

Атомы и молекулы

Задача 1. (МОШ, 2014, 7–10) Кристалл поваренной соли представляет собой кубическую решётку из атомов натрия и хлора, расположенных в «шахматном» порядке, так, что ближайшими соседями атома натрия являются атомы хлора, а ближайшими соседями атома хлора — атомы натрия. Плотность поваренной соли $2,16 \text{ г/см}^3$. Масса атома хлора составляет $35,5$ атомных единиц массы, масса атома натрия — $23,0$ атомных единиц массы. В одном грамме $6 \cdot 10^{23}$ атомных единиц массы ($6 \cdot 10^{23}$ — число из шестёрки и 23 нулей).

А) Сколько атомов натрия помещается в кубик длиной ребра 20 нанометров (один нанометр составляет миллиардную долю метра)? Ответ округлите до второй значащей цифры.

В) Найдите расстояние между соседними атомами решётки. Ответ выразите в нанометрах (один нанометр составляет миллиардную долю метра) и округлите до второй значащей цифры.

С) Представим, что один грамм поваренной соли растворили в водоёме объёмом в два кубических километра (при этом атомы натрия и хлора превратились в ионы). Сколько ионов натрия, распределившихся равномерно по водоёму, будет содержаться в кубическом миллиметре жидкости? Ответ округлите до второй значащей цифры.

(A) 180000; (B) 0,28; (C) 5100

Задача 2. (МОШ, 2014, 7–9) В помещение объёмом 10 кубических метров внесли блюдце с 300 г воды. Никаких водяных паров изначально в помещении не было. Помещение герметично закрыли. После установления равновесия плотность водяного пара стала равна $16,7 \text{ г/м}^3$.

А) Найдите массу воды, оставшуюся на блюдце. Ответ выразите в граммах и округлите до третьей значащей цифры.

В) Сколько молекул водяного пара попадёт в куб длиной ребра 200 нанометров? Ответ округлите до второй значащей цифры. Один нанометр — это миллиардная доля метра. Масса $6 \cdot 10^{23}$ (это число из шестёрки и 23 нулей) молекул воды составляет 18 г .

С) После того как температура в помещении увеличилась, вся вода испарилась. Какой стала плотность водяного пара в помещении? Ответ выразите в г/м^3 и округлите до второй значащей цифры.

(A) 133; (B) 4500; (C) 30

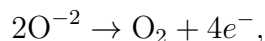
Задача 3. (МОШ, 2014, 7–9) На Тритоне, спутнике планеты Нептун, плотность воздуха, состоящего в основном из азота, составляет $0,13 \text{ г/м}^3$. Известно, что $6 \cdot 10^{23}$ (это число из шестёрки и 23 нулей) молекул азота имеют массу 28 г .

А) Сколько молекул воздуха содержится в кубике длиной ребра 2 микрометра (один микрометр — это миллионная доля метра)? Ответ округлите до второй значащей цифры.

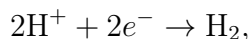
В) Представим, что имеется прямоугольный параллелепипед, в основании которого — квадрат с длиной стороны $0,1$ нанометра (один нанометр — это миллиардная доля метра), порядка размера молекулы. Какой высоты должен быть параллелепипед, чтобы в него в среднем попадала одна молекула? Ответ представьте в миллиметрах и округлите до второй значащей цифры. Полученное Вами значение по порядку величины равно длине свободного пробега — расстоянию, которую молекула проходит между двумя последовательными столкновениями.

(A) 23000; (B) 35

Задача 4. (МОШ, 2016, 9) Если в воду поместить два электрода, через которые подать электрический ток, начнётся реакция электролиза воды: на положительном электроде будет происходить реакция



то есть из двух ионов кислорода образуются молекула газа кислорода и 4 электрона, а на отрицательном электроде будет происходить реакция



то есть из двух ионов водорода и двух электронов образуется молекула газа водорода.

В школьной лабораторной работе в течение 20 минут проводился электролиз воды, причём сила тока в цепи была постоянна. В результате выделилось $2,5 \cdot 10^{-5}$ моль водорода. Какова была сила тока в цепи? Элементарный заряд $1,60 \cdot 10^{-19}$ Кл, постоянная Авогадро $6,02 \cdot 10^{23}$ 1/моль.

□

Задача 5. (МФТИ, 1982) Кристаллическая решётка железа при комнатной температуре — кубическая объёмноцентрированная. Это означает, что элементарной ячейкой является куб, во всех вершинах которого, а также в центре — на пересечении пространственных диагоналей — находятся атомы железа. Сколько атомов приходится на объём, равный объёму одной элементарной ячейки в кристалле железа? Определить минимальное расстояние между атомами железа в кристалле, зная его атомную массу $A = 56$ и плотность $\rho = 7870$ кг/м³.

$$m_{\text{яч}} \approx 10^{-28} \text{ кг} \approx \left(\frac{A \cdot d^3}{V_{\text{яч}}} \right) \cdot \frac{1}{N_A} = \rho \cdot d^3 = m$$

Задача 6. (МФТИ, 1982) Кристаллическая решётка алюминия — кубическая гранецентрированная. Атомы алюминия расположены во всех вершинах куба и в центрах всех граней. рассчитать плотность алюминия, зная его атомную массу $A = 27$ и минимальное расстояние между атомами $\ell = 2,9 \cdot 10^{-10}$ м.

$$\rho_{\text{мг/см}^3} \approx 2,7 \cdot \frac{A \cdot N}{V_{\text{яч}}} = \rho$$

Задача 7. (МОШ, 2006, 11) Развивая молекулярно-кинетическую теорию, Й. Лошмидт в 1865 году предложил первый способ оценки размера и массы молекулы. Он использовал известные в его время данные о длине свободного пробега — расстоянии, которое пролетает молекула газа в промежутке между столкновениями (оно выражается через определяемые из опыта коэффициенты вязкости и теплопроводности). Вслед за Лошмидтом получите формулы для оценки по порядку величины размера молекулы r_0 и её массы m_0 по известным данным — длине свободного пробега λ и плотностям вещества $\rho_{\text{г}}$ и $\rho_{\text{ж}}$ в газообразном и жидком состояниях. Получите ответ в общем виде и для числовых значений $\lambda \approx 10^{-7}$ м, $\rho_{\text{ж}} \approx 10^3$ кг/м³, $\rho_{\text{г}} \approx 1$ кг/м³.

$$m_0 \approx \frac{2}{3} \frac{\rho_{\text{ж}} \lambda}{N_A} \approx 10^{-28} \text{ кг} \quad r_0 \approx \frac{2}{3} \frac{\rho_{\text{г}} \lambda}{N_A} \approx 10^{-10} \text{ м}$$