

<i>Предмет</i>	<i>Класс</i>	<i>Дата</i>	<i>Время начала</i>	<i>Время окончания</i>
<i>физика</i>	8	08.11.2023	10.00	13.00

### 1. 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>	8	08.11.2023	10.00	13.00

Выше третьего кубика вода поднимается со скоростью  $v$ :

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

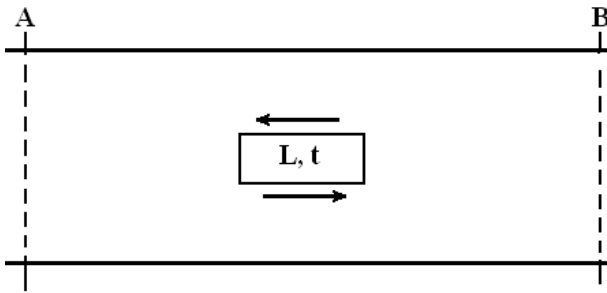
$$v = \frac{24}{25}v_3 = 6,72 \text{ мм/с}$$

**Критерии оценивания:**

	<i>Этапы решения</i>	<i>соотношения</i>	<i>Балл</i>
1	Записано уравнение (2) или его аналог	$(S - (2a)^2)v_2 = (S - a^2)v_3$	<b>1</b>
2	Найдена связь между $S$ и $a^2$	$S = \frac{4v_2 - v_3}{v_2 - v_3}a^2 = 25a^2$	<b>2</b>
3	Записано уравнение $(S - 16a^2)v_1 = (S - a^2)v_3$ (или аналогичное)	$(S - 16a^2)v_1 = (S - a^2)v_3$	<b>1</b>
4	Найдено значение скорости $v_1$	$v_1 = \frac{8}{3}v_3 = \frac{56}{3} \text{ мм/с}$ $\approx 18,7 \text{ мм/с}$	<b>1</b>
5	Записана верная формула для $v_{\text{ср}}$	$v_{\text{ср}} = \frac{4a + 2a + a}{4a/v_1 + 2a/v_2 + a/v_3}$	<b>2</b>
6	Найдено верное значение $v_{\text{ср}}$	$\approx 11,5 \text{ мм/с.}$	<b>1</b>
7	Записана верная формула для $v$	$Sv = (S - a^2)v_3$	<b>1</b>
8	Найдено верное значение $v$	$v = \frac{24}{25}v_3 = 6,72 \text{ мм/с}$	<b>1</b>
		<b>Итого:</b>	<b>10</b>

<i>Предмет</i>	<i>Класс</i>	<i>Дата</i>	<i>Время начала</i>	<i>Время окончания</i>
<i>физика</i>	8	08.11.2023	10.00	13.00

## 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.

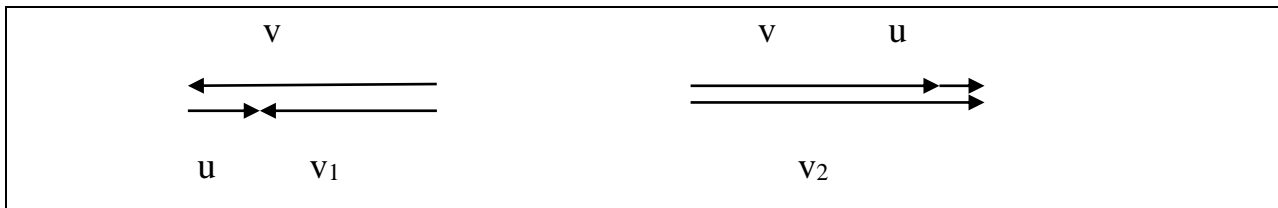
### Возможное решение

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>	8	08.11.2023	10.00	13.00

**Критерии оценивания:**

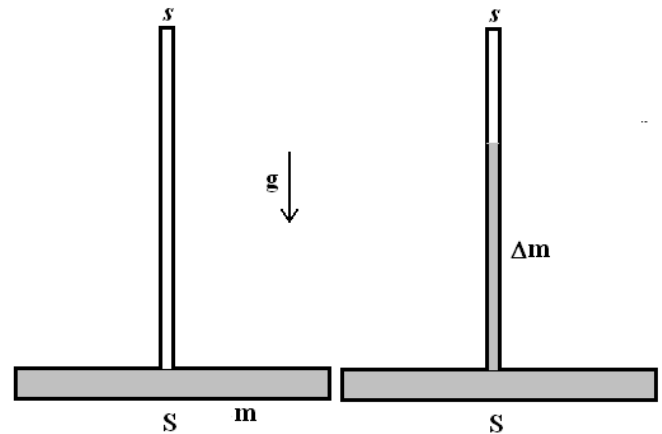
	Этапы решения	соотношения	Балл
1	Связь расстояния, скоростей и времени	$x = v_1 T_1; x = v_2 T_2$	<b>1</b>
2	Нахождение отношения скоростей	$v_2/v_1 = T_1/T_2 = 1,5$	<b>1</b>
3	Нахождение скоростей относительно плота, указание на их равенство	$v = L/t = 1,5 \text{ м/с} = 90 \text{ м/мин}$	<b>2</b>
4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

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

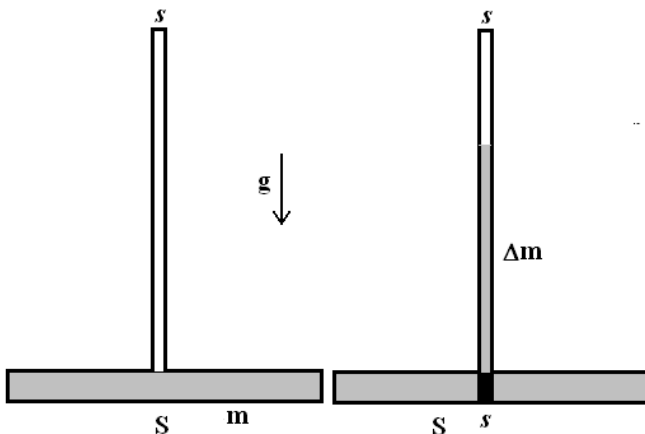
Предмет	Класс	Дата	Время начала	Время окончания
физика	8	08.11.2023	10.00	13.00

### 3. Если нагреть?

Замкнутый сосуд состоит из цилиндра сечения  $S = 0,1 \text{ м}^2$  с вставленной сверху вертикальной трубкой сечения  $s = 1 \text{ см}^2$ . Цилиндр заполнен ртутью от дна до верхнего торца, а в трубке вакуум. При нагреве и расширении ртути в трубку вошла одна сотая масса всей жидкости ( $\Delta m = 0,01m$ ). Во сколько раз возросла сила давления на дно? Тепловым расширением сосуда пренебречь.



#### Возможное решение (1 вариант)



Над ртутью вакуум, и исходно давление на верхнем торце цилиндра нуль, а сила давления на дно  $F_1 = mg$  <1 балл>.

Рассчитаем силу давления  $F_2$  на дно в конечном состоянии.

Рассмотрим сначала столбик ртути сечения  $s$  в трубке и до дна цилиндра. Сила давления  $f$  этого столбика на участок дна площади  $s$  складывается из веса ртути в трубке  $\Delta mg$  и

веса части столбика сечения  $s$  в цилиндре  $f = \Delta mg + m_H g$  <2 балла>.

Масса нижней части столбика найдется из пропорциональности масс площади для слоя постоянной высоты:  $m_H = (m - \Delta m)s/S$  <3 балла>.

Сила давления на всё дно  $F_2$  больше  $f$  в  $S/s$  раз и  $F_2 = (\Delta m + m_H)g(S/s)$  <1 балл>.

После всех подстановок и упрощений получим для искомого отношения сил

$$F_2/F_1 = 1 + (\Delta m/m)(S/s - 1) = 1 + 10^{-2}(10^3 - 1) = 10,99 \approx 11 \quad \text{<3 балла>}$$

<i>Предмет</i>	<i>Класс</i>	<i>Дата</i>	<i>Время начала</i>	<i>Время окончания</i>
<i>физика</i>	8	08.11.2023	10.00	13.00

**Критерии оценивания**

	<i>Этапы решения</i>	<i>соотношения</i>	<i>Балл</i>
1	Нахождение исходной силы давления на дно	$F_1 = mg$	<b>1</b>
2	Сила давления столбика сечения $s$	$f = \Delta mg + m_H g$	<b>2</b>
3	Нахождение массы нижней части столбика	$m_H = (m - \Delta m)s/S$	<b>3</b>
4	Связь силы давления столбика с силой давления на всё дно	$F_2 = fS/s = (\Delta m + m_H)g(S/s)$	<b>1</b>
5	Нахождение искомого отношения сил	$F_2/F_1 = 1 + (\Delta m/m)(S/s - 1) = 10,99 \approx 11$	<b>3</b>
		<b>итого</b>	<b>10</b>

**Комментарий:** При решении через плотности и высоты будут иные этапы, если будет получено правильное отношение сил 10,99, то суммарная оценка 10 баллов.

**Возможное решение (2 вариант)**

Отношение сил давления равно отношению давлений (1 балл).

Давление на дно может определяться в соответствие с высотой столба жидкости. Следует учесть, что при нагреве повышается столб жидкости и уменьшается плотность ртути. В этом случае, в начальный момент  $p_0 = \rho_0 g H$ , где  $H$  – высота цилиндра. После нагрева  $p = \rho g (H + h)$  (2 балл).

Плотность до нагрева  $\rho_0 = \frac{m}{SH}$ . Плотность после нагрева можно найти двумя способами:  $\rho = \frac{m - \Delta m}{SH} = \frac{\Delta m}{sh}$ . (2 балла)

Эти соотношения позволяют определить, например, начальную высоту цилиндра:

$$H = \frac{(m - \Delta m)sh}{S\Delta m} \quad (2 \text{ балла}).$$

<i>Предмет</i>	<i>Класс</i>	<i>Дата</i>	<i>Время начала</i>	<i>Время окончания</i>
<i>физика</i>	8	08.11.2023	10.00	13.00

Искомое соотношение будет  $\frac{p}{p_0} = \frac{\rho g(H+h)}{\rho_0 gH}$ . Подставив в искомое выражение соотношения для плотностей и высоты цилиндра, проведя математические

преобразования, получаем, например:  $\frac{p}{p_0} = \frac{\Delta m}{m} \left( \frac{S}{s} + \frac{m}{\Delta m} - 1 \right)$ , вычислив, имеем  $\frac{p}{p_0} = 10,99$   
(3 балла)

### Критерии оценивания

<i>Этапы решения</i>	<i>соотношения</i>	<i>Баллы</i>
Отношение сил давления равно отношению давлений	$\frac{F}{F_0} = \frac{p}{p_0}$	<b>1</b>
Указание на способ нахождения давления	$p_0 = \rho_0 gH$ ; $p = \rho g(H+h)$	<b>2</b>
Определение плотностей до и после нагрева или других аналогичных соотношений	$\rho_0 = \frac{m}{SH}$ ; $\rho = \frac{m-\Delta m}{SH} = \frac{\Delta m}{sh}$	<b>2</b>
Использование дополнительных соотношений для уменьшения количества неизвестных	$H = \frac{(m-\Delta m)sh}{S\Delta m}$	<b>2</b>
Верные математические преобразования и расчет	$\frac{p}{p_0} = \frac{\Delta m}{m} \left( \frac{S}{s} + \frac{m}{\Delta m} - 1 \right)$ , $\frac{p}{p_0} = 10,99$	<b>3</b>
	<b>Итого</b>	<b>10</b>

<i>Предмет</i>	<i>Класс</i>	<i>Дата</i>	<i>Время начала</i>	<i>Время окончания</i>
<i>физика</i>	8	08.11.2023	10.00	13.00

#### 4. Три медных бруска

Для проведения эксперимента взяли три медных бруска. Один из них массы  $M = 3$  кг нагрет, а у двух – комнатная температура. Нагретый брусок привели в длительный контакт с бруском массы  $m = 2,5$  кг комнатной температуры. При этом температура нагретого бруска уменьшилась на  $\Delta t = 10$  °С. Затем брусок массы  $M$  перенесли и привели в контакт с другим бруском комнатной температуры. Какова масса этого второго бруска, если у бруска массы  $M$  температура упала ещё на  $\Delta t = 10$  °С? Обменом тепла с внешней средой пренебречь.

#### *Возможное решение*

На первый взгляд кажется, что без знания комнатной температуры  $t_1$  и начальной температуры  $t_2$  нагретого бруска не обойтись. Однако это не так.

Конечная общая температура после первого контакта равна  $t_2 - \Delta t$  <1 балл>.

Приращение температуры бруска массы  $m$   $\Delta t_1 = t_2 - \Delta t - t_1$ . <1 балл>.

Уравнения теплового баланса для первого контакта (с удельная теплоёмкость):

$$Mc\Delta t = mc(t_2 - \Delta t - t_1) \text{ или } M\Delta t = m(t_2 - \Delta t - t_1) \text{ <2 балла>}$$

Совершенно аналогично, конечная общая температура после второго контакта равна  $t_2 - 2\Delta t$  <1 балл>.

Приращение температуры бруска массы неизвестной массы  $m_x$

$$\Delta t_2 = t_2 - 2\Delta t - t_1. \text{ <1 балл>}$$

А из уравнения теплового баланса имеем  $M\Delta t = m_x(t_2 - 2\Delta t - t_1)$  <2 балла>.

Из уравнений теплового баланса имеем соотношения:

$$M\Delta t/m = t_2 - \Delta t - t_1; M\Delta t/m_x = t_2 - 2\Delta t - t_1, \text{ исключая из них лишние неизвестные находим } m_x = Mm/(M - m) = 15 \text{ кг <2 балла>}$$



Муниципальный этап  
Всероссийской олимпиады школьников  
в 2023-2024 учебном году

<i>Предмет</i>	<i>Класс</i>	<i>Дата</i>	<i>Время начала</i>	<i>Время окончания</i>
<i>физика</i>	8	08.11.2023	10.00	13.00

**Критерии оценивания**

	<i>Этапы решения</i>	<i>соотношения</i>	<i>Балл</i>
1	Нахождение конечной температуры (1 контакт)	$t_2 - \Delta t$	<b>1</b>
2	Нахождение конечной температуры (2 контакт)	$t_2 - 2\Delta t$	<b>1</b>
3	Приращение температуры (1 контакт)	$\Delta t_1 = t_2 - \Delta t - t_1$	<b>1</b>
4	Приращение температуры (2 контакт)	$\Delta t_2 = t_2 - 2\Delta t - t_1$	<b>1</b>
5	Тепловой баланс (1 контакт)	$M\Delta t = m(t_2 - \Delta t - t_1)$	<b>2</b>
6	Тепловой баланс (2 контакт)	$M\Delta t = m_x(t_2 - 2\Delta t - t_1)$	<b>2</b>
7	Нахождение искомой массы	$m_x = Mm/(M - m) = 15 \text{ кг}$	<b>2</b>
		<b>итого</b>	<b>10</b>

<i>Предмет</i>	<i>Класс</i>	<i>Дата</i>	<i>Время начала</i>	<i>Время окончания</i>
<i>физика</i>	<i>8</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.