

# XV Городская олимпиада по физике, 2024 г.

## 7 класс

### Задача 1

Из листа картона с поверхностной плотностью  $\sigma = 400 \text{ г/м}^2$  склеили закрытую со всех сторон коробочку в форме прямоугольного параллелепипеда со сторонами  $a = 20 \text{ см}$ ,  $b = 40 \text{ см}$ ,  $c = 60 \text{ см}$ . Для большей прочности коробочку равномерно покрыли снаружи толстым слоем лака с плотностью  $\rho = 1500 \text{ кг/м}^3$ . В результате масса коробочки оказалась равной  $m = 1670 \text{ г}$ . Определите толщину  $h$  слоя лака. Шириной загибов картона при склеивании можно пренебречь.

#### Решение:

1. Получить формулу для площади поверхности;
2. Выразить объём лака через площадь поверхности и толщину слоя;
3. Выразить толщину слоя;
4. Получить численное значение для толщины.

**Ответ:** толщина слоя лака  $h = \frac{1}{\rho} \left( \frac{m}{2(ab+bc+ac)} - \sigma \right) \approx 1 \text{ мм}$ .

### Задача 2

В стакан, до краев заполненный жидкостью, аккуратно помещают небольшой однородный шарик, который тонет и опускается на дно. В результате средняя плотность содержимого стакана становится равной  $\rho_1 = 1200 \text{ кг/м}^3$ . Затем в стакан добавляют еще один такой же шарик, и средняя плотность содержимого становится равной  $\rho_2 = 1260 \text{ кг/м}^3$ . Определите плотность  $\rho_0$  жидкости в стакане.

#### Решение:

$\rho_0$  - плотность жидкости

$V_0$  - объем

$m_0 = \rho_0 * V_0$  - масса жидкости

добавляем шарик массой  $m$  объемом  $V$

часть жидкости выплеснулась через край

суммарный объем не изменился

получаем среднюю плотность

$$\rho_1 = (\rho_0 * (V_0 - V) + m) / (V_0)$$

добавляем еще один шарик

$$\rho_2 = (\rho_0 * (V_0 - 2V) + 2m) / (V_0)$$

найдем разницу плотностей

$$\rho_1 - \rho_2 = (\rho_0 * V - m) / (V_0)$$

добавим к  $\rho_1$

$$\rho_1 + (\rho_1 - \rho_2) = (\rho_0 * (V_0 - V) + m) / (V_0) + (\rho_0 * V - m) / (V_0) = \rho_0 * (V_0) / (V_0) = \rho_0$$

$$2\rho_1 - \rho_2 = \rho_0$$

$$\rho_0 = 2\rho_1 - \rho_2 = 2 * 1200 - 1260 = 1140 \text{ кг/м}^3$$

### Задача 3

Корабль плывет по реке с постоянной скоростью. По палубе ходит пассажир, его скорость постоянна относительно корабля. От кормы к носу пассажир идет со скоростью  $V_1 = 11.4$  м/с относительно берега. Обрато идет со скоростью  $V_2 = 8.6$  м/с относительно берега. Длина палубы  $L = 70$  м. Пассажир прошел один раз от кормы к носу и обратно. Какое расстояние относительно берега проплыл за это время корабль?

Обозначим скорость пассажира относительно палубы  $V$ , а скорость корабля  $u$ . Когда пассажир идет от кормы к носу, его скорость относительно земли  $V_1 = V + u$ , в обратную же сторону  $V_2 = |V - u|$ , модуль мы написали потому что не известно, в какую сторону направлена скорость пассажира относительно берега (если  $V < u$ , то по ходу корабля, если  $V > u$ , то назад).

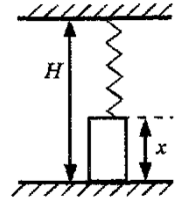
Пусть  $V > u$ , тогда  $V_2 = V - u$ . Сложим имеющиеся выражения для  $V_1$  и  $V_2$ :  $V_1 + V_2 = (u + V) + (V - u) = 2V$ . Значит,  $V = (V_1 + V_2)/2 = 10$  м/сек, а  $u = V_1 - V = 1.4$  м/сек. Это формально удовлетворяет уравнениям задачи, но переведа скорость в км/час, убеждаемся, что  $V = 36$  км/час соответствует не идущему по палубе пассажиру, а бегущему по стадиону спортсмену-спринтеру.

Попробуем рассмотреть второй вариант ( $V < u$ ), когда  $V_2 = u - V$ . Снова складывая выражения для  $V_1$  и  $V_2$ , получим  $u = (V_1 + V_2)/2 = 10$  м/сек и  $V = (V_1 - V_2)/2 = 1.4$  м/сек. Значит, расстояние  $2L$  пассажир проходит за время  $t = 2L/V$ , и за это время корабль преодолевает путь  $ut = 2Lu/V = 1$  км.

Ответ: 1 километр.

#### Задача 4

В комнате высотой  $H$  к потолку одним концом прикреплена легкая пружина жесткостью  $k$ , имеющая в ненапряженном состоянии длину  $l_0$  (причем  $l_0 < H$ ). На полу под пружиной размещают брусок высотой  $x$  с площадью основания  $S$ , изготовленный из материала плотностью  $\rho$ . Построить график зависимости давления бруска на пол от высоты бруска.



Предположим, что пружина не касается бруска. Это означает, что  $x < H - l_0$ . В этом случае давление бруска на пол определяется формулой

$$p = \frac{mg}{S} = \frac{\rho S x g}{S} = \rho g x.$$

Такая зависимость  $p(x)$  отобразится на графике наклонным отрезком OA

Пусть теперь  $x > H - l_0$ , то есть пружина сжата и давит на брусок. Величина сжатия равна  $(l_0 + x - H)$ , действующая сила по закону Гука  $F = k(l_0 + x - H)$ . Полное давление во втором случае равно

$$p = \rho g x + F/S = x(\rho g + k/S) + k(l_0 - H)/S.$$

Такая зависимость отобразится на графике наклонным отрезком AB.

Ответ: График показан на рисунке

