

Задача 9.2 Графен, графит, алмаз.

Углерод – химический элемент четвертой группы таблицы Менделеева. Валентность углерода равна 4, поэтому он может легко соединяться с другими атомами углерода, образуя различные разветвленные структуры. В данной задаче вам предстоит рассмотреть некоторые известные формы чистого углерода.

Молярная масса углерода $M = 12,0 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$. Постоянная Авогадро $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$

Нанометр – единица длины, используемая в атомной физике $1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$.

Часть 1. Графен¹

Графен - двумерная модификация углерода, образованная слоем атомов углерода толщиной в один атом, соединённых в гексагональную (шестиугольную) двумерную кристаллическую решётку (рис. 1).

Расстояние между ближайшими атомами в пленке графена равно $a_0 = 0,142 \text{ нм}$.

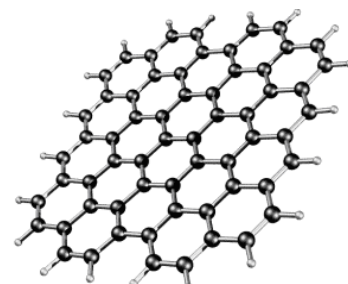


Рис. 1

1.1 Рассчитайте поверхностную плотность графена.

Поверхностной плотностью называется масса единицы площади

$$\sigma = \frac{m}{S}.$$

Часть 2. Графит

На рисунке показана α -модификация кристаллической решётки графита. Структура данной решётки слоистая. Каждый слой строится из правильных шестиугольников, в вершинах которых находятся атомы углерода. Соседние слои смещены относительно друг друга так, что половина атомов второго слоя располагается над центрами шестиугольников первого (нижнего) слоя и под центрами шестиугольников третьего (верхнего) слоя. Первый и третий слои повторяют друг друга.

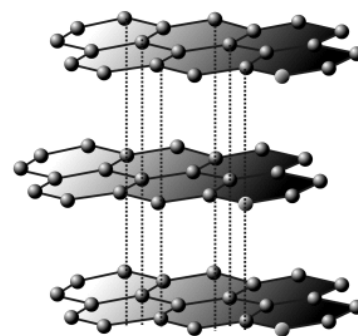


Рис. 2

2.1 Изобразите расположение атомов в двух соседних слоях при виде «сверху». Для этого используйте бланк к задаче. Штриховкой выделена пара шестиугольников, расположенные один под другим. В каждом слое атомы должны заполнять всю нарисованную сетку.

2.2 Рассчитайте плотность графита. Атомы углерода, находящиеся в соседних вершинах шестиугольника, отстоят друг от друга на величину $a_1 = 0,1415 \text{ нм}$, а соседние плоскости удалены друг от друга на $h = 0,3354 \text{ нм}$ (рис. 3).

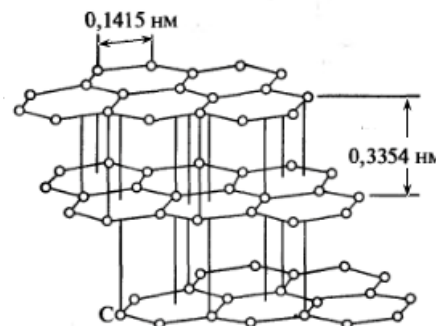


Рис. 3

¹ За «передовые опыты с двумерным материалом — графеном» А. К. Гейму и К. С. Новосёлову была присуждена Нобелевская премия по физике за 2010 год

Часть 3. Алмаз

В кристаллической решетке алмаза все атомы углерода находятся «в равных условиях»: каждый атом соединен ковалентными связями с четырьмя соседними атомами, находящимися в вершинах правильной треугольной пирамиды - тетраэдра (рис. 4).

Расстояние между соседними атомами в кристаллической решетке алмаза равно $a_2 = 0,153 \text{ нм}$.

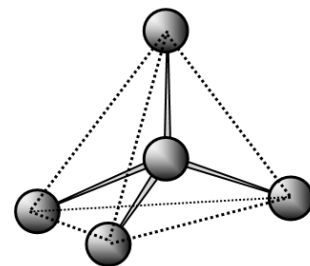


Рис. 4

Представить себе кристаллическую решетку алмаза можно следующим образом. Возьмем «четверку атомов», расположим ее вертикально, а затем к каждому из трех нижних атомов присоединим еще три таких же четверки, далее процесс присоединения можно продолжить (рис. 5).

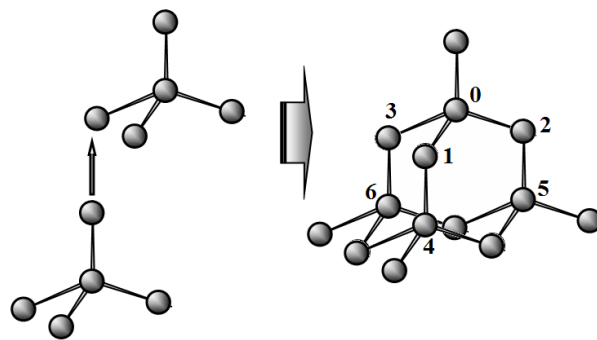


Рис. 5

3.1 На бланке к задаче укажите расположение атомов в трех последовательных слоях решетки алмаза при виде сверху (см. рис. 5): Слой 1 – содержит атомы 1-2-3; Слой 2 – содержит атомы 4-5-6; Слой 3 – следующий, лежащий под слоем 2. В каждом слое атомы должны заполнять всю нарисованную сетку. На каждом рисунке показано положение атома 0.

3.2 Рассчитайте плотность алмаза.

Математическая подсказка.

На рис. 6 показан тетраэдр, образуемый атомами углерода в кристаллической решетке алмаза. Если расстояние между ближайшими атомами равно

$$|A_0A_1| = |A_0A_2| = |A_0A_3| = |A_0A_4| = a,$$

то:

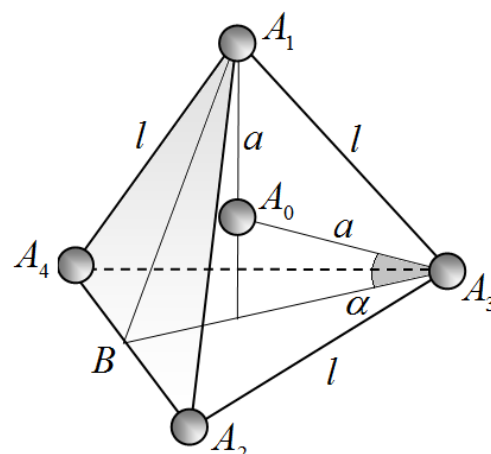
$$\text{Длина стороны тетраэдра } l = |A_1A_2| = \dots = |A_4A_2| = \sqrt{\frac{8}{3}}a$$

$$\text{Площадь одной грани тетраэдра } S = \sqrt{\frac{4}{3}}a^2$$

$$\text{Объем тетраэдра } V = \sqrt{\frac{64}{243}}a^3$$

Угол между основанием тетраэдра и направлением связи с центральным атомом $\angle A_0A_3B$

$$\alpha \approx 19,47^\circ, \text{ при этом } \sin \alpha = \frac{1}{3}.$$



Часть 4.

На следующие вопросы дайте краткие словесные (не более 20 слов) ответы.

4.1 Почему графит проводит электрический ток, а алмаз нет?

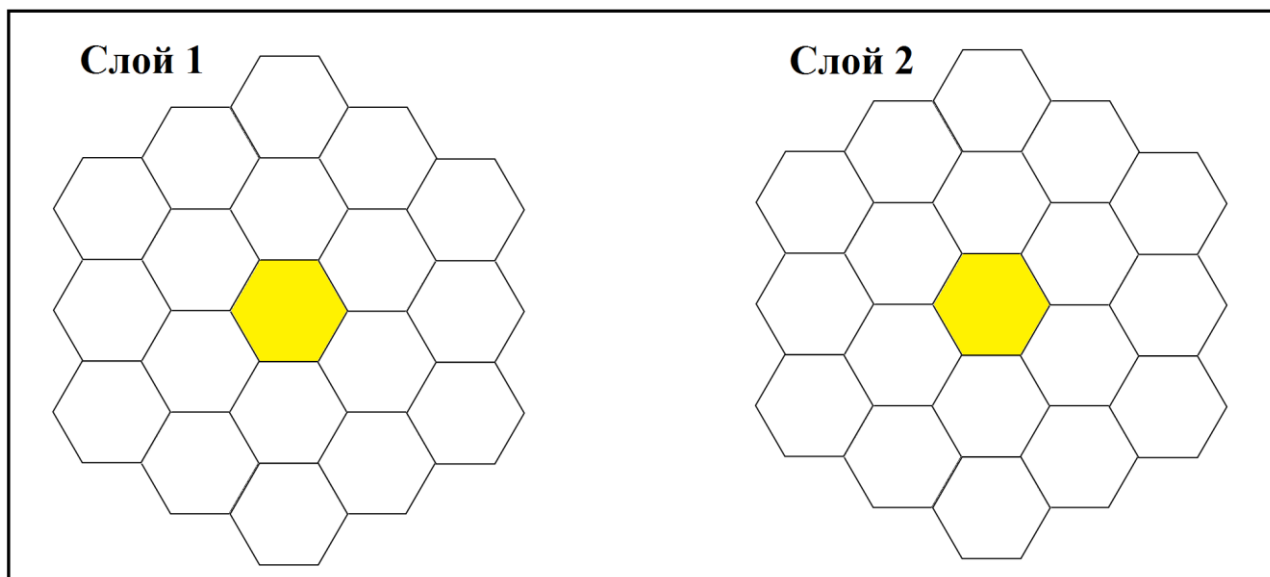
4.2 Электрическое сопротивление кристалла графита очень сильно зависит от направления протекания электрического тока. В каком направлении протекания тока вдоль слоев (1), или поперек их (2), сопротивление графита больше и почему?

4.3 На рисунке, приведенному на бланке ответов, показана фотография модели кристаллической решетки алмаза. Какую принципиальную ошибку допустили разработчики этой модели? Укажите ее прямо на рисунке и дайте краткое обоснование вашего ответа.

Бланк к задаче 9.2 Графен, графит, алмаз.

Не забудьте сдать этот листок!

2.2 Расположение атомов в слоях кристаллической решетки графита.



3.1 Расположение атомов в слоях кристаллической решетки алмаза.

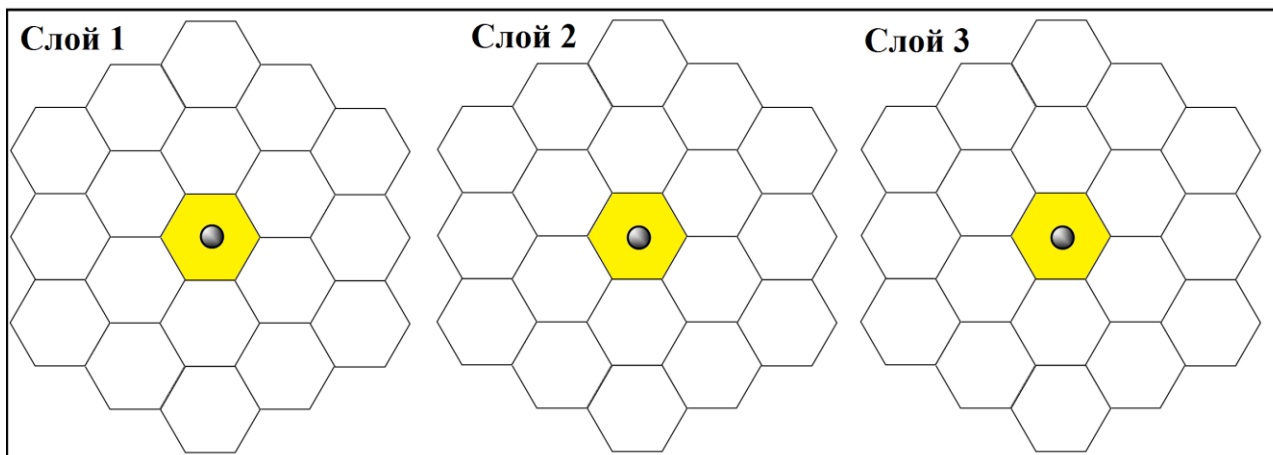


Рисунок 6. Модель кристаллической решетки алмаза.

