

<i>Предмет</i>	<i>Класс</i>	<i>Дата</i>	<i>Время начала</i>	<i>Время окончания</i>
<i>физика</i>	<i>7</i>	<i>08.11.2023</i>	<i>10.00</i>	<i>13.00</i>

1. Игрушечный кубик

После покрытия игрушечного кубика слоем лака толщины $d = 0,02$ мм масса кубика возросла на $m = 0,36$ г. Какова площадь поверхности кубика S в квадратных сантиметрах, если масса литра лака $M = 1,2$ кг? Найдите длину ребра кубика a .

Возможное решение

Масса кубика увеличивается за счёт нанесения лака, поэтому $m = 0,36$ г - это масса лака в покрытии <1 балл>.

У плоского слоя толщины d и площади S объём слоя $V = Sd$ <1 балл>. Однако, ведь поверхность кубика не плоская! Но и толщина слоя лака $d = 0,02$ мм очень мала. Поэтому площадь внешней границы слоя лака почти совпадает с площадью поверхности кубика, а тогда и для объёма слоя лака можно применить формулу $V = Sd$. Можно пренебречь объёмом стыков граней. Любое пояснение применимости этой формулы оцениваем в <1 балл>. А если нет пояснений, то нет и балла.

Объём покрытия по массе можно определить из пропорциональности этих величин, по данным о массе лака $M = 1,2$ кг в объёме $V_0 = 1$ литр. А именно $m/V = M/V_0$ (идея + выражение) <1 балл>. По существу, это эквивалентно использованию понятия плотности. Эти же баллы должны ставиться участникам, которые получили плотность $\rho = M/V_0$ и использовали либо равенство $m = \rho V$, либо $V = m/\rho$.

Составив пропорцию и выразив объём V через толщину и искомую площадь, находим для неё $S = \frac{mV_0}{dM}$ или $S = \frac{m}{\rho d}$ <2 балла>. (Участники скорее всего не будут решать задачу в общем виде, получая формулы, а будут проводить промежуточные числовые расчёты. Но если при этом они выполняют все шаги, отвечающие формуле, то заслуживают тех же баллов (даже при совершении арифметических ошибок или ошибок в единицах).

Получение числового ответа $S = 150 \text{ см}^2$ <2 балла>.

Сюда входит необходимый перевод единиц от мм к см, от литров к см^3 и правильная «арифметика».

У куба 6 граней, площадь каждой из них a^2 , тогда $S = 6a^2$ и $a = \sqrt{\frac{S}{6}} = 5 \text{ см}$

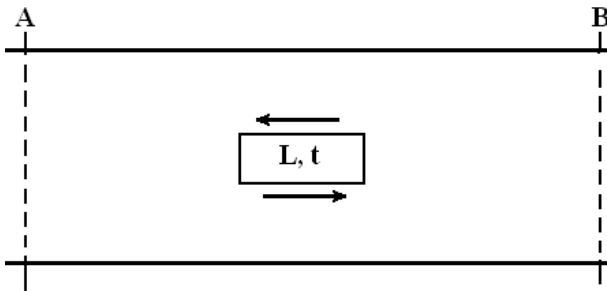
<i>Предмет</i>	<i>Класс</i>	<i>Дата</i>	<i>Время начала</i>	<i>Время окончания</i>
<i>физика</i>	<i>7</i>	<i>08.11.2023</i>	<i>10.00</i>	<i>13.00</i>

Критерии оценивания

	<i>Этапы решения</i>	<i>соотношения</i>	<i>Балл</i>
1	Равенство массы лака приросту массы шара		1
2	Связь площади покрытия с объёмом (выражение + применимость)	$V = Sd$	1
3	Использование пропорциональности массы и объёма или плотности	$m/V = M/V_0$ или $\rho = M/V_0$ и либо $m = \rho V$, либо $V = m/\rho$	2
4	Выражение искомой площади	$S = mV_0/dM$	2
5	Верный числовой ответ в см^2	$S = 150 \text{ см}^2$	2
6	Связь площади поверхности куба с площадью грани	$S = 6a^2$	1
7	Выражена длина ребра кубика	$a^2 = S/6; a = \sqrt{\frac{S}{6}} = 5 \text{ см}$	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>08.11.2023</i>	<i>10.00</i>	<i>13.00</i>

2. Пловцы и плот



По реке в противоположных направлениях равномерно плывут два пловца. На путь от точки А на берегу до точки В на берегу первый пловец тратит время $T_1 = 15$ минут, а второй на путь от В до А тратит $T_2 = 10$ минут. Однако, оба они за одинаковое время $t = 12$ сек проплывают мимо плота длины $L = 18$ м, сносимого течением реки. Определите расстояние между точками А и В.

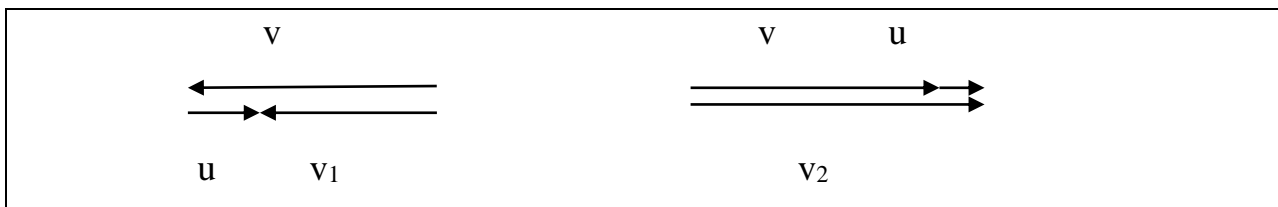
Возможное решение

Пусть скорости пловцов относительно берега v_1 и v_2 . Обозначим искомое расстояние x , выразим его через данные времена и скорости: $x = v_1 T_1$; $x = v_2 T_2$ <1 балл>.

Так как $v_1 T_1 = v_2 T_2$, то отношение скоростей равно обратному отношению времён $v_2/v_1 = T_1/T_2 = 1,5$ <1 балл>.

Скорости пловцов относительно плота одинаковы по величине <1 балл> и равны $v = L/t = 1,5$ м/с или 90 м/мин <1 балл>.

Введём скорость плота относительно берега u , и выразим через v и u скорости пловцов относительно берега $v_1 = v - u$ и $v_2 = v + u$, для первого пловца скорости противоположны и вычитаются, для второго направлены в одну сторону и складываются, как показано на схеме ниже. <2 балла>.



Поскольку $v_2 = 1,5v_1$, то $v + u = 1,5(v - u)$ и $u = v/5 = 18$ м/мин <2 балла>.

Тогда из любого равенства $x = (v - u) T_1$ или $x = (v + u) T_2$ находим искомое расстояние $x = (90 - 18)15 = (90 + 18)10 = 1080$ м <2 балла>.

<i>Предмет</i>	<i>Класс</i>	<i>Дата</i>	<i>Время начала</i>	<i>Время окончания</i>
<i>физика</i>	<i>7</i>	<i>08.11.2023</i>	<i>10.00</i>	<i>13.00</i>

Критерии оценивания:

	<i>Этапы решения</i>	<i>соотношения</i>	<i>Балл</i>
1	Связь расстояния, скоростей и времени	$x = v_1 T_1; x = v_2 T_2$	1
2	Нахождение отношения скоростей	$v_2/v_1 = T_1/T_2 = 1,5$	1
3	Нахождение скоростей относительно плота, указание на их равенство	$v = L/t = 1,5 \text{ м/с} = 90 \text{ м/мин}$	2
4	Связь скоростей относительно берега и относительно плота	$v_1 = v - u$ и $v_2 = v + u$	2
5	Нахождение скорости плота	$v + u = 1,5(v - u)$ и $u = v/5 = 18 \text{ м/мин}$	2
6	Нахождение искомого расстояния	$x = (v - u) T_1$ $x = (v + u) T_2;$ $x = (90 - 18)15 = (90 + 18)10 = 1080 \text{ м}$	2
		Итого	10

Комментарий: Можно составить систему уравнений и не находить явно скорость плота. В этом случае баллы за 5 пункт ставятся автоматически при правильном решении системы.

<i>Предмет</i>	<i>Класс</i>	<i>Дата</i>	<i>Время начала</i>	<i>Время окончания</i>
<i>физика</i>	<i>7</i>	<i>08.11.2023</i>	<i>10.00</i>	<i>13.00</i>

3. Кубики

В цилиндрическом сосуде друг на друге лежат три кубика. Ребро нижнего кубика в два раза длиннее ребра среднего, а ребро среднего в два раза больше ребра верхнего кубика. Сосуд начинают заполнять водой. От нижней грани среднего кубика до его верхней грани вода поднимается со скоростью $v_2 = 8$ мм/с. От нижней грани верхнего кубика до его верхней грани вода поднимается со скоростью $v_3 = 7$ мм/с.

1. С какой скоростью v_1 вода поднималась от нижней до верхней грани большого кубика?
2. Какова средняя скорость $v_{\text{ср}}$ поднятия уровня воды от дна сосуда до верхней грани маленького кубика?
3. С какой скоростью вода будет подниматься выше кубиков?

Объём воды, поступающей в сосуд в единицу времени, в течение всего эксперимента не меняется.

Возможное решение:

Пусть a — длина ребра верхнего куба, а S — площадь дна сосуда. Объём воды, поступающей в сосуд в единицу времени равен произведению площади свободной от кубика части сечения сосуда и скорости подъёма воды. Так как эта величина в течение эксперимента не меняется, получаем:

$$(S - (4a)^2)v_1 = (S - (2a)^2)v_2 = (S - a^2)v_3 \quad (1).$$

Из второго равенства найдём площадь S :

$$(S - (2a)^2)v_2 = (S - a^2)v_3 \quad (2) \Rightarrow$$

$$S = \frac{4v_2 - v_3}{v_2 - v_3} a^2 = 25a^2 \text{ и выразим } v_1:$$

$$(S - 16a^2)v_1 = (S - a^2)v_3$$

$$v_1 = \frac{8}{3}v_3 = \frac{56}{3} \text{ мм/с} \approx 18,7 \text{ мм/с}$$

Рассчитаем среднюю скорость поднятия воды. Высота первого участка равна $4a$, второго — $2a$, третьего — a , поэтому

$$v_{\text{ср}} = \frac{4a + 2a + a}{4a/v_1 + 2a/v_2 + a/v_3} \approx 11,5 \text{ мм/с}.$$

<i>Предмет</i>	<i>Класс</i>	<i>Дата</i>	<i>Время начала</i>	<i>Время окончания</i>
<i>физика</i>	<i>7</i>	<i>08.11.2023</i>	<i>10.00</i>	<i>13.00</i>

Выше третьего кубика вода поднимается со скоростью v :

$$Sv = (S - a^2)v_3$$

$$v = \frac{24}{25}v_3 = 6,72 \text{ мм/с}$$

Критерии оценивания:

	<i>Этапы решения</i>	<i>соотношения</i>	<i>Балл</i>
1	Записано уравнение (2) или его аналог	$(S - (2a)^2)v_2 = (S - a^2)v_3$	1
2	Найдена связь между S и a^2	$S = \frac{4v_2 - v_3}{v_2 - v_3}a^2 = 25a^2$	2
3	Записано уравнение $(S - 16a^2)v_1 = (S - a^2)v_3$ (или аналогичное)	$(S - 16a^2)v_1 = (S - a^2)v_3$	1
4	Найдено значение скорости v_1	$v_1 = \frac{8}{3}v_3 = \frac{56}{3} \text{ мм/с}$ $\approx 18,7 \text{ мм/с}$	1
5	Записана верная формула для $v_{\text{ср}}$	$v_{\text{ср}} = \frac{4a + 2a + a}{4a/v_1 + 2a/v_2 + a/v_3}$	2
6	Найдено верное значение $v_{\text{ср}}$	$\approx 11,5 \text{ мм/с.}$	1
7	Записана верная формула для v	$Sv = (S - a^2)v_3$	1
8	Найдено верное значение v	$v = \frac{24}{25}v_3 = 6,72 \text{ мм/с}$	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>08.11.2023</i>	<i>10.00</i>	<i>13.00</i>

4. Смесь в бутылке

В бутылке смешали три жидкости с плотностями $0,900 \text{ г/см}^3$, $0,800 \text{ г/см}^3$ и $0,700 \text{ г/см}^3$, взяв объёмы каждой из них в отношении 3:1:1. Оказалось, что первая жидкость не смешивается с остальными, а вторая и третья жидкости частично смешиваются друг с другом. При смешении одинаковых объёмов второй и третьей жидкости объём получающейся смеси на 10% меньше суммы изначальных объёмов жидкостей. Найдите массу получившейся смеси, если объём заполненной бутылки равен одному литру.

Возможное решение

При смешивании жидкостей суммарная масса будет сохраняться. Поэтому для того, чтобы найти общую массу смеси, достаточно найти массу каждой из использованных жидкостей по отдельности. Так как мы знаем плотность каждой жидкости, нужно найти использованный объём, который понадобился для того, чтобы заполнить бутылку. Обозначим изначальный объём второй и третьей жидкости V_0 .

После того, как вторую и третью жидкости смешали, их суммарный объём стал меньше на 10% и стал равен $0,9 \cdot (V_0 + V_0)$.

После смешивания всех трёх жидкостей бутылка была заполнена целиком, поэтому

$$3V_0 + 0,9 \cdot (V_0 + V_0) = V = 1 \text{ л}, \quad (1)$$

откуда можно найти

$$V_0 = V/4,8 \text{ л}. \quad (2)$$

Зная, какой объём был использован, можно найти массу каждой использованной жидкости

$$m_1 = 3V_0 \cdot \rho_1 \quad (3)$$

$$m_2 = V_0 \cdot \rho_2, \quad (4)$$

$$m_3 = V_0 \cdot \rho_3. \quad (5)$$

И тогда суммарная масса смешанных жидкостей равна

$$m = m_1 + m_2 + m_3 = (3\rho_1 + \rho_2 + \rho_3) \cdot V/4,8 = (3 \cdot 0,9 + 0,8 + 0,7)/4,8 = 0,875 \text{ кг}. \quad (9)$$

Ответ: Общая масса смеси равна 0,875 кг.

<i>Предмет</i>	<i>Класс</i>	<i>Дата</i>	<i>Время начала</i>	<i>Время окончания</i>
<i>физика</i>	<i>7</i>	<i>08.11.2023</i>	<i>10.00</i>	<i>13.00</i>

Критерии оценивания:

	<i>Этапы решения</i>	<i>соотношения</i>	<i>Балл</i>
1	Сформулировано соотношение, из которого можно найти изначальный объём каждой жидкости	$3V_0 + 0,9 \cdot (V_0 + V_0) = V = 1 \text{ л}$	3
2	Сформулировано утверждение о том, что суммарная масса не изменяется	$m = m_1 + m_2 + m_3$	2
3	Найдены массы жидкостей или найдена средняя плотность получившейся смеси	формулы (3) – (5)	3
4	Получен ответ для массы смеси	0,875 кг	2
		Итого:	10

Комментарии: При расчетах отдельно каждой массы можно получить грубоватое округление, в этом случае за ответ ставится 1 балл из 2.

<i>Предмет</i>	<i>Класс</i>	<i>Дата</i>	<i>Время начала</i>	<i>Время окончания</i>
<i>физика</i>	<i>7</i>	<i>08.11.2023</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 приводятся два варианта решения. Следует держаться духа и буквы предлагаемой разбалловки, чтобы обеспечить сопоставимость проверки на разных площадках проведения.