

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  $t_0 = 20^\circ\text{C}$ , 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  $t_1 = 30^\circ\text{C}$ . 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,  $\rho$  – 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:

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

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

Приведём подобные

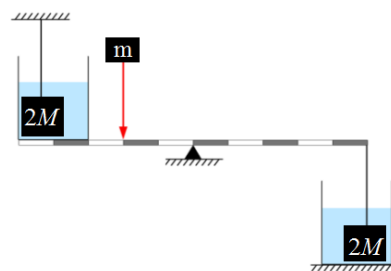
$$(3) \quad \left(\frac{M}{\rho V} - 1\right)(t_1 - t_0) = t - t_1 \Rightarrow \frac{M}{\rho V}(t_1 - t_0) - t_1 + t_0 = t - t_1,$$

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

Из уравнений (3) и (4) получаем:

$$t_2 = 2t_1 - t_0 = 40^\circ\text{C}. \quad (3 \text{ балла})$$

**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:

$$4l(Mg + F_A) = 5l(2Mg - F_A). \quad (2 \text{ балла})$$

Здесь  $l$  - длина одного деления рычага.

Откуда:  $F_A = \frac{2}{3}Mg.$  (2 балла)

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

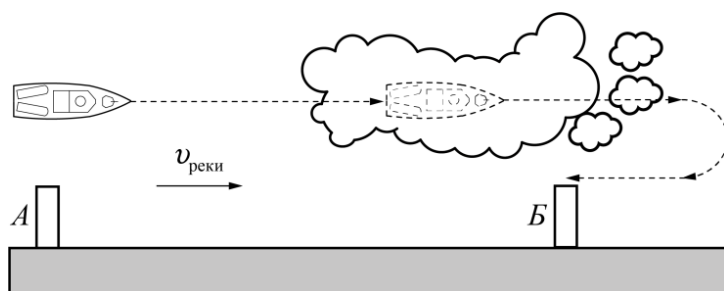
$$4l(Mg + F_A) + 2mgl = 10Mgl. \quad (2 \text{ балла})$$

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

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

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

**Задача 3. «Ёжик» в тумане.** От пристани  $A$  к пристани  $B$  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  $B$ . Быстро

развернувшись и увеличив скорость катера до предела, капитан привёл его к пристани  $B$  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  $B$  в момент разворота) пройден за время  $t_1 = 30$  минут = 0,5 часа со скоростью  $u/2 + v_p$  ( $u$  - максимальная скорость катера в стоячей воде,  $v_p$  - скорость течения реки). Запишем уравнение пути:

$$(1) \quad \frac{S}{2} + L = \left( \frac{u}{2} + v_p \right) t_1 \quad (2 \text{ балла})$$

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

$$(2) \quad L = (u - v_p) t_2 \quad (2 \text{ балла})$$

Подставим (2) в (1):

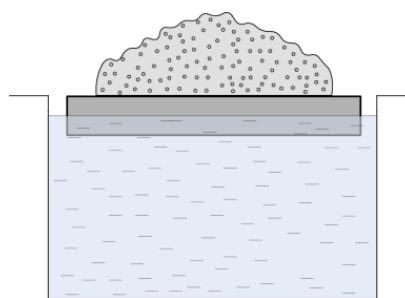
$$\frac{S}{2} + (u - v_p) t_2 = \left( \frac{u}{2} + v_p \right) t_1 \quad (2 \text{ балла})$$

Отметим, что 
$$u t_2 = \frac{u}{2} t_1. \quad (2 \text{ балла})$$

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

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

**Задача 4. На «маленьком» плоту.** Для проверки грузоподъёмности пловца массой  $m = 7 \cdot 10^3$  кг и размерами  $6,25 \text{ м} \times 8,0 \text{ м} \times 1,0 \text{ м}$  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  $\rho_0 = 1,0 \text{ г/см}^3$ , плотность льда  $\rho = 0,9 \text{ г/см}^3$ .



**Возможное решение.**

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

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

Объём понтона  $V = 6,25 \cdot 8,0 \cdot 1,0 = 50,0 \text{ м}^3$ . (2 балла)

Решая полученное уравнение, находим массу льда:

$$M = \left( \frac{V \rho_0}{2} - m \right) = 18 \cdot 10^3 \text{ кг}. \quad (2 \text{ балла})$$

$$V_{\text{л}} = \frac{M}{\rho_{\text{л}}} = 20 \text{ м}^3 \quad (1$$

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.