

## 8 класс

**8-1.** Пусть  $v$  – скорость батискафа,  $c$  – скорость звука в воде,  $H$  – глубина моря,  $h$  – глубина, на которой находился эхолот в момент отправки импульса,  $\tau=10$  с – интервал времени от момента приема импульса до выхода на поверхность.

Пусть от момента отправки импульса до его получения прошло время  $t$ . Тогда  $h=v(t+\tau)$  (1) и  $ct=H-h+H-v\tau$  (2). Исключая из приведенных уравнений  $t$ , нахо-

дим  $h = \frac{2H + (c - v)\tau}{\frac{c}{v} + 1}$ . Учитывая, что  $c \gg v$ , это выражение можно переписать

как  $h = 2H \frac{v}{c} + v\tau = 6000/500 + 3 \cdot 10 = 42$  м.

**Ответ:** 42 м.

*Комментарий:* поскольку скорости звука и батискафа различаются на два порядка, учитывать влияние скорости батискафа на скорость сигнала не имеет смысла.

### *Критерии оценивания*

Записана формула (1) или эквивалентная ей	3
Записана формула (2) или эквивалентная ей	3
Получен ответ: в виде формулы	3
числовое значение	1

*Указание проверяющему:* 1. Упрощение формулы с учетом  $c \gg v$  не является обязательным, расчет по точной формуле также должен быть оценен полным баллом.

2. Если участник не получает итоговую формулу, а подставляет числовые значения сразу в систему уравнений (1)-(2) и верно находит числовое значение  $h$ , он должен по критерию "получен ответ" получить 4 балла. Если же он делает вычисления неверно, по критерию "получен ответ" выставляется 0 баллов.

**8-2.** При свободном равномерном подъёме на воздушный шар действуют три уравновешенных силы: две – вниз, это силы тяжести оболочки шара  $mg$  и горячего воздуха  $\rho_h gV$ , и одна – вверх, это сила Архимеда, создаваемая холодным воздухом  $\rho_c gV$ . Принимая для оценки форму шара кубической, получим, что его объем  $V$  равен  $a^3$  ( $a$  – ребро куба). Запишем условие равенства сил:  $\rho_c gV = mg + \rho_h gV$ . Отсюда можно найти необходимый объем оболочки:  $V = \frac{m}{\rho_c - \rho_h} = 22,2 \text{ м}^3$ , и далее определяем ребро куба  $a = 2,8 \text{ м}$ . Куб с такими размерами будет иметь общую площадь поверхности  $S = 6 \cdot 7,9 \text{ м}^2 = 47,4 \text{ м}^2$ . Именно по такой площади нужно раскатать 10 кг свинца. Теперь легко предельно толщину необходимого листа:  $h = \frac{m}{\rho_L S} \approx 20 \text{ мкм}$ . Это примерно

толщина самой тонкой шоколадной фольги!

**Ответ:** 20 мкм.

#### Критерии оценивания

Записано условие равновесия шара	3
Определен объем шара	2
Определена площадь поверхности шара	2
Получен ответ	3

**8-3.** Лед в масле утонет и вытеснит часть масла массой  $\Delta m = \rho_M V_0 = \rho_M \frac{m_0}{\rho_0}$ , где  $V_0$  — начальный объем льда. Предположим, что в итоге лед весь растает. Тогда образуется вода объемом  $V_B = \frac{m_0}{\rho_B}$ , который меньше начального объема льда на

$\Delta V = \frac{m_0}{\rho_0} - \frac{m_0}{\rho_B} = m_0 \frac{\rho_B - \rho_0}{\rho_B \rho_0}$ . Поэтому уровень жидкости в сосуде понизится на

$$\Delta h = \frac{\Delta V}{S} = \frac{m_0}{S} \frac{\rho_B - \rho_0}{\rho_B \rho_0}.$$

Найдем теперь установившуюся температуру системы. Часть внутренней энергии масла и сосуда будет передана льду. Поэтому уравнение теплового баланса следует записать в виде

$$(C + (m_M - \Delta m))(t_1 - t_K) = m_0(c_0(t_0 - t_2) + \lambda + c_B(t_K - t_0)).$$

Здесь  $\Delta m = m_0 \frac{\rho_M}{\rho_0}$ , а  $t_0 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$  — температура плавления льда

Из уравнения теплового баланса имеем:

$$t_K = \frac{(C + (m_M - \Delta m))t_1 - m_0(c_0(t_0 - t_2) + \lambda - c_B t_0)}{C + (m_M - \Delta m) + m_0 c_B}.$$

Подставив сюда выражение для  $\Delta m = m_0 \frac{\rho_M}{\rho_0}$ , получаем расчетную формулу:

$$t_K = \frac{\left( C + \left( m_M - m_0 \frac{\rho_M}{\rho_0} \right) \right) t_1 - m_0 (c_0 (t_0 - t_2) + \lambda - c_B t_0)}{C + \left( m_M - m_0 \frac{\rho_M}{\rho_0} \right) + m_0 c_B}$$

Проведя вычисления получим, что  $t_K = 5,99 \approx 6$  °С, а  $\Delta h \approx 5,5$  мм. Поскольку получившаяся температура положительна, наше предположение о том, что весь лед растает, верно.

**Ответ:** 6°С, понизится на 5,5 мм.

#### Критерии оценивания

Определена масса вылившегося масла	2
Определено изменение уровня	2
Записано выражение для тепла, отданного маслом	2
Записано выражение для тепла, полученного льдом	2
Получен ответ	2

*Указание проверяющему:* решения, в которых не учитывается выливание масла, следует оценивать не выше 4 баллов (в случае правильного определения изменения уровня и правильной записи выражения для тепла, полученного льдом).

8-4. Пусть масса груза, подвешенного к крайнему блоку, равна  $m$ , масса человека  $M$ , а сила натяжения нити, прикрепленной к левому подвижному блоку,  $T$ . Длину одной части планки обозначим  $L$ .

На рисунке 11 изображены вектора сил, действующих на систему «планка+человек», а также подписаны значения сил натяжения возле каждого из участков нитей. При этом учтено, что силы натяжения в различных участках одной и той же нити равны, а также должна быть равна нулю суммарная сила, действующая на подвижный блок.

Запишем условия равновесия системы тел «планка+человек»:

- равенство сил в проекции на вертикальную ось  $3T/2 + mg = Mg + mg/2$ ;
- равенство моментов сил относительно оси, проходящей через точку на планке, над которой стоит человек  $3LT + 4Lmg/2 = 3Lmg$  (можно было бы записать равенство моментов и относительно любой другой оси, но мы выбрали такую, относительно которой моменты двух действующих на систему сил равны 0, и уменьшили тем самым количество членов в уравнении).

Решая эти уравнения совместно, получим  $mg = Mg = 3T$ . Отсюда получаем искомую силу  $T/2 = Mg/6 = 100$  Н.

Поскольку при решении мы не рассматривали внутренние силы в системе «человек+планка», нужно проверить, не приводит ли наше решение к физически абсурдному результату — появлению отрицательной (направленной вниз) силы реакции опоры. Впрочем, это несложно сделать: хорошо видно, что

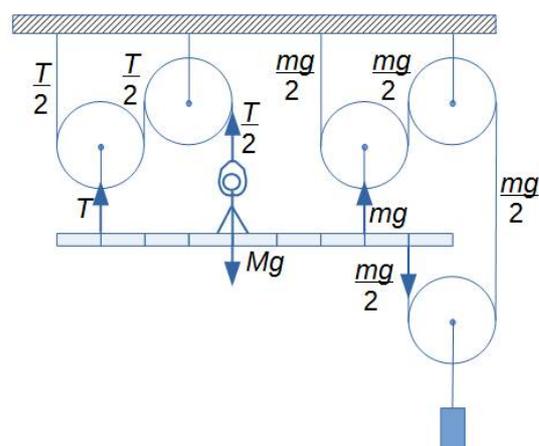


Рис. 11

действующая на человека вверх сила натяжения нити меньше, чем действующая на него вниз сила тяжести. Следовательно, сила реакции опоры положительна (направлена вверх) и равна  $5Mg/6 = 500$  Н.

**Ответ:** 100 Н.

***Критерии оценивания***

Записаны соотношения между натяжениями нитей, вытекающие из свойств подвижного блока	2
Записаны условия равновесия планки: два	5
только одно	2
Получен ответ	2
Проверено, что сила взаимодействия между человеком и планкой неотрицательна	1