

Про нанослона и бревна-нанотрубки

	Высота (H)	Длина (L)		Диаметр (d)	Длина (l)
<i>Слон</i>	4 м	10 м	<i>Бревно</i>	1 м	10 м
<i>Нанослон</i>	10 нм	25 нм	<i>Нанотрубка</i>	2,5 нм	25 нм

Длина связи С – С в углеродной нанотрубке $a = 1,42 \text{ \AA}$.

Тип углеродной нанотрубки – «зигзаг».

$$S_{\text{тр}} = 2\pi r l = \pi d l,$$

$$S_{\text{шестиуг}} = \frac{3\sqrt{3}a^2}{2}$$

$S_{\text{тр}}$ – площадь поверхности нанотрубки (как цилиндра)

$S_{\text{шестиуг}}$ – площадь шестиугольника

Число формульных единиц $z = 2$

1 способ – расчет через число атомов углерода.

Число шестиугольников в нанотрубке N :

$$N_{\text{шестиуг}} = \frac{2\pi d l}{3\sqrt{3}a^2} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 2,5 \cdot 10^{-9} \cdot 25 \cdot 10^{-9}}{(1,42 \cdot 10^{-10})^2 \cdot \sqrt{3} \cdot 3} = 3746$$

Учитывая $z = 2$, число атомов углерода в трубке:

$$N_{\text{ат}} = 2N_{\text{шестиуг}} = 2 \cdot 3746 = 7492$$

Т.к. $m_{\text{ат.С}} = 1,993 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$, то масса трубки будет равна:

$$m_{\text{тр}} = N_{\text{ат}} \cdot m_{\text{ат.С}} = 7492 \cdot 1,993 \cdot 10^{-26} = 1,5 \cdot 10^{-22} \text{ кг}.$$

2 способ – расчет через поверхностную плотность.

Атомная масса углерода $A_{\text{С}} = 12 \text{ а.е.м.}$, $z = 2$, поэтому поверхностная плотность

$$\rho_{\text{поверхн}} = \frac{z \cdot A_{\text{С}}}{S_{\text{шестиуг}}} = \frac{16}{\sqrt{3}a^2}$$

Масса трубки в а.е.м.:

$$M = S_{\text{тр}} \cdot \rho_{\text{поверхн}} = \frac{16\pi d l}{\sqrt{3}a^2}$$

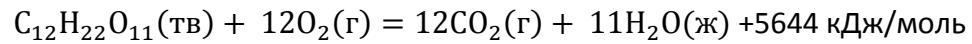
С учетом $1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$

$$M = \frac{16 \cdot 3,14 \cdot 2,5 \cdot 10^{-9} \cdot 25 \cdot 10^{-9} \cdot 1,66 \cdot 10^{-27}}{\sqrt{3}(1,42 \cdot 10^{-10})^2} = 1,5 \cdot 10^{-22} \text{ кг}.$$

Тогда работа, которую должен совершить нанослон для того, чтобы поднять нанотрубку на высоту своего роста, будет равна:

$$A = mgH = 1,5 \cdot 10^{-22} \text{ кг} \cdot 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 10 \cdot 10^{-9} \text{ м} = 147 \cdot 10^{-31} \text{ Дж} = 1,47 \cdot 10^{-29} \text{ Дж}.$$

Реакция сгорания сахарозы:



Количество моль сахарозы, которое необходимо съесть нанослону для совершения работы:

$$\nu = \frac{A}{Q} = \frac{1,47 \cdot 10^{-29} \text{ Дж}}{5644 \cdot 10^3 \text{ Дж/моль}} = 2,6 \cdot 10^{-36} \text{ моль.}$$

Молярная масса сахарозы: $M(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = 342 \text{ г/моль.}$

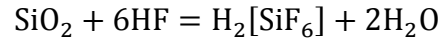
Масса сахарозы:

$$m_{\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}} = M \cdot \nu = 2,6 \cdot 10^{-36} \text{ моль} \cdot 342 \frac{\text{Г}}{\text{МОЛЬ}} = 8,89 \cdot 10^{-34} \text{ Г.}$$

Масса сахарозы для $n = 10$ молей нанотрубок (в нанограммах):

$$m = m_{\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}} \cdot N_A \cdot n = 8,89 \cdot 10^{-34} \text{ Г} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} \cdot 10 \text{ моль} = 5,4 \text{ нг.}$$

Про метод Принца



α -кварц: $\rho_{\text{SiO}_2} = 2,6 \text{ г/см}^3$, $M_{\text{SiO}_2} = 60 \text{ г/моль}$.

Объем слоя: $V_{\text{слоя}} = abh$

Масса диоксида кремния:

$$m_{\text{SiO}_2} = \rho_{\text{SiO}_2} \cdot V = abh\rho_{\text{SiO}_2}$$

Количество вещества диоксида кремния:

$$\nu_{\text{SiO}_2} = \frac{m_{\text{SiO}_2}}{M_{\text{SiO}_2}} = \frac{abh\rho_{\text{SiO}_2}}{M_{\text{SiO}_2}}$$

С учетом $a = 10 \text{ мм}$, $b = 30 \text{ мм}$, $h = 10 \text{ мкм}$, количество вещества HF (по уравнению):

$$\begin{aligned} \nu_{\text{HF}} = 6\nu_{\text{SiO}_2} &= \frac{6abh\rho_{\text{SiO}_2}}{M_{\text{SiO}_2}} = \frac{6 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot 30 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot 10 \cdot 10^{-6} \text{ м} \cdot 2,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3}{60 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}} \\ &= 7,8 \cdot 10^{-4} \text{ моль} \end{aligned}$$

Объем раствора с концентрацией 0,01 моль/л, который необходимо взять:

$$V_{\text{р-ра HF}} = 7,8 \cdot 10^{-4} \text{ моль} / (0,01 \text{ моль/л}) = 0,078 \text{ л} = 78 \text{ мл.}$$

Масса раствора HF, учитывая плотность 0,01 М раствора HF $\rho_{\text{р-ра HF}} = 1 \text{ г/мл}$, равна

$$m_{\text{р-ра HF}} = V_{\text{р-ра HF}} \cdot \rho_{\text{HF}} = 78 \text{ г.}$$

Про волосы русалки

Кристаллическая решётка селена как простого вещества – гексагональная с параметрами ячейки $a = 4,364 \text{ \AA}$, $c = 4,959 \text{ \AA}$. Необходимо найти длинную диагональ ромба со сторонами a , лежащего в основании ячейки, которая будет равна диаметру нанотрубки:

$$d_{\text{тр}} = a\sqrt{3}$$

Длина окружности трубки: $C_{\text{тр}} = 2\pi r = \pi d_{\text{тр}} = \sqrt{3}\pi a$.

Правильные шестиугольники, образующие нанотрубку, имеют сторону $b = 1,42 \text{ \AA}$ (длина связи С – С в нанотрубке), найдем параметр x в шестиугольнике:

$$\left(\frac{x}{2}\right)^2 = b^2 - \left(\frac{b}{2}\right)^2 = \frac{3b^2}{4} \Rightarrow x = b\sqrt{3}.$$

Т.к. трубка типа «зигзаг», то число граней N будет равно:

$$N = \frac{\sqrt{3}\pi a}{\sqrt{3}b} = \frac{\pi a}{b} = \frac{3,14 \cdot 4,364 \text{ \AA}}{1,42 \text{ \AA}} = 9,64 \approx 10 \text{ граней.}$$

Про квантовые точки

Масса капли с учетом ее плотности ($\rho \sim 1 \text{ г/см}^3$):

$$m_{\text{капли}} = 10^{-12} \text{ л} \cdot \frac{1 \text{ г}}{10^{-3} \text{ л}} = 10^{-9} \text{ г} = 10^{-12} \text{ кг}.$$

1% (по массе) CdTe $\Rightarrow m_{\text{CdTe}} = 10^{-14} \text{ кг}$.

Плотность $\rho_{\text{CdTe}} = 5,85 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 5,85 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, следовательно, объем N частиц CdTe в капле:

$$V_N = \frac{m_{\text{CdTe}}}{\rho_{\text{CdTe}}} = \frac{10^{-14} \text{ кг}}{5,85 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} = 1,71 \cdot 10^{-18} \text{ м}^3.$$

Объем одной частиц CdTe, имеющей сферическую форму и диаметр 10 нм:

$$V_{\text{ч-цы CdTe}} = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{\pi d^3}{6} = \frac{3,14 \cdot (10 \cdot 10^{-9} \text{ м})^3}{6} = 5,23 \cdot 10^{-25} \text{ м}^3.$$

Число частиц CdTe в капле:

$$N = \frac{V_N}{V_{\text{ч-цы CdTe}}} = \frac{1,71 \cdot 10^{-18} \text{ м}^3}{5,23 \cdot 10^{-25} \text{ м}^3} = 3,27 \cdot 10^6$$

Общая площадь капли ($h = 100 \text{ нм}$ – толщина капли; ее объем 1 пл):

$$S_{\text{общ}} = \frac{V_{\text{общ}}}{h} = \frac{10^{-12} \cdot 10^{-3} \text{ м}^3}{10^2 \cdot 10^{-9} \text{ м}} = 10^{-8} \text{ м}^2.$$

Площадь одной частицы CdTe:

$$S_{\text{ч-цы CdTe}} = \pi r^2 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot (10 \cdot 10^{-9} \text{ м})^2}{4} = 7,85 \cdot 10^{-17} \text{ м}^2.$$

Вероятность ν :

$$\nu = \frac{N \cdot S_{\text{ч-цы CdTe}}}{S_{\text{общ}}} = \frac{3,27 \cdot 10^6 \cdot 7,85 \cdot 10^{-17} \text{ м}^2}{10^{-8} \text{ м}^2} = 25,7 \cdot 10^{-3} = 2,57\%$$