

<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 :

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

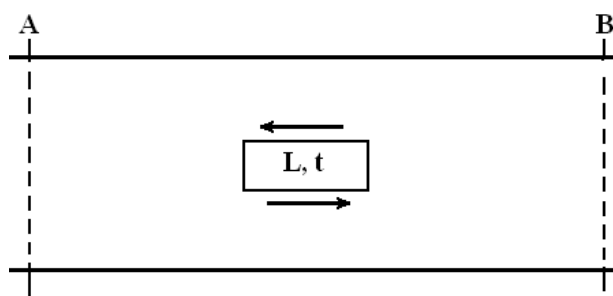
$$v = \frac{24}{25}v_3 = 6,72 \text{ мм/с}$$

Критерии оценивания:

	<i>Этапы решения</i>	<i>соотношения</i>	<i>Балл</i>
1	Записано уравнение (2) или его аналог	$(S - (2a)^2)v_2 = (S - a^2)v_3$	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

Предмет	Класс	Дата	Время начала	Время окончания
физика	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.

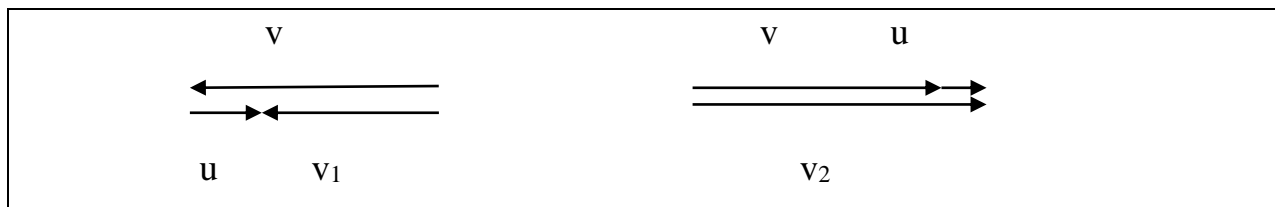
Возможное решение

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>	<i>8</i>	<i>08.11.2023</i>	<i>10.00</i>	<i>13.00</i>

Критерии оценивания:

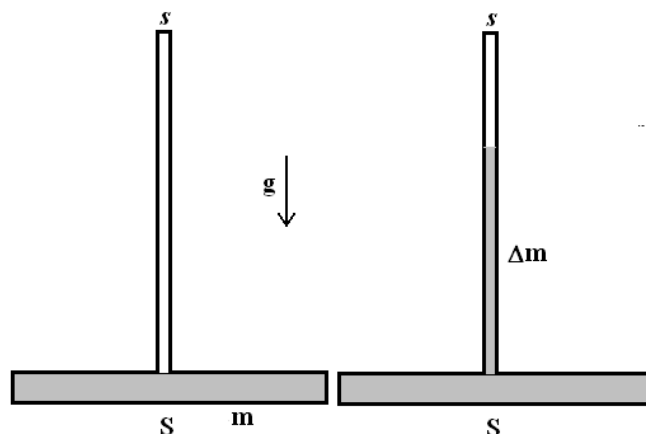
	Этапы решения	соотношения	Балл
1	Связь расстояния, скоростей и времени	$x = v_1 T_1; x = v_2 T_2$	1
2	Нахождение отношения скоростей	$v_2/v_1 = T_1/T_2 = 1,5$	1
3	Нахождение скоростей относительно плота, указание на их равенство	$v = L/t = 1,5 \text{ м/с} = 90 \text{ м/мин}$	2
4	Связь скоростей относительно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

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

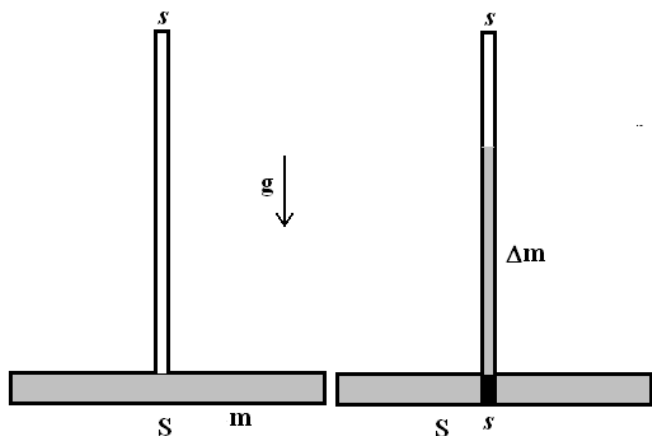
Предмет	Класс	Дата	Время начала	Время окончания
физика	8	08.11.2023	10.00	13.00

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 Δmg и

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

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 соответствии 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:
 $H = \frac{(m - \Delta m)sh}{S\Delta m}$ (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

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	$\frac{F}{F_0} = \frac{p}{p_0}$	1
Указание на способ нахождения давления	$p_0 = \rho_0 gH$; $p = \rho g(H+h)$	2
Определение плотностей до и после нагрева или других аналогичных соотношений	$\rho_0 = \frac{m}{SH}$; $\rho = \frac{m-\Delta m}{SH} = \frac{\Delta m}{sh}$	2
Использование дополнительных соотношений для уменьшения количества неизвестных	$H = \frac{(m-\Delta m)sh}{S\Delta m}$	2
Верные математические преобразования и расчет	$\frac{p}{p_0} = \frac{\Delta m}{m} \left(\frac{S}{s} + \frac{m}{\Delta m} - 1 \right)$, $\frac{p}{p_0} = 10,99$	3
	итого	10

<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:

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

<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>

Критерии оценивания

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

<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.

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.