

**Задача 1. (10 баллов)**

В стакан налита вода при комнатной температуре  $+20^{\circ}\text{C}$  до половины объема. Туда доливают еще столько же воды при температуре  $+30^{\circ}\text{C}$ , установившаяся температура оказалась равна  $+23^{\circ}\text{C}$ . В другой такой же стакан наливают воду при комнатной температуре до  $1/3$  объема и доливают горячей водой ( $+30^{\circ}\text{C}$ ) доверху. Какая температура установится в этом стакане? Потери тепла в окружающее пространство за время установления температуры можно пренебречь.

Решение:

Обозначим теплоемкость стакана  $C$  Дж/град, тогда

$$C \cdot (23 - 20) + 4200 \cdot 0,5V \cdot (23 - 20) = 4200 \cdot 0,5V \cdot (30 - 23)$$

$$C \cdot (t - 20) + 4200 \cdot \left(\frac{V}{3}\right) \cdot (t - 20) = 4200 \cdot \left(\frac{2V}{3}\right) \cdot (30 - t)$$

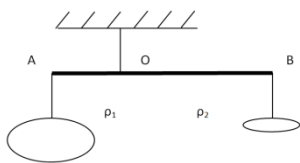
Если разделить каждое уравнение на  $4200 V$  останется две неизвестные величины ( $C/4200V$ ) и  $t$ .

Ответ:  $t=+24^{\circ}\text{C}$ .

Критерии:

Баллы	Правильность (ошибочность) решения
10	Полное верное решение
8	Решение верное. Составлено и решено уравнение теплового баланса. Имеются небольшие недочёты, в целом не влияющие на решение.
5-6	Решение в целом верное. Составлено уравнение теплового баланса, но допущены ошибки при расчете масс.
2-3	Составлены уравнения на расчет необходимого количества теплоты (либо выделенного количества теплоты), уравнение теплового баланса не составлено.
0-1	Записаны отдельные уравнения на расчет количества теплоты, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении).
0	Решение неверное, или отсутствует.

## Задача 2.(10 баллов)



Два тела разных плотностей и объемов уравновешены на невесомом стержне АВ с соотношением плеч АО:ОВ=1:2 (см. рисунок). После того как тела полностью погрузили в воду, для сохранения равновесия стержня их пришлось поменять местами. Найти плотности тел  $\rho_1$  и  $\rho_2$ , если  $\rho_2/\rho_1=2,5$ . Плотность воды  $\rho_в=1000 \text{ кг/м}^3$ .

Решение:

Запишем условие равновесия стержня до погружения тел в воду

$$\rho_1 V_1 = 2\rho_2 V_2 \quad (1)$$

и после их погружения

$$2(\rho_1 - \rho_в) V_1 = (\rho_2 - \rho_в) V_2 \quad (2)$$

Здесь через  $V_1$ ,  $V_2$  обозначены объемы тел, а через  $\rho_в$  – плотность воды.

Отыскивая из первой формулы отношение объемов тел

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{2\rho_2}{\rho_1} = 5 \quad (3)$$

Подставляем его во вторую формулу и приходим к уравнению

$$10\rho_1 - \rho_2 = 9\rho_в \quad (4)$$

Решая это уравнение совместно с условием  $\rho_2/\rho_1=2,5$ , находим

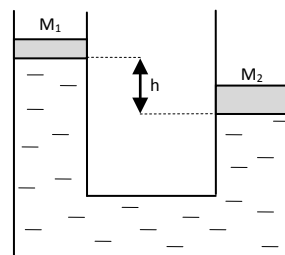
$$\rho_1 = 1200 \text{ кг/м}^3, \rho_2 = 3000 \text{ кг/м}^3.$$

Критерии:

Баллы	Правильность (ошибочность) решения
10	Полное верное решение
8	Решение в целом верное. Составлена система уравнений. Найдено отношение объемов тел. Допущены математические ошибки при расчете.
4-5	Записаны условия равновесия до погружения тел в воду и после погружения, составлена система уравнений
2	Записано условие равновесия до погружения тел в воду
0	Решение неверное, или отсутствует.

### Задача 3 (10 баллов)

Два вертикальных сообщающихся цилиндра заполнены водой и закрыты поршнями с массами  $M_1=1$  кг и  $M_2=2$  кг. В положении равновесия левый поршень расположен выше правого на величину  $h=10$  см. Когда на левый поршень поместили гирю массой  $m=2$  кг, поршни в положении равновесия оказались на одной высоте. Какова будет разность высот поршней  $H$ , если гирю перенести на правый поршень?



#### Решение:

Пусть  $S_1$  и  $S_2$  – площади поршней,  $\rho$  - плотность воды. Из условия равенства давлений в воде на одном уровне следуют уравнения:

$$\frac{M_1 g}{S_1} + \rho g h = \frac{M_2 g}{S_2} \quad (\text{когда поршни находятся в исходном положении}), \quad (1)$$

$$\frac{(M_1 + m) g}{S_1} = \frac{M_2 g}{S_2} \quad (\text{когда гиря лежит на левом поршне}), \quad (2)$$

$$\frac{M_1 g}{S_1} + \rho g H = \frac{(M_2 + m) g}{S_2} \quad (\text{когда гиря лежит на правом поршне}). \quad (3)$$

Выражая из первого и второго уравнений площади поршней получаем:

$$S_1 = \frac{m}{\rho h}, \quad S_2 = \frac{m}{\rho h} \cdot \frac{M_2}{M_1 + m}. \quad (4)$$

Подставляя найденные площади поршней в третье уравнение, получаем ответ:

$$H = h \left( 1 + \frac{M_1 + m}{M_2} \right) = \frac{5}{2} h = 25 \text{ см}. \quad (5)$$

**Важно!** При решении задачи важно с самого начала учесть, что площади поршней отличаются друг от друга. Если ошибочно считать, что площади поршней одинаковы, то решение будет неверным.

#### Критерии оценивания

Баллы	Правильность (ошибочность) решения
10	Полное верное решение, в котором пошагово представлены формулы 1-5 с пояснениями
8	Представлены правильные пояснения и уравнения (1) - (4)
6	Представлены правильные пояснения и уравнения (1), (2) и (3)

4	Представлены правильные пояснения и уравнения (1) и (2)
2	Есть понимание физики явления, представлено верно уравнение (1) с пояснением
0	Решение неверное, или отсутствует

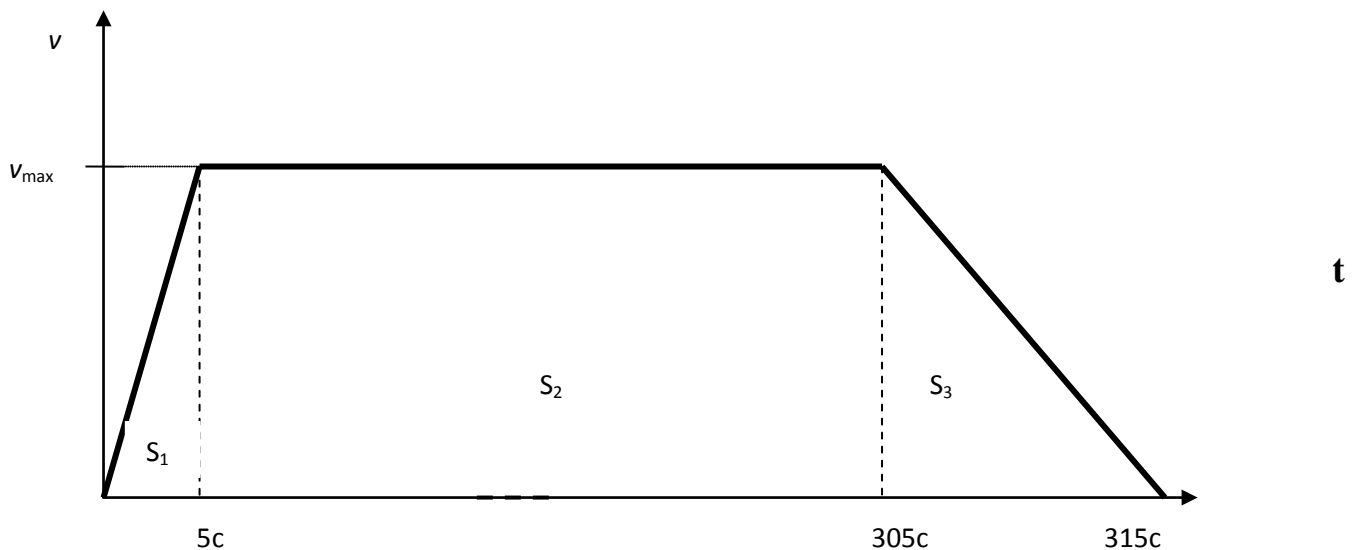
#### Задача 4 (10 баллов)

Мотоциклист начал двигаться из состояния покоя и в течение **5с** достиг максимальной скорости, затем в течение **5 мин** он движется равномерно и, начав торможение, остановился через **10 с**. Причём средняя скорость за всё время движения была **9,76 м/с**. Найти максимальную скорость движения мотоциклиста. Ответ округлите до целых.

*Примечание:* задачу можно решить графически, построив график зависимости скорости от времени.

#### Решение:

Один из вариантов решения может быть графический:



Средняя скорость движения мотоциклиста рассчитывается как отношение всего пройденного пути к всему затраченному на этот путь времени. Весь пройденный путь – есть сумма путей по трём пройденным участкам, а всё затраченное время – есть сумма трёх промежутков времени, т.е.

$$v_{\text{cp}} = \frac{S}{t} = \frac{S_1 + S_2 + S_3}{t_1 + t_2 + t_3} \quad (1).$$

Пройденный путь по каждому участку графически можно рассчитать как площадь фигуры под соответствующим участком графика движения. Участки  $S_1$  и  $S_3$  представляют из себя прямоугольные треугольники, площади которых рассчитываются как половина произведения двух катетов. Заметим, что один катет является параметром максимальной скорости, а второй – промежутком времени на данном участке движения. Участок  $S_2$  представляет из себя прямоугольник, площадь которого рассчитывается как произведение двух сторон,

которые в свою очередь являются максимальной скоростью и промежутком времени движения на данном участке, соответственно.

$$\text{Следовательно, имеем } S_1 = v_{\max}t_1/2; S_2 = v_{\max}t_2; S_3 = v_{\max}t_3/2. \quad (2)$$

Подставим (2) в (1), получим:

$$v_{\text{cp}} = \frac{v_{\max}t_1 + 2v_{\max}t_2 + v_{\max}t_3}{2(t_1 + t_2 + t_3)} = v_{\max} \frac{t_1 + 2t_2 + t_3}{2(t_1 + t_2 + t_3)}. \text{ Откуда следует, что}$$

$$v_{\max} = 2v_{\text{cp}} \frac{t_1 + t_2 + t_3}{t_1 + 2t_2 + t_3} = 2 \cdot 9,76 \cdot \frac{5 + 300 + 10}{5 + 600 + 10} \cong 10 \text{ м/с}$$

**Ответ:**  $v_{\max} = 10 \text{ м/с}$

Критерии:

Баллы	Правильность (ошибочность) решения
10	Полное верное решение
8	Верное решение. Приведена формула для расчета средней скорости, правильно учтены интервалы путей и времени, но содержится расчетная ошибка на последнем этапе.
5-6	Решение в целом верное, однако, содержит существенные ошибки (не физические, а математические).
2-3	Есть понимание физики явления. Приведена формула средней скорости, но при получении расчетной формулы не правильно учтены интервалы для путей и времени движения.
0-1	Есть отдельные уравнения, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении).
0	Решение неверное, или отсутствует.