

Новое об оксидах графита и графена.

В 2012-2013 году появились сообщения о новых возможностях использования оксида графита (ОГ-фита) и оксида графена (ОГ-фена). ОГ-фит имеет обычную структуру графита, в которой часть атомов углерода окислена. Атомы углерода образуют правильные шестиугольники. Межплоскостные расстояния по сравнению со структурой графита увеличены (см. рис. 1). ОГ-фен – одна плоскость из структуры ОГ-фита. (см. рис. 2). Состав обоих ОГ в нашей задаче выразим простейшей формулой $\text{CO}_{0.25}$.

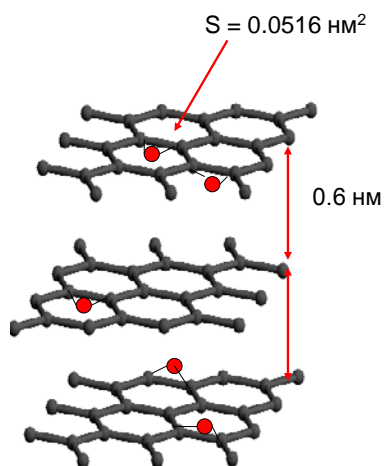
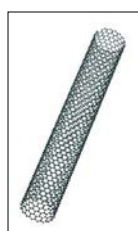
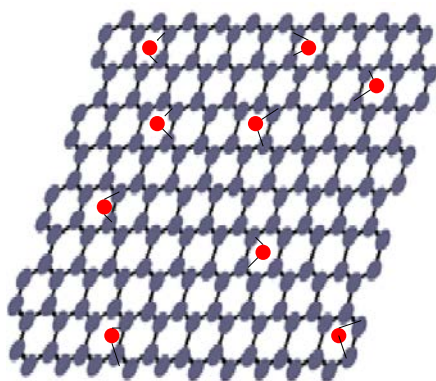


Рис. 1. Оксид графита. Черные и красные кружки – атомы углерода и кислорода, соответственно.



(a)



(б)

Рис. 2. а) Одностенная углеродная нанотрубка. б) оксид графена.

1) Группа лауреата нобелевской премии А.Гейма предложила (2012 год) использовать мембраны из ОГ-фита для изоляции и хранения газов. Толщина подобной мембраны составляет 100 нм, она закрывает горлышко сосуда с газом диаметром в 1 см. Мембрана из ОГ-фита имеет такую же низкую проницаемость, как и стеклянная мембрана толщиной в 1 мм. Плотность стекла 2.5 г/см^3 .

- а) Попробуйте оценить, во сколько раз мембрана из ОГ-фита легче стеклянной мембраны?
- б) При увеличении влажности проницаемость мембраны из ОГ-фита увеличивается. С чем может быть связан подобный эффект?

2) Углеродные нанотрубки гидрофобны. Их растворимость в воде равна нулю. ОГ-фен гидрофилен и образует с водой устойчивый коллоидный раствор. Недавно (2013 год) появилось сообщение о растворении нанотрубок в воде в присутствии ОГ-фена. Предельная растворимость ОГ-фена в воде составила $0.1 \text{ мг/г H}_2\text{O}$. При этом в водную фазу перешло 0.02 мг нанотрубок в расчете на грамм H_2O . Средняя площадь одного фрагмента ОГ-фена в растворе составляла $0.1 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2$. Диаметр растворявшихся одностенных нанотрубок 1 нм, длина 800 нм.

- а) Объясните, почему углеродные нанотрубки начинают растворяться в присутствии ОГ-фена?
- б) Сколько нанотрубок приходится в растворе на один кусок ОГ-фена?

Максимальная оценка – 7 баллов

Решение

1. а) Количество графеновых слоев в мембране из ОГ-фита толщиной 100 нм: $100/0.6 = 167$. Диаметр мембраны 1 см. Площадь мембраны 0.79 см^2 . Площадь шестиугольника на поверхности 0.0516 нм^2 . Количество шестиугольников в 167 слоях равно $167 * 0.79 / 0.0516 * 10^{-14} = 2.54 * 10^{17}$.

Количество атомов углерода $5.08 * 10^{17}$. Число молей углерода в мембране $5.08 * 10^{17} / (6.02 * 10^{23}) = 8.44 * 10^{-7}$ моль. Молекулярная масса $\text{CO}_{0.25} = 16$. Масса мембраны $16 * 8.44 * 10^{-7} = 1.35 * 10^{-5}$ г. Масса мембраны из стекла $0.1 * 0.79 * 2.5 = 0.198$ г. Стеклопленочная мембрана тяжелее в $0.198 / 1.35 * 10^{-5} = 1.5 * 10^4 = 15\ 000$ раз.

(2 балла)

б) Молекулы воды попадают в межплоскостное пространство и образуют связи с атомами кислорода в эпоксидных группах. При этом межплоскостные расстояния в ОГ-фите увеличиваются и проницаемость мембраны возрастает.

(1 балл)

2. а) ОГ-фен гидрофилен за счет расположенных на поверхности эпоксидных групп. Трубки могут закрепляться на поверхности ОГ-фена в тех местах, где эпоксидных групп нет, за счет π - π связей. ОГ-фен служит платформой для переноса трубок в водную фазу.

(2 балла)

б) Площадь поверхности одной нанотрубки: $\pi * 1 * 800 = 2513 \text{ нм}^2$. Нанотрубки и углерод в ОГ-фене при одинаковой площади весят одинаково. Атомы кислорода увеличивают массу ОГ-фена в 16/12 раз по сравнению с чистым графеном. Таким образом, на один фрагмент ОГ-фена в растворе приходится $(0.02/0.1) * (0.1 * 10^6 * (16/12) / 2513) = 11$ трубок.

(2 балла)

Максимальная оценка – 7 баллов