

ЗАДАНИЯ И РЕШЕНИЯ
для проведения II муниципального (районного) этапа
Всероссийской олимпиады школьников по физике 2023 - 2024
8 класс

Задача 1.



Ученики художественной школы сделали копию статуи древнеримской богини плодородия Цереры. Эта статуя находится в Летнем саду в Санкт-Петербурге. По каждому из линейных размеров, копия меньше оригинала в 3 раза. Известно, что статуя оригинал сделана из мрамора и не имеет внутри пустот, а ее масса составляет 5000 кг. Статуя - копия сделана из гипса, и ее масса оказалась равна 66,5 кг. Определите есть ли внутри статуи-копии полости и, если есть, рассчитайте их объем (ответ округлите до тысячных долей м³).

Плотность мрамора $\rho_{\text{мрамора}} = 2600 \text{ кг/м}^3$
 Плотность гипса $\rho_{\text{гипса}} = 1500 \text{ кг/м}^3$.

Решение:

По определению, масса мраморной статуи $M = \rho_{\text{мрамора}} \cdot V$, а масса гипсовой копии, если в ней нет пустот $m = \rho_{\text{гипса}} \cdot v$.

Так как, по условию, по каждому из линейных размеров, копия меньше оригинала в 3 раза, соотношение между объемами оригинала и копии $\frac{V}{v} = 3^3 = 27$.

Найдем массу копии, если в ней нет пустот $m = \rho_{\text{гипса}} \cdot \frac{V}{27} = \rho_{\text{гипса}} \cdot \frac{M}{27 \rho_{\text{мрамора}}} = \frac{75000}{702} \approx 107 \text{ кг}$.

Полученная масса больше массы копии, которая получилась у учеников художественной школы. Следовательно, внутри статуи-копии **есть** полости. Определим их объем.

Разность масс цельной гипсовой копии и имеющейся копии с пустотами составляет

$$\Delta m = 107 - 66,5 = 40,5 \text{ кг}$$

$$V_{\text{полости}} = \frac{\Delta m}{\rho_{\text{гипса}}} = \frac{40,5}{1500} = 0,027 \text{ м}^3$$

Распределение по баллам:

Критерий	Баллы
Записано соотношение между массой, плотностью и объемом	1
Найдена масса копии, если в ней нет пустот	3
Сделан верный вывод о наличии пустот	1
Определен объем пустот внутри статуи-копии	5

Задача 2.

Расстояние между Москвой и Санкт-Петербургом составляет 700 км. Первую часть пути автомобиль ехал с постоянной скоростью 110 км/ч, а вторую – с постоянной скоростью 70 км/ч, причём вторая часть пути заняла на 1 ч больше. Какова была средняя скорость автомобиля?

Решение:

Обозначим весь путь $S = 700$ км.

Первая часть пути S_1 . Вторая часть пути S_2 . Весь путь $S = S_1 + S_2$.

Скорость на первой части пути $v_1 = 110$ км/ч, скорость на второй части пути $v_2 = 70$ км/ч.

Время движения на первой части пути t_1 , а на второй t_2 и, по условию, $t_2 = t_1 + 1$.

Средняя скорость на всем пути $v_{\text{cp}} = \frac{S}{t_1 + t_2} = \frac{S}{2t_1 + 1}$.

Запишем систему уравнений для времен движения на обеих частях пути:

$$\begin{cases} t_1 = \frac{S_1}{v_1} \\ t_2 = t_1 + 1 = \frac{S - S_1}{v_2} \end{cases}$$

Выразим t_1 из обоих уравнений и приравняем их:

$$\frac{S_1}{v_1} = \frac{S - S_1}{v_2} - 1$$

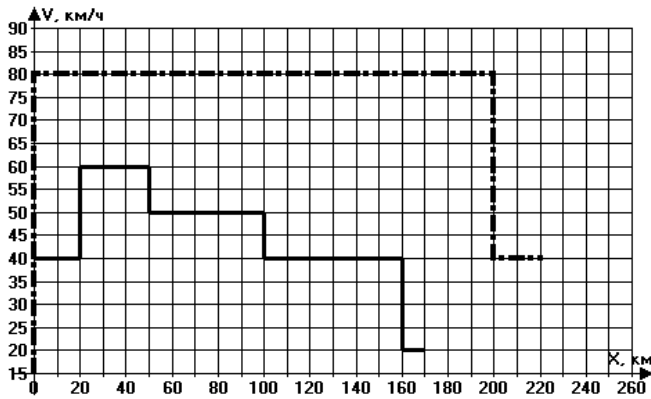
Найдем отсюда $S_1 = \frac{v_1}{v_1 + v_2} (S - v_2)$.

Следовательно, $t_1 = \frac{S_1}{v_1} = \frac{S - v_2}{v_1 + v_2}$.

Тогда $v_{\text{cp}} = \frac{S}{2 \cdot \frac{S - v_2}{v_1 + v_2} + 1} = \frac{700}{2 \cdot \frac{700 - 70}{110 + 70} + 1} = 87,5$ км/ч.

Распределение по баллам:

Критерий	Баллы
Записано соотношение между путем, скоростью и временем движения	1
Записано определение средней скорости	1
Записаны уравнения движения для каждой части пути (по 2 балла за каждое)	4
Верно решена система уравнений движения	3
Определена v_{cp}	1



Задача 3.

Из пункта А по одной дороге выехала сначала одна машина, а ровно через час вторая машина. Зависимости их средних скоростей (за каждые 10 км пути) от пути показаны на рисунке. Сплошная линия на рисунке соответствует первой машине, пунктирная линия соответствует второй машине. Отсчет времени ведется от момента отправления первой машины (№1). В какой момент и в какой точке вторая машина обгонит машину №1? Постройте и приведите в решении графики

зависимостей длины пути от времени для каждой машины. Чему равнялись средние скорости каждой машины за четвертый час движения?

Решение:

По определению, средняя скорость движения по пути равна отношению длины пути к времени движения. Разделим весь график на отдельные участки пути.

На первом участке пути первая машина проехала 20 км со скоростью 40 км/ч. Следовательно, время движения на этом участке составило полчаса.

На втором участке пути первая машина проехала 30 км со скоростью 60 км/ч. Следовательно, время движения на этом участке также составило полчаса.

На третьем участке пути первая машина проехала 50 км со скоростью 50 км/ч. Следовательно, время движения на этом участке составило один час.

На четвертом участке пути первая машина проехала 60 км со скоростью 40 км/ч. Следовательно, время движения на этом участке составило полтора часа.

На пятом (последнем) участке пути первая машина проехала 10 км со скоростью 20 км/ч. Следовательно, время движения на этом участке составило полчаса.

Движение второй машины можно разделить на две части:

Сначала она проехала 200 км со скоростью 80 км/ч. Следовательно, время движения на этом участке составило два с половиной часа.

Затем вторая машина проехала 20 км со скоростью 40 км/ч. Следовательно, время движения на этом участке составило полчаса.

Составим графики зависимостей пути от времени для обеих машин, помня что первый час вторая машина стояла. Найдем точку пересечения графиков, это и будет точка обгона.

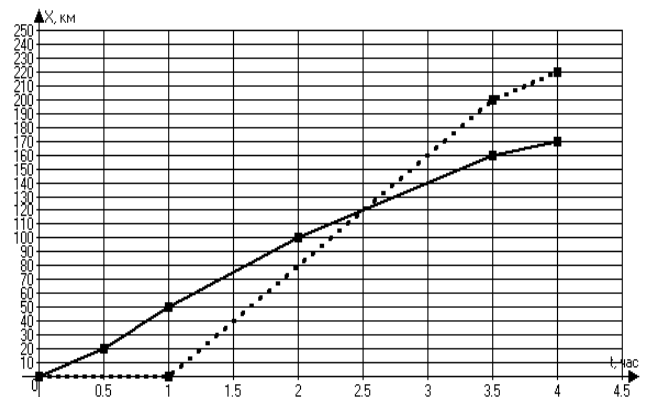
Таким образом, вторая машина обогнала первую в момент времени 2,5 часа (от начала отсчета) в точке $x = 120$ км.

Определим средние скорости машин на четвертом часу движения.

Первая машина за четвертый час проехала путь 30 км. Следовательно, средняя скорость первой машины за четвертый час движения составила 30 км/ч.

Вторая машина за четвертый час проехала путь 60 км. Следовательно, средняя скорость второй машины за четвертый час движения составила 60 км/ч.

Распределение по баллам:



Критерий	Баллы
Записано определение средней скорости	1
За догадку, каким образом из зависимости $v(x)$ найти время движения каждого автомобиля на каждом участке пути	2
Верно определено время движения каждого автомобиля на каждом участке пути	4
Составлены графики зависимостей пути от времени для обеих машин	2 (по 1 баллу за каждый)
Найдены средние скорости машин за четвертый час движения	1

Задача 4

Осенним прохладным утром школьник посмотрел на термометр и увидел, что температура в квартире $+15^{\circ}\text{C}$. Тогда он решил заварить чай, чтобы согреться. Он взял из шкафа кружку и налил в нее горячей воды при температуре $+90^{\circ}\text{C}$ до половины объема. Туда он долил еще столько же воды комнатной температуры – установившаяся температура оказалась равна $+45^{\circ}\text{C}$. В другую такую же кружку он налил воду при комнатной температуре до $2/3$ объема, и долил горячей ($+90^{\circ}\text{C}$) доверху. Какая температура установится в этом случае? Потерями тепла в окружающее пространство за время установления температуры можно пренебречь.

Удельная теплоемкость воды $c_{\text{воды}} = 4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C})$

Решение:

Обозначим полную (не удельную) теплоемкость кружки $C_{\text{кружки}}$ Дж/ $^{\circ}\text{C}$.

Обозначим массу воды в полной кружке m .

В первом случае, горячая вода в кружке остывала от 90°C до 45°C . Тогда горячая вода отдала количество теплоты $Q_1 = c_{\text{воды}} \cdot \frac{m}{2} \cdot (90 - 45)$, и это тепло было потрачено на нагрев воды массой $\frac{m}{2}$ и кружки от $+15^{\circ}\text{C}$ до $+45^{\circ}\text{C}$.

Уравнение теплового баланса для первого случая:

$$c_{\text{воды}} \cdot \frac{m}{2} \cdot (45 - 90) + c_{\text{воды}} \cdot \frac{m}{2} \cdot (45 - 15) + C_{\text{кружки}} \cdot (45 - 15) = 0$$

Из этого уравнения можно найти $C_{\text{кружки}} = \frac{c_{\text{воды}} m}{4}$

Обозначим искомую температуру во втором случае t .

Во втором случае горячая вода точно так же остывала, нагревая воду и кружку:

$$c_{\text{воды}} \cdot \frac{2m}{3} \cdot (t - 15) + C_{\text{кружки}} \cdot (t - 15) + c_{\text{воды}} \cdot \frac{m}{3} \cdot (t - 90) = 0$$

Подставим теплоёмкость кружки во второе уравнение:

$$c_{\text{воды}} \cdot \frac{2m}{3} \cdot (t - 15) + \frac{c_{\text{воды}} m}{4} \cdot (t - 15) + c_{\text{воды}} \cdot \frac{m}{3} \cdot (t - 90) = 0$$

Поделим обе стороны уравнения на $c_{\text{воды}} m$:

$$\frac{2}{3} \cdot (t - 15) + \frac{1}{4} \cdot (t - 15) + \frac{1}{3} (t - 90) = 0$$

Решив это уравнение, получим

$$t = 35^{\circ}\text{C}.$$

Распределение по баллам:

Критерий	Баллы
Записана формула для количества теплоты, отданного при остывании воды	1
Записаны уравнения теплового баланса для обеих ситуаций	6 (по 3 за каждое)
Найдена температура, установившаяся во втором случае	3