

<i>Предмет</i>	<i>Класс</i>	<i>Дата</i>	<i>Время начала</i>	<i>Время окончания</i>
<i>физика</i>	<i>7</i>	<i>11.11.2024</i>	<i>10.00</i>	<i>13.00</i>

1. Играем в кубики

У Васи было два набора кубиков одинакового размера, изготовленных из одного и того же материала: одни сплошные, другие тонкостенные, полые внутри. Вася, как настоящий экспериментатор, провел несколько опытов и обнаружил, что один сплошной кубик имеет ту же массу, что и десять пустотелых. Если полый кубик с помощью шприца полностью заполнить водой, то его масса станет в два раза меньше массы сплошного кубика. По этим данным найдите: 1) во сколько раз длина ребра полого кубика больше толщины стенки; 2) плотность материала кубиков.

Плотность воды считайте известной $\rho_в = 1000 \text{ кг/м}^3$.

Возможное решение

У куба 6 граней, тогда объем пустотелого кубика можно посчитать, как площадь 6 граней на толщину. Масса 10 пустотелых равна массе одного сплошного:

$10\rho(6a^2d) = \rho a^3$ (можно сразу смотреть объемы, т.к. плотность одинакова). Получаем отношение $a/d = 60$.

Выразим массу кубика с водой $m = \rho_0(a-2d)^3 + \rho(a^3 - (a-2d)^3)$

Запишем условие, если полый кубик с помощью шприца полностью заполнить водой, то его масса станет в два раза меньше массы сплошного кубика: $m/m_к = 1/2$.

Далее получаем уравнение, связывающее плотности:

$$\frac{m}{m_к} = \frac{1}{2} = \frac{\rho_0(a-2d)^3 + \rho(a^3 - (a-2d)^3)}{\rho a^3}$$

Можно получить и менее точное уравнение, если пренебрегать толщиной стенок

$\frac{1}{2} = \frac{\rho_0 a^3 + 6\rho a^2 d}{\rho a^3}$. Подставив в уравнения $a/d = 6$, найдем искомую плотность

$$\frac{\rho_0}{\rho} = \frac{(1 - (2\frac{d}{a})^3)^3 - 1/2}{(1 - (2\frac{d}{a})^3)^3}, \text{ откуда } \rho = \rho_0 \frac{(\frac{29}{30})^3}{(\frac{29}{30})^3 - 0,5} \approx 2240 \div 2250 \text{ кг/м}^3$$

Если считать приближенно, пренебрегая толщиной стенок, то $\frac{\rho_0}{\rho} = \frac{1}{2} - 6\frac{d}{a} = 0,4$ и плотность $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$.

<i>Предмет</i>	<i>Класс</i>	<i>Дата</i>	<i>Время начала</i>	<i>Время окончания</i>
<i>физика</i>	<i>7</i>	<i>11.11.2024</i>	<i>10.00</i>	<i>13.00</i>

Ещё возможный вариант решения второй части задачи. Соотношение масс сплошного и заполненного водой кубика $m_1=2(m_2+m_B)$, тогда имеем $\rho V_1=2(\rho V_2+\rho_B V_B)$, где $V_2=0,1V_1$ из условия, тогда объём воды, залитой в пустотелый кубик $V_B=0,9V_1$. После подстановки и сокращения V_1 получаем: $\rho=0,2\rho+1,8\rho_B$, откуда $\rho=2250 \text{ кг/м}^3$.

Критерии оценивания

	<i>Этапы решения</i>	<i>соотношения</i>	<i>Балл</i>
1	Объём кубика сплошного	a^3	1
2	Выражен объём пустотелого шарика точно или сразу приближенно	$a^3-(a-2d)^3 \approx 6a^2d$	1
3	Масса 10 пустотелых равна массе одного сплошного: выписано уравнение для масс или сразу для объёмов	$10\rho(6a^2d)=\rho a^3$ или $10(a^3-(a-2d)^3)=\rho a^3$	1
4	Получено отношение a/d	$a/d = 60$	2
5	Выражена масса кубика с водой	$m = \rho_0 (a-2d)^3 + \rho(a^3-(a-2d)^3)$	1
6	Записана связь масс кубика с водой и кубика сплошного	$m/m_K=1/2$	1
7	Получено уравнение, связывающее плотности	$\frac{m}{m_K} = \frac{1}{2}$ $= \frac{\rho_0 (a-2d)^3 + \rho(a^3 - (a-2d)^3)}{\rho a^3}$ или $\rho V_1=2(\rho V_2+\rho_B V_B)$, где $V_2=0,1V_1$ Или приближенно $\frac{1}{2} = \frac{\rho_0 a^3 + 6\rho a^2 d}{\rho a^3}$	1
8	Получена плотность кубика	$2240 \div 2250 \text{ кг/м}^3$, или приближенно 2500 кг/м^3	2 (1)
		Итого	10

<i>Предмет</i>	<i>Класс</i>	<i>Дата</i>	<i>Время начала</i>	<i>Время окончания</i>
<i>физика</i>	<i>7</i>	<i>11.11.2024</i>	<i>10.00</i>	<i>13.00</i>

2. Тихон едет

Велосипедист Тихон проехал с постоянной скоростью v_1 четверть пути до дома, затем он устал и снизил скорость до v_2 , и так проехал оставшуюся часть маршрута. Известно, что за первую половину пути средняя скорость Тихона составила $u = 24$ км/ч, а когда он проехал три четверти пути, его средняя скорость была $w = 22,5$ км/ч.

- 1) Чему равны скорости v_1 и v_2 ?
- 2) Чему равна средняя скорость на всем пути?

Возможное решение

Выразим среднюю скорость на первой половине пути: $u = \frac{\frac{S}{2}}{\frac{S}{4v_1} + \frac{S}{4v_2}} = \frac{1}{\frac{1}{2v_1} + \frac{1}{2v_2}} = 2 \frac{v_1 v_2}{v_1 + v_2}$.

Когда проехал $\frac{3}{4}$ пути, его средняя скорость стала: $w = \frac{\frac{3S}{4}}{\frac{S}{4v_1} + \frac{S}{2v_2}} = \frac{3}{\frac{1}{v_1} + \frac{2}{v_2}} = 3 \frac{v_1 v_2}{2v_1 + v_2}$

Удобнее решать систему: $\frac{1}{u} = \frac{1}{2v_1} + \frac{1}{2v_2}$ и $\frac{3}{w} = \frac{1}{v_1} + \frac{2}{v_2}$,

откуда находим $v_2 = \frac{uw}{3u-2w} = 20$ км/ч; $v_1 = \frac{uw}{4w-3u} = 30$ км/ч

Найдем среднюю скорость на всем пути:

$$v = \frac{S}{\frac{S}{4v_1} + \frac{3S}{4v_2}} = \frac{1}{\frac{1}{4v_1} + \frac{3}{4v_2}} = \frac{4v_1 v_2}{3v_1 + v_2} \approx 21,8 \text{ км/ч}.$$

<i>Предмет</i>	<i>Класс</i>	<i>Дата</i>	<i>Время начала</i>	<i>Время окончания</i>
<i>физика</i>	<i>7</i>	<i>11.11.2024</i>	<i>10.00</i>	<i>13.00</i>

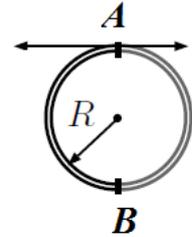
Критерии оценивания:

	<i>Этапы решения</i>	<i>соотношения</i>	<i>Балл</i>
1	Выражена средняя скорость на первой половине пути (1 балл за правильный путь, 1 балл за правильно выраженные времена)	$u = \frac{\frac{S}{2}}{\frac{S}{4v_1} + \frac{S}{4v_2}} = \frac{1}{\frac{1}{2v_1} + \frac{1}{2v_2}} = 2 \frac{v_1 v_2}{v_1 + v_2}$	2
2	Выражена средняя скорость на 3/4 пути (1 балл за правильный путь, 1 балл за правильно выраженные времена)	$w = \frac{\frac{3S}{4}}{\frac{S}{4v_1} + \frac{S}{2v_2}} = \frac{3}{\frac{1}{v_1} + \frac{2}{v_2}} = 3 \frac{v_1 v_2}{2v_1 + v_2}$	2
3	Найдены скорости (1 балл за общий вид, и по 1 баллу за каждое числовое значение)	$v_2 = \frac{uw}{3u - 2w} = 20 \text{ км/ч};$ $v_1 = \frac{uw}{4w - 3u} = 30 \text{ км/ч}$	3
4	Выражена средняя скорость на всем пути (если нет выражения в общем виде, то только 1 балл)	$v = \frac{S}{\frac{S}{4v_1} + \frac{3S}{4v_2}} = \frac{1}{\frac{1}{4v_1} + \frac{3}{4v_2}}$	2
5	Получено значение средней скорости	$v = \frac{4v_1 v_2}{3v_1 + v_2} \approx 21,8 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$	1
		Итого	10

<i>Предмет</i>	<i>Класс</i>	<i>Дата</i>	<i>Время начала</i>	<i>Время окончания</i>
<i>физика</i>	<i>7</i>	<i>11.11.2024</i>	<i>10.00</i>	<i>13.00</i>

3. Движение по кольцу

По левой половине кольцевой дороги от съезда (от точки A до точки B) все машины едут со скоростью v_1 , по правой, еще не отремонтированной – со скоростью v_2 ($v_2 < v_1$). Из точки A по кольцевой дороге отправилась влево колонна автомобилей длины l со скоростью v_1 . Одновременно с отправлением первого автомобиля колонны из точки A вправо (по часовой стрелке) выехал джип со скоростью v_2 . Известно, что с последним автомобилем колонны джип встретился в точке B .



- 1) Какой стала длина колонны, когда все автомобили выехали на неотремонтированную половину кольца?
- 2) На каком расстоянии от точки B , джип встретился с колонной?
- 3) За какое время джип проехал мимо колонны?
- 4) Каков радиус кольцевой дороги?

Возможное решение

Найдем новую длину колонны. Длина колонны начинает меняться, когда первый автомобиль колонны въезжает на неотремонтированную часть, и перестает меняться, когда последний автомобиль колонны достигает точки B , за это время первый автомобиль уезжает на расстояние равное новой длине колонны, а последний проезжает расстояние l (начальную длину колонны), приравняем время:

$$\frac{l}{v_1} = \frac{l_k}{v_2}, \text{ получим новую длину колонны } l_k = \frac{lv_2}{v_1}$$

Выразим время встречи джипа с первым автомобилем колонны: первый автомобиль прошел сначала половину окружности со скоростью v_1 , а затем расстояние x от точки B . Джип прошел за это время расстояние $\pi R - x$

$$t = \frac{\pi R}{v_1} + \frac{x}{v_2} = \frac{\pi R - x}{v_2}, \text{ тогда } x = \frac{\pi R(v_1 - v_2)}{2v_1}$$

Т.к. джип встретился с последним автомобилем колонны в точке B , то он проехал до встречи с последним автомобилем расстояние равное новой длине колонны с относительной скоростью $2v_2$, тогда время проезда мимо колонны $t_k = \frac{l_k}{2v_2} = \frac{l}{2v_1}$. Когда джип проехал расстояние x со скоростью v_2 до точки B , где встретился с последним,

<i>Предмет</i>	<i>Класс</i>	<i>Дата</i>	<i>Время начала</i>	<i>Время окончания</i>
<i>физика</i>	<i>7</i>	<i>11.11.2024</i>	<i>10.00</i>	<i>13.00</i>

первый с той же по модулю скоростью уедет на расстояние x , тогда новая длина колонны равна $2x$. Тогда $x = \frac{lv_2}{2v_1}$.

Выразим время встречи джипа с первым автомобилем колонны: первый автомобиль прошел сначала половину окружности со скоростью v_1 , а затем расстояние x от точки B . Джип прошел за это время расстояние $\pi R - x$

$$t = \frac{\pi R}{v_1} + \frac{x}{v_2} = \frac{\pi R - x}{v_2}, \text{ тогда } x = \frac{\pi R(v_1 - v_2)}{2v_1}$$

$$2x = \frac{\pi R(v_1 - v_2)}{v_1} = \frac{lv_2}{v_1}. \text{ Выражаем радиус кольца: } R = \frac{lv_2}{\pi(v_1 - v_2)}.$$

Комментарии: Время движения мимо колонны, может быть выражено и как $\frac{x}{v_2} = \frac{\pi R(v_1 - v_2)}{2v_1 v_2}$. Если дальше не выразить R , то за пункт 2) ставится только 1 балл.

Критерии оценивания:

	<i>Этапы решения</i>	<i>соотношения</i>	<i>Балл</i>
1	Выражена новая длина колонны (2 уравнения, или сразу приравняли время)	$l_k = \frac{lv_2}{v_1}$	2
2	Найдено время проезда джипа мимо колонны (через относительную скорость или не переходя в движущуюся с.о.)	$t_k = \frac{l_k}{2v_2} = \frac{l}{2v_1}$	2
3	Найдено расстояние на котором джип встретился с первым автомобилем	$x = \frac{lv_2}{2v_1}$	2
4	Выражено время встречи джипа с первым автомобилем колонны через радиус кольца. (по одному баллу за каждое уравнение для t)	$t = \frac{\pi R}{v_1} + \frac{x}{v_2} = \frac{\pi R - x}{v_2}$ $x = \frac{\pi R(v_1 - v_2)}{2v_1}$	2
5	Получен радиус кольца	$R = \frac{lv_2}{\pi(v_1 - v_2)}$	2
		Итого	10

<i>Предмет</i>	<i>Класс</i>	<i>Дата</i>	<i>Время начала</i>	<i>Время окончания</i>
<i>физика</i>	<i>7</i>	<i>11.11.2024</i>	<i>10.00</i>	<i>13.00</i>

4. Насыщенный раствор

Кристаллы некоторой соли перестают растворяться, когда в растворе на 1 г воды приходится 0,3 г растворённой соли. Плотность такого раствора $\rho = 1,25 \text{ г/см}^3$. В мерный стакан насыпали соль массой $M = 100 \text{ г}$ и налили воду той же массы, покрывшую соль и заполнившую промежутки между кристалликами. Сразу после этого измерили объём содержимого сосуда. При медленном растворении соли этот объём изменялся, пока растворение не закончилось. Больше или меньше начального будет конечный объём содержимого сосуда и насколько? Плотность воды $\rho_0 = 1 \text{ г/см}^3$, плотность кристаллов соли $\rho_1 = 2,5 \text{ г/см}^3$.

Возможное решение:

Исходно (растворение медленное) общий объём составляет объём чистой воды и всей, не начавшей ещё растворяться соли.

В конце, когда растворение прекратится, в растворе окажется масса соли $M_1 = 0,3M$.
Полная масса раствора $M + M_1$, а его объём $V_p = (M + M_1)/\rho$.

Общий объём увеличится на объём раствора и сократится на объём воды M/ρ_0 и объём растворившейся соли M_1/ρ_1 . Поэтому изменения общего объёма $\Delta V = (M + M_1)/\rho - M/\rho_0 - M_1/\rho_1 = -8 \text{ см}^3$. Объём уменьшится!

Муниципальный этап
 Всероссийской олимпиады школьников
 в 2024-2025 учебном году

<i>Предмет</i>	<i>Класс</i>	<i>Дата</i>	<i>Время начала</i>	<i>Время окончания</i>
<i>физика</i>	<i>7</i>	<i>11.11.2024</i>	<i>10.00</i>	<i>13.00</i>

Критерии оценивания:

	<i>Этапы решения</i>	<i>соотношения</i>	<i>Балл</i>
1	Вывод, что исходно (вначале) соль не успела раствориться		2
2	Нахождение массы растворённой соли и массы раствора в конце	$M_1 = 0,3M$ $M + M_1$	2
3	Нахождение объёма раствора	$V_p = (M + M_1)/\rho$	1
4	Нахождение объёма воды	M/ρ_0	1
5	Нахождение объёма израсходованной соли	M_1/ρ_1	1
6	Нахождение изменения общего объёма	$\Delta V = (M + M_1)/\rho - M/\rho_0 - M_1/\rho_1 = - 8 \text{ см}^3$	2
7	вывод об уменьшении объёма		1
		Итого:	10

<i>Предмет</i>	<i>Класс</i>	<i>Дата</i>	<i>Время начала</i>	<i>Время окончания</i>
<i>физика</i>	<i>7</i>	<i>11.11.2024</i>	<i>10.00</i>	<i>13.00</i>

Рекомендации для жюри

Каждая задача оценивается из 10 баллов. Участники олимпиады могут предложить полные и верные решения задач, отличные от приведённых в ключе. За это они должны получить полный балл. Частичное решение или решение с ошибками оценивается, ориентируясь на этапы решения, приведённые в разбалловке. При этом верные выводы из ошибочных допущений не добавляют баллов. Если какой-то этап решения не полный, или частично правильный, то он оценивается частью баллов за этап. Если в решении участника олимпиады предложенные этапы объединены как один, то оценка проводится из суммарного балла. **Наличие лишь ответа без решения не оценивается.** При наличии у участника двух решений без указания, какое он считает верным, оценка проводится по худшему. Для удобства работы жюри решения и критерии оценки для каждой задачи приведены на отдельной странице и при необходимости снабжены комментарием. К некоторым задачам может приводиться два варианта решения. Следует держаться духа и буквы предлагаемой разбалловки, чтобы обеспечить сопоставимость проверки на разных площадках проведения.

С вопросами по критериям оценок можно обратиться или по электронной почте masha.yuldasheva@mail.ru или по телефону 8-913-940-45-06 к председателю предметно-методической комиссии олимпиады *Юлдашевой Марии Рашидовне*.