

- * Решение задач в плане подготовки к ГИА по теме «Архимедова сила»

К а ч е с т в е н н ы е з а д а ч и .

1. Лодка плавает в небольшом бассейне. Как изменится уровень воды в бассейне, если из лодки осторожно опустить в бассейн большой камень?

Ответ: уровень воды понизится.

Камень, лежащий на дне бассейна, вытесняет воду в объеме своего тела. Для камня, плавающего в лодке, вес вытесненной воды равен весу камня в воздухе. Учитывая, что плотность камня больше плотности воды, получаем, что в этом случае объем вытесненной воды будет больше объема камня.

2. В стакане с водой плавает кусок льда. Как будет меняться уровень воды в стакане по мере таяния льда?

Ответ: уровень воды меняться не будет.

Масса воды, вытесненная плавающим льдом, в точности равна массе льда. При таянии лед превращается в воду той же массы и занимает тот же объем, что и вытесненная первоначальная вода.

Эта задача имеет другой ответ, если в льдинку вмерж металлический шарик.

1. Камень лежит на дне сосуда, полностью погруженный в воду. Как изменится сила давления камня на дно, если в воду добавить поваренную соль?

Ответ. Сила давления уменьшится.

Модуль силы давления равен разности действующей на камень силы тяжести и архимедовой силы. При растворении поваренной соли средняя плотность воды увеличивается, следовательно, увеличится сила Архимеда, и уменьшится сила давления камня на дно сосуда.

2. Камень лежит на дне сосуда. Полностью погруженный в воду. Как изменится сила давления камня на дно, если в воду налить керосин?

Ответ. Сила давления не изменится. Рассуждения смотри выше.

5. Металлический брусок погрузили в жидкость один раз полностью. А другой - наполовину. Одинаковая ли выталкивающая сила действует на брусок в этих случаях?

Ответ. По определению Архимедовой силы на брусок полностью погруженный в жидкость действует большая выталкивающая сила

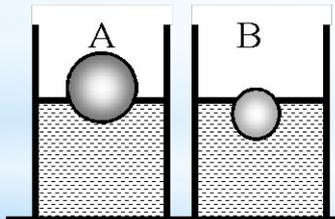
6. Одинаковая ли сила потребуется для того, чтобы удержать в воздухе пустое ведро или это же ведро, но наполненное водой – в воде?

Ответ. Да, потребуется одинаковая сила, т.к. численно она равна весу тела в данной среде, а вес пустого ведра в воздухе равен весу наполненного водой ведра в воде.

7. В сосуде с водой плавает шар, наполовину погружившись в воду. Изменится ли глубина погружения шара, если этот сосуд с шаром перенести на планету, где сила тяжести в два раза больше, чем на Земле?

Ответ. Так как архимедова сила компенсируется силой тяжести, то глубина погружения не изменится.

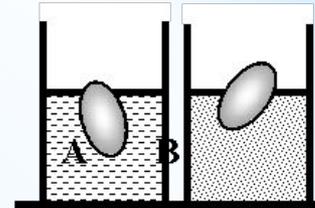
8. На рисунке изображены два тела одинаковой массы А и В, плавающие в воде. На какое из них действует бóльшая выталкивающая сила?



- 1) на тело А
- 2) на тело В
- 3) на оба тела действуют одинаковые выталкивающие силы .

Ответ 3, т.к. выталкивающая сила компенсируется силой тяжести, а они одинаковы

9. Два одинаковых яйца, плавают в растворах поваренной соли различной концентрации, имеющих различную плотность. На какое из яиц действует меньшая выталкивающая сила?



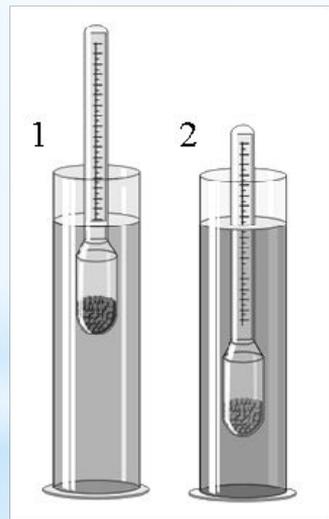
1) для ответа на вопрос необходимо знать плотность растворов соли .

2) меньшая выталкивающая сила действует на яйцо А

3) на оба яйца действует одинаковая выталкивающая сила.

4) меньшая выталкивающая сила действует на яйцо В.

Ответ 3, объяснение см. в задаче 8.



10. Два одинаковых ареометра погружены в разные жидкости. Сравните плотности жидкостей (ρ_1 и ρ_2) и выталкивающие силы, действующие на ареометры (F_1 и F_2).

1) $\rho_1 > \rho_2$; $F_1 > F_2$

3) $\rho_1 < \rho_2$; $F_1 = F_2$

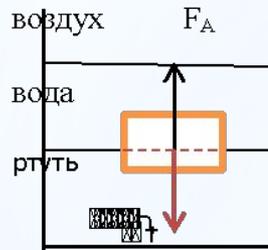
2) $\rho_1 > \rho_2$; $F_1 = F_2$

4) $\rho_1 < \rho_2$; $F_1 < F_2$

Ответ 2, т.к. ареометр тем меньше погружен в жидкость, чем больше ее плотность. Силы же равны, т.к. ареометры одинаковы и сила тяжести компенсируется выталкивающей силой.

Расчетные задачи

1. Однородное стальное тело плавает на границе двух несмешивающихся однородных жидкостей – ртути и воды. Найти отношение объемов воды и ртути, вытесненных твердым телом, к его объему.



Решение.

На тело, находящееся в воде и ртути, действуют равнодействующая архимедовых сил F_A и сила тяжести F_T . Модуль F_A равен сумме модулей двух сил - модуля архимедовой силы, действующей на часть тела, которая находится в воде и модуля архимедовой силы, действующей на часть тела, которая находится в ртути.

Из условия равновесия твердого тела следует, что $F_T = F_A$, т.е.

$$m_{\text{ст}} g = m_{\text{в}} g + m_{\text{рт}} g, \quad (1) \text{ очевидно, что}$$

$$m = m_{\text{в}} + m_{\text{рт}}, \quad (2)$$

Разделив (1) на V_T и g , а (2) на V_T , получим

$$\begin{aligned} m_{\text{ст}} &= m_{\text{в}} + m_{\text{рт}}, \\ 1 &= \frac{m_{\text{в}}}{m} + \frac{m_{\text{рт}}}{m}, \text{ где} \\ \frac{m_{\text{в}}}{m} &= \frac{\rho_{\text{в}}}{\rho} \text{ и } \frac{m_{\text{рт}}}{m} = \frac{\rho_{\text{рт}}}{\rho}. \end{aligned}$$

Получаем результат $\frac{m_{\text{рт}}}{m} = \frac{m_{\text{ст}} - m_{\text{в}}}{\rho_{\text{рт}} - \rho} = \frac{7800 - 1000}{13600 - 1000} = 0,54$, $\frac{m_{\text{в}}}{m} = 0,46$.

2. Масса кольца, сделанного из сплава золота и серебра, равна 20 г. Вес кольца в воде равен 0,185 Н. Найти массу золота и серебра в этом кольце. Плотности воды, золота и серебра равны 1, 19,3 и 10,5 г/см³.

Решение.

Общая масса кольца складывается из массы золота и массы серебра.

Запишем условие равновесия кольца в воде в скалярном виде:

$$-F_T + F_A + F_{\text{упр}} = 0,$$

где F_T – сила тяжести кольца, F_A – архимедова выталкивающая сила, $F_{\text{упр}}$ – упругая сила, с которой динамометр действует на кольцо.

Модули сил F_T и F_A определяются по формулам

$$m = m_{\text{з}} + m_{\text{с}},$$

$$F_A = \rho_{\text{в}} V_{\text{з}} + \rho_{\text{с}} V_{\text{с}} = \rho_{\text{в}} \frac{m_{\text{з}}}{\rho_{\text{з}}} + \frac{m_{\text{с}}}{\rho_{\text{с}}}.$$

$$m_{\text{з}} \left(1 - \frac{\rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{з}}} \right) + m_{\text{с}} \left(1 - \frac{\rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{с}}} \right) = \frac{F_{\text{упр}}}{g}$$

$$m_{\text{с}} = \frac{\rho_{\text{з}} m_{\text{з}} - \rho_{\text{в}} m_{\text{з}} - F_{\text{упр}} m_{\text{з}}}{\rho_{\text{в}} m_{\text{з}} - m_{\text{с}}} = \frac{9,8 \cdot 0,02 \cdot 19,3 - 1 \cdot 0,185 \cdot 9,3 \cdot 1000}{1000 \cdot 9,8 \cdot \frac{19,3}{10,5} - 1000} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг},$$

$$m_{\text{з}} = m - m_{\text{с}} = 20 \text{ г} - 2 \text{ г} = 18 \text{ г}.$$

3. Полый медный шар весит в воздухе $2,6 \times 10^{-3} \text{ Н}$, в воде $2,17 \times 10^{-2} \text{ Н}$. Определите объем внутренней полости шара. Выталкивающей силой воздуха пренебречь.

Решение.

Т.к. взвешиваемое тело находится в равновесии, то $F_b + T - mg = 0$, где mg - сила тяжести, T - сила натяжения нити, на которой шар подвешен к динамометру, F_b – выталкивающая сила воды.

Выразив F_b через плотность воды и объем погруженной части тела, равный объему тела, получим

$$\rho_{\text{в}} g V_{\text{п}} + T - mg = 0.$$

Объем полости $V_{\text{п}}$ равен объему всего тела $V_{\text{т}}$ без объема $V_{\text{м}}$, который занимает материал тела $V_{\text{м}}$ в нашем случае медь:

$$V_{\text{п}} = V_{\text{т}} - V_{\text{м}} \quad \text{или} \quad V_{\text{п}} = \frac{m_{\text{т}}}{\rho_{\text{в}}} - \frac{m_{\text{м}}}{\rho_{\text{м}}}.$$

Из этих двух уравнений находим объем полости

$$V_{\text{п}} = \frac{m_{\text{т}} - m_{\text{м}}}{\rho_{\text{в}}} - \frac{m_{\text{м}}}{\rho_{\text{м}}}.$$

. Медный стержень длиной $L=1$ м подвешен на динамометре в вертикальном положении. При этом он частично погружен в воду. При увеличении глубины погружения стержня на 20 см показания динамометра изменились на 1 Н. Определите массу стержня.

Решение:

Изменение показаний динамометра

$$P_1 - P_2 = (P - \rho_{\text{в}} V_1) - (P - \rho_{\text{в}} V_2),$$

где P – это вес стержня в воздухе. Представив V как произведение длины погруженной части стержня на площадь его поперечного сечения S , получим

$$\Delta F = \rho_{\text{в}} \Delta V$$

Т.к. $\rho = \frac{m}{V}$, то для массы стержня получаем формулу

$$m = \frac{\Delta F \rho_{\text{м}}}{\rho_{\text{в}} \Delta L}.$$

5. Резиновый шар объемом 5 л наполнен воздухом. Вес оболочки шара $P = 0,015$ Н. В каком соотношении должны быть взяты объемы углекислого газа и воздуха для составления смеси, в которой мог бы плавать, не погружаясь и не всплывая, такой шар?

Решение.

Плотность смеси должна быть такой, чтобы вес объема 5 л этой смеси был равен весу шара с воздухом. Вес шара с воздухом равен $\rho_0 V_0 + P$. Если V_0 – объем воздуха, вошедшего в смесь, то вес смеси равен $\rho_0 V_0 + \rho(V - \rho_0 V_0)$. Условие равновесия шара запишется так:

$$\rho_0 V_0 + P = \rho_0 V_0 + \rho(V - \rho_0 V_0);$$

отсюда

$$V_0 = P + \frac{P}{\rho(\rho_0 - \rho)} \approx 2,78 \text{ л, т.е. } \frac{V_0}{V - V_0} = \frac{2,78}{2,22} \approx 10:8.$$