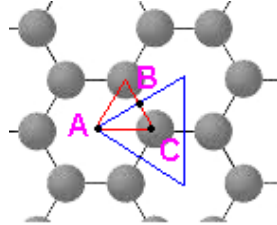




**Физика для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)**  
**Решение задачи 9. Нанопонтон из графена – нанотрубка**

1. Оценим плотность графена:



По теореме Пифагора для  $\Delta ABC$ :  $AC^2 = AB^2 + BC^2$ .

Поскольку  $AC = 2BC = a$  (где  $a = 0,14$  нм – расстояние между центрами атомов углерода), то  $AB = \sqrt{a^2 - (a/2)^2} = a\sqrt{3}/2$ .

На один атом углерода приходится площадь синего треугольника, который состоит из 6  $\Delta ABC$ . Из 2-х  $\Delta ABC$  можно сложить прямоугольник со сторонами  $a\sqrt{3}/2$  и  $a/2$ , то есть, площадью  $a^2\sqrt{3}/4$ . Значит, площадь, приходящаяся на один атом углерода равна  $3a^2\sqrt{3}/4$ .

$$\rho_{G,s} = \frac{m_C}{S_C} = \frac{12 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27}}{(3\sqrt{3}a^2/4)} = \frac{1,992 \cdot 10^{-26}}{(3\sqrt{3} \cdot (0,142 \cdot 10^{-9})^2/4)} = 7,6 \cdot 10^{-7} \text{ кг/м}^3.$$

Возьмем нанотрубку длиной  $L$  с радиусом  $R$ .

Масса такой УНТ примерно равна  $m_{nt} = S\rho_{G,s} = 2\pi RL\rho_{G,s}$

Объем рассматриваемой нанотрубки составляет  $V_{nt} = \pi R^2 L$ .

Масса вытесненной нанотрубкой воды –  $m_w = V_{nt}\rho_w = \pi R^2 L\rho_w$ .

Тогда для нанопонтона, вес, которого будет равен весу вытесненной воды, получаем:

$$2\pi RL\rho_{G,s}g = \pi R^2 L\rho_w g \text{ или } 2\rho_{G,s} = R\rho_w$$

Тогда

$$R = \frac{2\rho_{G,s}}{\rho_w} = \frac{2 \cdot 7,6 \cdot 10^{-7}}{1000} \approx 1,52 \cdot 10^{-9} \text{ м (1,5 нм)}.$$

Т.е. закрытая УНТ станет легче воды, начиная с диаметра **3 нм**.

2. По условию понтон – это баллон, который легче воды. При увеличении диаметра закрытой УНТ ее плотность будет уменьшаться (т.е. она останется на плаву), но если мы «откроем» обычный понтон – внутрь попадет вода, и он утонет. Однако для нанопонтона это почему-то не происходит, т.е. можно предположить, что существует сила, препятствующая затеканию воды в открытую нанотрубку. Если жидкость смачивает поверхность капилляра, то столбик жидкости будет подниматься по нему вверх (например, как вода и стекло). Но материалы на основе графена плохо смачиваются водой (это нам косвенно демонстрирует эксперимент из п.3). Поэтому, чтобы «загнать» воду внутрь капилляра из углеродной нанотрубки, необходимо приложить дополнительное давление, тем большее, чем меньше радиус УНТ.

3. Если ничего не знать о смачиваемости материала грифеля водой, то без эксперимента ответить на этот вопрос сложно. Опытным путем можно установить (см. фотографию), что кусочки тонкого грифеля, будучи осторожно помещенными на поверхность воды, не смачиваются и остаются наплаву. Отметим, что, несмотря на то, что из грифелей можно построить переправу, по условию задачи грифель не является нанопонтоном, поскольку он тяжелее воды и тонет после погружения в воду (на фотографии один из грифелей после погружения остается лежать на дне).

