов разных размеров, вложенных друг в друга (см. рис. 3). Вам придётся изменять длину нити и расстояние между фокусами. Линии эллипсов не должны пересекаться. Вырезая поочерёдно эллипсы (первым вырезайте самый большой), исследуйте зависимость площади эллипса от произведения длин его осей и определите величину k , используя график исследуемой зависимости.

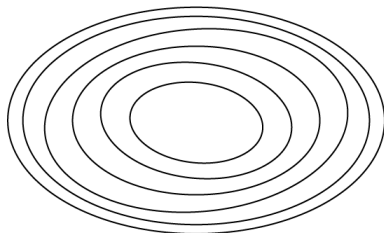


Рис. 3

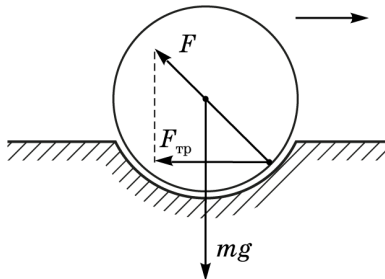
3. Определите толщину h картонного листа. Получите формулу связи поверхностной и объёмной плотностей и рассчитайте объёмную плотность. Определите объёмную плотность (массу единицы объема) картона ρ_V . В задании 3 не требуется построение графиков.

Оборудование: два листа картона формата А5, мягкая основа с двумя канцелярскими силовыми кнопками (или булавками), нить, весы, линейка длиной не менее 20 см, ножницы, два листа миллиметровой бумаги А4 для построения графиков.

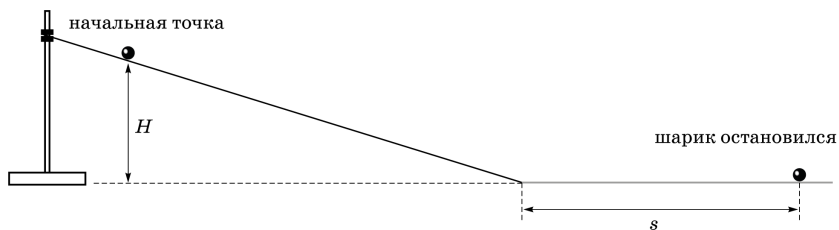
7 класс Экспериментальный тур

Задача №2. Трение качения

Пусть по горизонтальной поверхности катится без проскальзывания тело, имеющее в вертикальной плоскости круглое сечение. С течением времени скорость тела будет уменьшаться. Это явление объясняется действием силы трения качения. Под действием силы тяжести катящееся тело будет давить на поверхность, и она будет деформироваться. В свою очередь со стороны деформированной поверхности на катящееся тело будет действовать сила, имеющая горизонтальную составляющую, которая препятствует движению. Это и есть сила трения качения $F_{\text{тр}}$.



При увеличении деформации поверхности возрастает сила трения качения. Поэтому мы воспользуемся мягкой основой, по которой будем катать стальной шарик. Чтобы сообщить шарикку необходимую скорость, будем его скатывать с наклонного уголка, закрепленного в штативе. Угол наклона следует подобрать таким образом, чтобы при скатывании с вершины уголка шарик останавливался, чуть не доезжая до края основы.



Теоретические расчёты показывают, что путь s , пройденный шариком до остановки по горизонтальной поверхности, связан с начальной высотой H выражением

$$s = \frac{R}{kH}$$

Здесь R — радиус шарика, k — постоянный размерный коэффициент, значение которого вам надо определить.

1. Измерьте радиус шарика;
2. исследуйте зависимость $s(H)$;
3. постройте график зависимости $s(H)$;

4. определите значение коэффициента k .

Примечание: длина окружности L связана с диаметром круга D соотношением $L = \pi D$, где π — безразмерный коэффициент, значение которого равно $\pi = 3,14$.

Оборудование: металлический шарик, мягкая основа, линейка, уголок, штатив с лапкой, миллиметровая бумага.

Шифр

 Σ

7-Е1. «Взвешивание» коэффициента

№	Пункт разбалловки	Балл	Пр	Ап
1.1	Использовано не менее 5 квадратов (прямоугольников) различных площадей. — Использовано 3-4 квадратов (прямоугольников) различных площадей.	1.0 0.5		
1.2	Таблица измерений (обязательные столбцы: геометрические размеры, масса, площадь) График $m(S)$ (до 2 баллов):	1.0		
1.3	Размер и подпись осей (разделы 1 - 4 Таблицы Требований к проведению РЭ ВсОШ)	0.5		
1.4	Оцифровка осей и цена деления (раздел 5 таблицы)	0.5		
1.5	Нанесение точек (раздел 6 таблицы)	0.5		
1.6	Линия графика (раздел 7 таблицы)	0.5		
1.7	Определение поверхностной плотности картона по угловому коэффициенту наклона графика — Усреднение поверхностной плотности картона по нескольким измерениям	1.0 0.5		
1.8	Значение поверхностной плотности картона ($\pm 5\%$) Примечание: В России плотность картона принимается равной от $230 \frac{\text{г}}{\text{м}^2}$ до $400 \frac{\text{г}}{\text{м}^2}$, материал с плотностью $150 \frac{\text{г}}{\text{м}^2}$ и менее считается бумагой. При оценивании результатов важно заранее определить плотность картона, который используется участниками. — Значение поверхностной плотности картона ($\pm 10\%$)	1.0 0.5		
2.1	Определение толщины листа картона (использована стопка толщиной не менее 1 см) — Определение толщины листа картона (использована стопка толщиной не менее 0,5 см)	1.0 0.5		
2.2	Значение толщины картона. Примечание: толщина картона может быть от 0,2 мм до 5 мм, Поэтому при оценивании результатов нужно заранее определить толщину картона, который использовали участники	1.0		
2.3	Определение объёмной плотности (формула)	1.0		

2.4	Значение объемной плотности ($\pm 5\%$) – Значение объемной плотности ($\pm 10\%$)	1.0 0.5		
3.1	Использовано не менее 5 эллипсов различных площадей – Использовано 3-4 эллипсов различных площадей	2.0 1.0		
3.2	Таблица измерений (обязательные столбцы: геометрические размеры, произведение AB или $\frac{AB}{4}$, масса)	2.0		
	График $m(\frac{AB}{4})$ или допускается график $m(AB)$ (до 2 баллов) :			
3.3	Размер и подпись осей (разделы 1 - 4 Таблицы Требований к проведению РЭ ВсОШ)	0.5		
3.4	Оцифровка осей и цена деления (раздел 5 таблицы)	0.5		
3.5	Нанесение точек (раздел 6 таблицы)	0.5		
3.6	Линия графика (раздел 7 таблицы)	0.5		
3.7	Определение углового коэффициента наклона графика	1.0		
3.8	Определение коэффициента k Значение k от 3,0 до 3,3 – Определение коэффициента k Значение k от 2,8 до 3,5	3.0 2.0		

Шифр

 Σ **7-Е2. Трение качения**

№	Пункт разбалловки	Балл	Пр	Ап
1.1	Метод прокатывания несколько раз с последующим усреднением — Метод прокатывания один раз	1.5 0.5		
1.2	Значение радиуса шарика ($\pm 10\%$) от эталонного значения, измеренного членами жюри)	1.0		
2.1	Измерения для разных высот (до 7)	7 точек по 0.5		
2.2	Повторные измерения (итого для каждой высоты - не менее трех раз, т.е. дополнительных измерений для каждой высоты - не менее двух)	14 точек по 0.5		
3.1	Размер и подпись осей (разделы 1 - 4 Таблицы Требований к проведению РЭ ВсОИШ)	0.5		
3.2	Оцифровка осей (раздел 5 таблицы)	0.5		
3.3	Нанесение точек (раздел 6 таблицы)	0.5		
3.4	Линия графика (раздел 7 таблицы)	0.5		
4.1	Определён угловой коэффициент наклона графика $s(H)$	2.0		
4.2	Определено значение k	2.0		
4.3	Указаны единицы измерения	1.0		

Шифр

 Σ

7-Т1. Робот-пылесос

№	Пункт разбалловки	Балл	Пр	Ап
1	Правильно записаны (или верно используются в процессе расчетов) соотношения между разными единицами длины.	1.0		
2	Правильно записаны (или верно используются в процессе расчетов) соотношения между разными единицами времени.	1.0		
3	Определено, что площадь измерялась в см^2 .	2.0		
4	Определено, что время измерялось в минутах.	2.0		
5	Записана формула, связывающая величины из условия <i>В случае отсутствия правильной конечной формулы за данный пункт можно поставить:</i> 1) наличие формулы пути, пройденного пылесосом, $l = vt$ или аналогичная (1 балл); 2) наличие формулы площади, которую пылесос захватывает за время t , $s = vtd$ или аналогичная (1 балл).	3.0		
6	Сделано предположение о порядке величины для ширины пылесоса (несколько десятков см) или о возможной скорости пылесоса (порядка 10 см/с).	2.0		
7	Проведен анализ, на основании которого сделан вывод о том, что скорость измерялась в см/ч).	2.0		
8	Найдена ширина пылесоса.	2.0		

Шифр

 Σ **7-Т2. Час пик**

№	Пункт разбалловки	Балл	Пр	Ап
1.1	Ответ на первый вопрос : N_1 больше.	2.0		
1.2	Обоснование ответа на первый вопрос (формульное или качественное).	2.0		
2.1	Выражено время движения стоящего человека ($t_{\text{стоя}} = \frac{N_0 l_0}{u}$ или аналогичное).	2.0		
2.2	Выражено время движения идущего человека ($t_{\text{ид}} = \frac{N_0 l_0}{u+v}$ или аналогичное).	2.0		
2.3	$N_1 = \frac{v}{u} N_0$ или аналогичное.	2.0		
2.4	$N_2 = \frac{v}{v+u} N_0$ или аналогичное.	2.0		
2.5	Найдено число ступенек $N_0 = \frac{N_1 N_2}{N_1 - N_2}$.	1.0		
2.6	Ответ на второй вопрос $N = \frac{2N_1 N_2}{N_1 - N_2}$.	2.0		

Шифр

 Σ **7-Т3. Рекорды скорости**

№	Пункт разбалловки	Балл	Пр	Ап
1.1	Получено значение максимальной скорости 20 км/ч.	2.0		
1.2	Получено значение минимальной скорости 10 км/ч.	2.0		
2.1	Обоснование того, что время пропорционально площади под графиком.	2.0		
2.2	Показано, что минимальное время 1 км на участке с третьего по четвертый километры.	2.0		
2.3	Получено значение минимального времени на дистанции 1 км, равное 3,5 минутам — Если забыли про смещенное начало оси и получили 1,5 минуты	2.0 1.0		
3.1	Показано, что минимальное время на дистанции 5 км будет с первого по шестой километры.	3.0		
3.2	Получено значение минимального времени на дистанции 5 км, равное 21,5 минутам. — Если забыли про смещенное начало оси и получили 11,5 минут	2.0 1.0		

Шифр

 Σ **7-Т4. Консервированные снежки**

№	Пункт разбалловки	Балл	Пр	Ап
1.1	Определен объём пачки соли.	1.0		
1.2	Определена насыпная плотность поваренной соли $\rho_{\text{нас}} = 930 \text{ кг/м}^3$.	2.0		
2.1	Определён объём пустот между снежками (4 литра).	3.0		
2.2	Определена масса соли m_c , насыпанной в кадушку (3,7 кг).	2.0		
3.1	Определён объём воды, налитой в кадушку (2,3 л).	2.0		
3.2	Определён объём V_v солёной воды (8 л).	2.0		
4.1	Определена масса солёной воды M в кадушке (10 кг).	2.0		
5.1	Найдена плотность солёной воды ρ_k в кадушке (1250 кг/м^3)	1.0		