При проверке олимпиадной работы руководствуйтесь критериями оценивания, приведёнными ниже после решения каждой из задач. Если какие-то пункты критериев в явном виде отсутствуют, но в дальнейшем решении используются, то они должны быть засчитаны. При этом проверяющий имеет право ставить неполный балл за действие, обозначенное в критериях, если оно выполнено учащимся частично.

Каждая задача (независимо от уровня сложности) оценивается из 10 баллов.

Предложенные учениками решения задач могут быть правильными, даже если эти решения кардинально отличаются от авторских! В этом случае рекомендуется придерживаться следующих критериев оценивания:

0 баллов – если ученик не приступал к решению задачи или приступил, но никаких разумных соображений не привёл;

1 - 5 баллов – если ученик написал разумные соображения, уравнения и рисунки, но полную систему уравнений для решения задачи составить не смог;

6 - 8 баллов – ученик понял физику решения, составил полную систему уравнений, необходимую для решения задачи, но довести решение системы до конца не смог;

9 баллов – ученик решил правильно задачу в общем виде (получил буквенный ответ), но сделал математические ошибки в окончательных вычислениях;

10 баллов – задача решена полностью (при этом способ решения, предложенный учеником, может кардинально отличаться от авторского).

8 класс

Задача 1. Два погружения. В сосуд, до краёв наполненный жидкостью с температурой $t_0 = 20°C$, аккуратно опустили тело, плотность которого в два раза больше плотности жидкости, а удельная теплоёмкость в два раза меньше её удельной теплоёмкости. В результате, температура содержимого сосуда повысилась до $t_1 = 30°C$. До какой величины t_2 изменится температура в сосуде, если в него опустить не одно, а два таких тела? Считайте, что тела погружаются в сосуд полностью и так быстро, что теплообмен между ними и водой начинается после их полного погружения. Теплообменом с окружающей средой и теплоёмкостью сосуда можно пренебречь.

Возможное решение.

Пусть M – начальная масса воды в сосуде, V – объём тела, ρ – плотность воды, c – удельная теплоёмкость тела и t – начальная температура тела.

Принимая во внимание, что объём выливающейся из сосуда воды равен объёму опущенных в него тел, **(1 балл)**

запишем уравнения теплового баланса для описанных в условии задачи ситуаций:

(1) $$c(M-\rho V)(t_1-t_0)=\frac{c}{2}2\rho V(t-t_1),$$ **(3 балла)**

(2) $$c(M-\rho 2V)(t_2-t_0)=\frac{c}{2}2\rho 2V(t-t_2),$$ **(3 балла)**

Приведём подобные

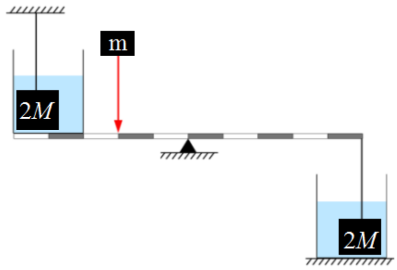
(3) $$\left(\frac{M}{\rho V}-1\right)(t_1-t_0)=t-t_1 \Rightarrow \frac{M}{\rho V}(t_1-t_0)-t_1+t_0=t-t_1,$$

(4) $$\left(\frac{M}{2\rho V}-1\right)(t_2-t_0)=t-t_2 \Rightarrow \frac{M}{2\rho V}(t_2-t_0)-t_2+t_0=t-t_2.$$

Из уравнений (3) и (4) получаем:

$$t_2=2t_1-t_0=40\ °C.$$ **(3 балла)**

Задача 2. Жидкое равновесие. Система, изображённая на рисунке, находится в равновесии. Длины всех десяти делений рычага одинаковы. Масса ёмкостей с водой M = 3 кг, а масса грузов – $2M$. Нижнюю ёмкость убирают, оставляя груз висеть на рычаге. Грузик какой массы m нужно положить в указанное место рычага, чтобы равновесие системы сохранилось?



Возможное решение.

На тело, погруженное в сосуд, действует сила Архимеда. По третьему закону Ньютона, тело действует на сосуд с такой же по модулю силой, но направленной в противоположном направлении

(2 балла)

(оценивается любая формулировка, учитывающая увеличение давления на рычаг с действием силы Архимеда).

Теперь запишем условие равновесия на старте:

$4l(Mg + F_{\text{A}}) = 5l(2Mg - F_{\text{A}})$. **(2 балла)**

Здесь l - длина одного деления рычага.

Откуда: $F_{\text{A}} = \frac{2}{3}Mg$. **(2 балла)**

После того, как нижнюю ёмкость уберут, а на указанное место положат груз, условие равновесия будет выглядеть так:

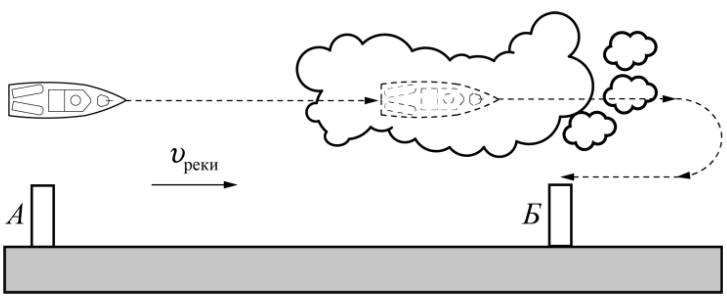
$4l(Mg + F_A) + 2mgl = 10Mgl$. **(2 балла)**

Подставляя значение силы Архимеда, найденное ранее и сокращая на gl, получаем:

$4\left(M + \frac{2}{3}M\right) + 2m = 10M$. **(1 балл)**

Откуда: $m = \frac{5}{3}M = 5\,\text{кг}$. **(1 балл)**

Задача 3. «Ёжик» в тумане. От пристани *А* к пристани *Б* вниз по течению реки на максимально возможной скорости отправился прогулочный катер «Ёжик». Ровно на половине пути он попал в область сильного тумана, и было принято решение снизить скорость катера относительно воды в два раза. Через время t_1 = 30 мин после этого туман рассеялся, и капитан обнаружил, что, двигаясь вслепую, он проскочил пристань *Б*. Быстро развернувшись и увеличив скорость катера до предела, капитан привёл его к пристани *Б* за время t_2 = 15 мин после разворота. Найдите скорость течения реки, если расстояние между пристанями S = 6 км.



Возможное решение.

Рассмотрим участок движения катера в завесе. Путь $\frac{S}{2}+L$ (L - удаление от пристани *Б* в момент разворота) пройден за время t_1 = 30 минут = 0,5 часа со скоростью $u/2 + \upsilon_р$ (u - максимальная скорость катера в стоячей воде, $\upsilon_р$ - скорость течения реки). Запишем уравнение пути:

(1) $$\frac{S}{2}+L=\left(\frac{u}{2}+\upsilon_p\right)t_1$$ **(2 балла)**

Рассмотрим участок движения катера после разворота. Путь L пройден за время t_2 = 15 минут = 0,25 часа со скоростью u - $\upsilon_р$. Уравнение пути будет иметь вид:

(2) $$L=(u-\upsilon_p)t_2$$ **(2 балла)**

Подставим (2) в (1):

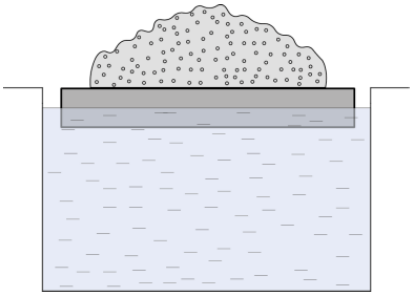
$$\frac{S}{2}+(u-\upsilon_p)t_2=\left(\frac{u}{2}+\upsilon_p\right)t_1$$ **(2 балла)**

Отметим, что $$ut_2=\frac{u}{2}t_1.$$ **(2 балла)**

Значит $$\frac{S}{2}-\upsilon_p t_2=\upsilon_p t_1\rightarrow \upsilon_p=\frac{S}{2(t_1+t_2)}=4\,\frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$ **(2 балла)**

(1 балл за формулу + 1 балл за численный ответ)

Задача 4. На «маленьком» плоту. Для проверки грузоподъёмности плота массой $m = 7\cdot10^3$ кг и размерами 6,25 м ×8,0 м ×1,0 м его поместили в бассейн и сверху нагрузили льдом так, что он оказался погруженным в воду наполовину (как показано на рисунке). Найдите объём V льда. Как изменится уровень воды в бассейне (повысится, понизится или не изменится), когда лёд растает? Ответ обоснуйте. Плотность воды ρ_0 = 1,0 г/см^3, плотность льда ρ = 0,9 г/см^3.



Возможное решение.

Запишем условие плавания, а именно, равенство силы Архимеда, действующей на погруженную часть (половину) понтона, и суммарной силы тяжести понтона и льда:

$$\frac{1}{2}V\rho_0 g = (m+M)g.$$

(2 балла)

Объём понтона $V = 6{,}25\cdot\ 8{,}0\ \cdot1{,}0 = 50{,}0\ \text{м}^3$. **(2 балла)**

Решая полученное уравнение, находим массу льда:

$$M = \left(\frac{V\rho_0}{2} - m\right) = 18\cdot10^3\ \text{кг}.$$

(2 балла)

$$V_л = \frac{M}{\rho_л} = 20\ \text{м}^3$$

(1 балл)

(2 балл за формулу + 1 балл за численный ответ)

Содержимое бассейна действует на дно сосуда своим весом, который не изменяется в результате таяния льда. В то же время, с дном взаимодействует только вода (понтон не тонет) силой своего давления. Таким образом, давление воды на дно сосуда не должно измениться и, следовательно, уровень воды в сосуде не изменится, если лёд растает.

(**2 балла** за правильные рассуждения + **1 балл** за правильный ответ).

Также можно отметить, что объём вытесненной понтоном воды после таяния льда уменьшится, но растаявшая вода попадёт в бассейн и полностью компенсирует падение уровня воды.