

## Решения и критерии оценивания

### Задача 1

Машина проехала расстояние  $L = 160$  км от города до деревни за время  $T = 2$  часа. Её скорость на первом, хорошем, участке пути была на  $\Delta V = 10$  км/час больше средней скорости на всём пути, а на втором, плохом, участке – на  $\Delta V = 10$  км/час меньше средней скорости на всём пути. Чему равна длина  $s$  плохого участка пути?

#### **Возможное решение**

Средняя скорость машины на всём пути  $V_{\text{cp}} = \frac{L}{T} = 80$  км/ч. Тогда на первом участке пути машина имела скорость  $V_1 = 90$  км/ч, а на втором –  $V_2 = 70$  км/ч.

Среднюю скорость на всём пути можно выразить через длины участков пути и скорости на них:  $V_{\text{cp}} = \frac{L}{\frac{L-s}{V_1} + \frac{s}{V_2}}$ , откуда  $s = \frac{LV_2(V_1 - V_{\text{cp}})}{V(V_1 - V_2)} = 70$  км.

#### **Критерии оценивания**

Найдена средняя скорость на всём пути.....	<b>1 балл</b>
Найдены скорости на первом и втором участках .....	<b>2 балла</b>
Средняя скорость на всём пути выражена через длины участков .....	<b>4 балла</b>
Получено выражение для длины плохого участка .....	<b>2 балла</b>
Получено численное значение для длины плохого участка .....	<b>1 балл</b>

*За каждое верно выполненное действие баллы складываются.*

*При арифметической ошибке (в том числе ошибке при переводе единиц измерения) оценка снижается на 1 балл.*

**Максимум за задание – 10 баллов.**

### Задача 2

На середину плоской льдины толщиной  $H = 60$  см, плавающей в воде, ставят маленький медный кубик, в результате чего глубина погружения льдины увеличивается на  $\Delta h = 0,5$  см. Чему станет равна глубина  $H_{\text{п}}$  погружения этой льдины, если на её середину вместо медного кубика поставить железный кубик с вдвое большей стороной? Плотность льда  $\rho_{\text{л}} = 900$  кг/м<sup>3</sup>, плотность воды  $\rho_{\text{в}} = 1000$  кг/м<sup>3</sup>, плотность меди  $\rho_{\text{м}} = 8900$  кг/м<sup>3</sup>, плотность железа  $\rho_{\text{ж}} = 7800$  кг/м<sup>3</sup>.

**Возможное решение**

В отсутствие кубиков сила тяжести, действующая на льдину, уравнивается силой Архимеда. Над водой выступает часть льдины высотой  $h = H/10 = 6$  см. Это следует из условия плавания:  $SH\rho_{\text{л}}g = S\rho_{\text{в}}g(H - h)$ , где  $S$  – площадь льдины.

Сила тяжести, действующая на кубик, уравнивается добавочной силой Архимеда. Запишем условия равновесия только для добавочных сил. Для медного кубика:  $S\Delta h\rho_{\text{в}}g = \rho_{\text{м}}a^3g$ . Для железного кубика:  $S\Delta H\rho_{\text{в}}g = \rho_{\text{ж}}8a^3g$ , где  $\Delta H$  – добавочная глубина погружения льдины с железным кубиком. Разделив одно уравнение на другое, получим:  $\Delta H = \Delta h \frac{8\rho_{\text{ж}}}{\rho_{\text{м}}} \approx 3,5$  см.

Отсюда  $H_{\text{п}} = (H - h) + \Delta H = 57,5$  см.

Это значение меньше толщины льдины, следовательно, она не утонет.

**Критерии оценивания**

Записано условие плавания льдины без кубиков.....	<b>1 балл</b>
Найдена высота выступающей части $h$ (или глубина погружения).....	<b>2 балла</b>
Записаны условия равновесия для плавания с кубиками (по 1 баллу).....	<b>2 балла</b>
Правильно определено отношение масс кубиков.....	<b>2 балла</b>
Получено выражение для добавочной глубины погружения $\Delta H$ льдины с железным кубиком .....	<b>2 балла</b>
Получено численное значение для новой глубины погружения льдины.....	<b>1 балл</b>

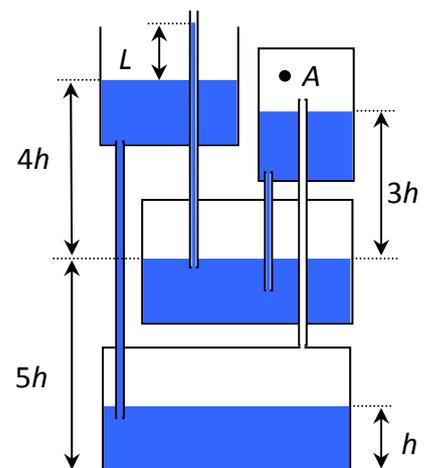
За каждое верно выполненное действие баллы складываются.

При арифметической ошибке (в том числе ошибке при переводе единиц измерения) оценка снижается на 1 балл.

Максимум за задание – **10 баллов**.

**Задача 3**

Сосуды, частично заполненные ртутью, над которой находится воздух, сообщаются трубками. Левый верхний сосуд и верхняя трубка открыты в атмосферу. Ртуть по трубкам не перетекает. Найдите давление воздуха в точке  $A$ , ответ выразите в мм рт. ст. Определите высоту  $L$  столба ртути в верхней трубке. Высота  $h = 5$  см. Атмосферное давление  $p_0 = 760$  мм рт. ст.



**Возможное решение**

Так как жидкость в системе находится в равновесии, можно связать друг с другом гидростатические давления на разных глубинах. Давление воздуха в нижнем сосуде равно давлению на поверхности граничащей с ним ртути:  $p_1 = p_0 + \rho gh = 1160$  мм рт. ст. (здесь  $\rho$  – плотность ртути). Такое же давление воздуха и в правом верхнем сосуде (то есть в точке  $A$ ).

На поверхности жидкости в среднем сосуде давление равно  $p_2 = p_0 + 11\rho gh$ , но иначе его можно выразить через высоту  $L$  следующим образом:  $p_2 = p_0 + \rho g(L + 4h)$ . Отсюда  $L = 7h = 35$  см.

### Критерии оценивания

Найдено давление воздуха в нижнем сосуде .....	<b>2 балла</b>
Записана формула для давления в точке $A$ .....	<b>1 балл</b>
Найдено численное значение давления в точке $A$ .....	<b>1 балл</b>
Найдено давление на поверхности ртути в среднем сосуде двумя способами (по 2 балла).....	<b>4 балла</b>
Найдена высота столба $L$ .....	<b>2 балла</b>

*За каждое верно выполненное действие баллы складываются.*

*При арифметической ошибке (в том числе ошибке при переводе единиц измерения) оценка снижается на 1 балл.*

**Максимум за задание – 10 баллов.**

### Задача 4

В калориметре смешали десять порций воды. Первая порция имела массу  $m = 1$  г и температуру  $t = 1$  °С, вторая – массу  $2m$  и температуру  $2t$ , третья –  $3m$  и  $3t$ , и так далее, а десятая – массу  $10m$  и температуру  $10t$ . Определите установившуюся температуру смеси. Потерями теплоты пренебречь.

### Возможное решение

Так как по условию система теплоизолирована, воспользуемся законом сохранения энергии. Определим количество теплоты, которое выделится при остывании всех порций воды до  $0$  °С.

$$Q = cmt + 2m \cdot c \cdot 2t + \dots + 10m \cdot c \cdot 10t = 385cmt.$$

Это количество теплоты пустим на нагревание всей воды, имеющей массу  $m + 2m + \dots + 10m = 55m$  от  $0$  °С до искомой температуры  $t_x$ :

$$Q = 55cmt_x = 385cmt, \text{ откуда } t_x = 7 \text{ °С.}$$

### Критерии оценивания

Составлено верное уравнение теплового баланса (в любом виде) .....	<b>5 баллов</b>
Получено выражение для установившейся температуры .....	<b>3 балла</b>
Найдено численное значение установившейся температуры .....	<b>2 балла</b>

*За каждое верно выполненное действие баллы складываются.*

*При арифметической ошибке (в том числе ошибке при переводе единиц измерения) оценка снижается на 1 балл.*

**Максимум за задание – 10 баллов.**

<b>Всего за работу – 40 баллов.</b>
-------------------------------------