

**Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников по физике.
2024-25 учебный год. 8 класс. Максимальный балл – 40.**

Задача №1

Крестьянин повез на телеге горох в соседнее село на базар. К несчастью, мешок с горохом оказался дырявым, и горох начал выпадать на дорогу с постоянной скоростью 3 горошины в секунду (горошины высыпаются по одной). Идущий следом путник заметил, что на дороге рассыпан горох, причем расстояние между соседними горошинами равно приблизительно 45 см.

Вопрос №1. С какой скоростью движется телега с горохом?

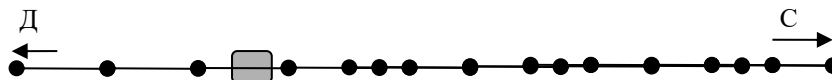
Когда крестьянин доехал до базара, то обнаружил, что по пути высыпалось 10 кг гороха.

Вопрос №2. Каково расстояние от родной деревни крестьянина до базара, если в одном килограмме гороха в среднем 450 горошин?

Недобросовестный крестьянин продал мешок гороха горожанину, не сообщив о том, что мешок дырявый. Горожанин положил мешок на свою телегу и отправился в город по той же дороге, по которой в село приехал крестьянин. Горох при этом продолжал высыпаться из мешка с прежней скоростью.

Путник, идущий в село, повстречал телегу, едущую ему навстречу, из которой сыпался горох, и с удивлением обнаружил, что до встречи с телегой горошины лежали на примерно равных расстояниях 45 см друг от друга, а за телегой расстояния между горошинами стали разными, а в некоторых местах и вовсе рядом лежало две горошины. Путник решил зарисовать расположение горошин на дороге, а так как по профессии он был картографом, то по привычке сделал рисунок в определенном масштабе, обозначив на нем направления на деревню и село и место, где он встретил телегу.

Вопрос №3. С помощью этого рисунка определите скорость второй телеги.



Автор: Карманов Максим Леонидович

Возможное решение

Вопрос №1.

Поскольку горох выпадает на дорогу со скоростью 3 горошины в секунду, и расстояние между горошинами 45 см, можно рассчитать скорость телеги. Сначала найдем расстояние, которое телега проходит за одну секунду $3 \cdot 45 \text{ см} = 135 \text{ см}$, тогда скорость телеги равна $v_k =$

$$\frac{135 \text{ см}}{1 \text{ с}} = 1,35 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Вопрос №2.

Так как в одном килограмме примерно 450 горошин, то из мешка за время движения высыпалось $450 \cdot 10 = 4500$ горошин. Тогда расстояние между населенными пунктами равно $4500 \cdot 45 \text{ см} = 2025 \text{ м}$.

Вопрос №3.

Скорость телеги горожанина не совпадает со скоростью телеги крестьянина. Из рисунка видно, что в месте, где проезжали и крестьянин и горожанин, расстояние между горошинами равно то 30, то 15 см, так же известно, что некоторые лежат парами. Такое возможно, если из телеги горожанина горошины выпадают каждые 30 см. В таком случае скорость телеги горожанина меньше скорости телеги крестьянина в $\frac{45}{30} = 1,5$ раза. Либо, можно вычислить скорость телеги горожанина аналогично расчету скорости телеги крестьянина $v_r = \frac{90 \text{ см}}{1 \text{ с}} = 0,9 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

Критерии оценивания.

№	Критерий	Кол-во баллов
1	Верная идея для определения скорости телеги крестьянина	1
2	Верное значение скорости телеги крестьянина	1
3	Верная идея определения расстояния между населенными пунктами	1
4	Верное расстояние между населенными пунктами	1
5	Определены расстояния между горошинами на рисунке	2
6	Определено, что из телеги горожанина горошины должны высыпаться каждые 30 см.	2
7	Определена скорость телеги горожанина	2
	ИТОГО	10

Задача №2

В печи кузницы нагревают металл. Для того, чтобы нагреть 20-килограммовую металлическую заготовку от температуры 30°C до температуры 1400°C приходится сжечь 1 кг газа. Удельная теплоемкость металла 460 Дж/кг°C. Удельная теплота сгорания газа $4,4 \cdot 10^7$ Дж/кг.

Вопрос №1. Определите КПД печи.

Вопрос №2. Если бы печь топилась не газом, а углем, то сколько угля бы понадобилось для нагрева этой же заготовки? Удельная теплота сгорания угля $2,7 \cdot 10^7$ Дж/кг. КПД печи считайте неизменным.

Послековки, заготовку, остывшую до 1200°C, опускают в ведро с 10 литрами воды при температуре 30°C.

Вопрос №3. Определите, какая максимальная масса воды может при этом испариться. А чему равна минимально возможная масса испарившейся воды?

Удельная теплоемкость воды 4200 Дж/кг°C, а удельная теплота парообразования 2,3 МДж/кг.

Автор: Карманов Максим Леонидович

Возможное решение.

Вопрос №1.

Найдем сколько энергии потребовалось для нагревания металла

$$Q_{\text{нагр}} = c_m m_m (1400^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C}) = 12\,604 \text{ кДж}$$

Найдем сколько энергии выделяется в результате сгорания газа

$$Q_{\text{газа}} = q_{\text{г}} m_{\text{г}} = 44\,000 \text{ кДж}$$

$$\text{Тогда КПД} = \frac{Q_{\text{нагр}}}{Q_{\text{газа}}} = 0,29$$

Вопрос №2.

Если КПД печи неизменен, то в результате сгорания угля должно выделиться столько же энергии, что и в результате сгорания газа. $q_{\text{уг}} m_{\text{уг}} = q_{\text{г}} m_{\text{г}}$, откуда $m_{\text{уг}} = m_{\text{г}} \frac{q_{\text{г}}}{q_{\text{уг}}} = 1,6 \text{ кг}$.

Вопрос №3.

Для оценки максимальной массы испарившейся воды будем считать, что вода, вступающая в контакт с заготовкой, нагревается до 100°C и испаряется, не успевая отдать тепло оставшейся воде. Это будет продолжаться пока заготовка не остынет до 100 градусов. Запишем уравнение теплового баланса:

$$c_m m_m (1200^\circ\text{C} - 100^\circ\text{C}) = c_v m_v (100^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C}) + \lambda m_v$$

$$\text{Откуда: } m_v = \frac{c_m m_m (1200^\circ\text{C} - 100^\circ\text{C})}{c_v (100^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C}) + \lambda} = 3,9 \text{ кг}$$

Для оценки минимальной массы испарившейся воды будем считать, что вся вода в ведре нагревается до 100°C и затем часть испаряется. Это будет продолжаться, пока заготовка не остынет до 100 градусов. Запишем уравнение теплового баланса:

$$c_m m_m (1200^\circ\text{C} - 100^\circ\text{C}) = c_v \cdot 10 \text{ кг} (100^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C}) + \lambda m'_v$$

$$\text{Откуда: } m'_v = \frac{c_m m_m (1200^\circ\text{C} - 100^\circ\text{C}) - c_v \cdot 10 \text{ кг} (100^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C})}{\lambda} = 3,1 \text{ кг}$$

Критерии оценивания.

№	Критерий	Кол-во баллов
1	Найдена энергия, необходимая на нагрев металла	1
2	Найдена энергия, выделяющаяся при сгорании газа	1
3	Определен КПД печки	1
4	Указано, что энергия сгорания угля должна равняться энергии сгорания газа или энергия сгорания угля определена через КПД и энергию, необходимую на нагрев металла	1
5	Определена масса угля	1
6	Продемонстрировано понимание двух моделей нагрева и испарения воды	1
7	Определена максимальная масса испарившейся воды	2
8	Определена минимальная масса испарившейся воды	2
	ИТОГО	10

Задача №3

Для исследования идеального рычага ученик подвесил слева от оси его вращения на расстоянии $d_1 = 20$ см некоторый груз M_1 . Затем справа от оси вращения на некотором расстоянии d_2 он подвесил груз массой $M_2 = 1$ кг, при этом рычаг оказался уравновешен. Затем ученик уменьшил массу килограммового груза на 50% и для сохранения равновесия ему пришлось изменить расстояние от этого груза до оси вращения на 10 см.

Вопрос №1. Найдите M_1 и d_2 .

Автор: Карманов Максим Леонидович

Возможное решение.

Запишем условие равновесия рычага для первого опыта.

$$M_1 g d_1 = M_2 g d_2$$

После уменьшения массы килограммового груза его придется отодвинуть дальше от оси вращения, чтобы момент его силы тяжести остался прежним. В этом случае

$$M_1 g d_1 = \frac{1}{2} M_2 g (d_2 + 10 \text{ см})$$

Приравняем правые части уравнений $M_2 g d_2 = \frac{1}{2} M_2 g (d_2 + 10 \text{ см})$, откуда $d_2 = 10$ см.

Подставим d_2 в первое условие равновесия и выразим $M_1 = M_2 \frac{d_2}{d_1} = 0,5$ кг.

Критерии оценивания.

№	Критерий	Кол-во баллов
1	Записано условие равновесия рычага в первом опыте	2
2	Обосновано, что во втором опыте груз нужно сдвинуть дальше от оси	2
3	Записано условие равновесия рычага во втором опыте	2
4	Определено $d_2 = 10$ см	2
5	Определена $M_1 = 0,5$ кг	2
	ИТОГО	10

Задача №4

Оборудование: стакан с водой, шприц объёмом 10 мл со съёмной иглой, десять деревянных зубочисток, салфетка или тряпочка (для протирания разлившейся воды).

Организатор в аудитории должен вам сообщить чему равна длина шкалы шприца (расстояние от деления «0» до деления «10») в сантиметрах.

Вопрос №1. Определите диаметр зубочистки в ее центральной части.

Вопрос №2. Определите цену деления шприца.

Вопрос №3. Используя шприц как мерный цилиндр, определите объём одной зубочистки, и выразите его в кубических сантиметрах.

Вопрос №4. Определите площадь внутреннего сечения корпуса шприца.

ВАЖНО!!! При решении задачи можно использовать только указанное в задаче оборудование. Если вы будете использовать оборудование, отсутствующее в списке, то ваше решение будет оценено в ноль баллов. При оформлении решения опишите, какие опыты вы выполняли, как выглядела ваша установка, приведите измерения, необходимые формулы и результаты расчетов.

Автор: Иванов Юрий Владимирович

Возможное решение.

Вопрос №1:

Для измерения расстояний будем использовать шкалу шприца. Нам известна длина шкалы шприца L , она соответствует 10 мл. Тогда длина участка шкалы, соответствующая 1 мл равна $L/10$.

Диаметр зубочистки определяем с помощью метода рядов. Десять зубочисток располагаем плотно друг к другу и с помощью шкалы шприца измеряем ширину ряда в «миллилитрах» V , затем пересчитываем в сантиметры. Полученную длину ряда делим на 10.

$$d = \frac{V \cdot L / 10}{10}.$$

Вопрос №2:

Для определения цены деления шприца необходимо найти два ближайших оцифрованных деления шкалы, например 0 мл и 1 мл, между ними 5 делений, значит цена деления равна $c = \frac{1 \text{ мл}}{5} = 0,2 \text{ мл}$.

Вопрос №3:

Так как зубочистки длинные, то для помещения в шприц их необходимо разломать пополам. Возьмем 7 зубочисток, и разломаем их пополам. Наберем в шприц воду примерно треть объема. Заткнем кончик шприца зубочисткой или пальцем и извлечем из шприца поршень, удерживая шприц вертикально. В результате получим мензурку частично заполненную водой. Измерим объем воды V_0 , находящийся в мензурке изначально. Затем поместим в шприц 7 зубочисток, разломанных пополам. Необходимо сделать так, чтобы они были полностью погружены в воду. Это можно сделать либо с помощью оставшихся зубочисток, либо с помощью штока от поршня, предварительно сняв с него резиновый уплотнитель.

Определим объем V_1 воды вместе с зубочистками. Разность этих объемов равна общему объему зубочисток, поэтому объем одной зубочистки $V = \frac{V_1 - V_0}{7}$.

Вопрос №4:

Нам известна длина шкалы шприца и известен объем внутренней полости шприца на отрезке от деления «0» до деления «10», он равен 10 мл = 10 см³. Поделим этот объем на длину шкалы и получим в точности площадь внутреннего сечения корпуса шприца. $S = 10 \text{ см}^3 / L$

Примечание: В авторском решении не приводятся численные значения, так как они зависят от оборудования, использовавшегося в точке проведения. Жюри необходимо самостоятельно проделать эксперимент на оборудовании, выдававшемся участникам.

Критерии оценивания.

№	Критерий	Кол-во баллов
Вопрос №1		
1	Предложено использовать шкалу шприца в качестве линейки и найден коэффициент пересчета	1
2	Использован метод рядов для определения диаметра	0,5
3	Получено значение диаметра, отличающееся от эталонного не более, чем на 15%	0,5
Вопрос №2		
3	Правильно найдена цена деления шприца	1
Вопрос №3		
4	Идея использования шприца в качестве мензурки	1
5	В шприц помещается не менее 4 зубочисток (метод рядов)	1
6	Определен объем одной зубочистки, отличающийся от эталонного не более, чем на 20%	2
Вопрос №4		
7	Идея выражения площади сечения через объем шприца и длину шкалы	2
8	Определена площадь внутреннего сечения шприца, отличающаяся от эталонной не более, чем на 5%	1
ИТОГО		10