

10 класс

Задание. Соль (хлорид натрия)

Оборудование: Цилиндр измерительный объемом 100 мл, пробирка, стакан с водой, шприц, 2 комплекта порошка поваренной соли (в комплект входит три порции поваренной соли (NaCl) массой 5г, 10г, 20г.), бумажные салфетки.

Указание: Перед началом работы тщательно **продумайте** последовательность ваших действий. При выполнении работы описывайте, что вы делали. Для выполнения задания используйте **только один комплект**. Второй комплект вам выдан для проведения пробного эксперимента. Дополнительные порции соли выдаваться не будут. Плотность воды $\rho_{\text{в}} = 1,0 \text{ г/см}^3$.

1. Определите плотность $\rho_{\text{п}}$ порошка хлорида натрия.
2. Определите соотношение масс соли и воды ($\alpha = M_{\text{с}}/M_{\text{в}}$) в насыщенном растворе поваренной соли при комнатной температуре (известно, что $\alpha < 0,5$).

Примечание 1: насыщенным раствором называется **жидкость** в которой перестает растворяться соль.

3. Определите плотность $\rho_{\text{к}}$ кристаллов хлорида натрия.
4. Чему равно расстояние a между центрами соседних атомов натрия и хлора (приведите расчётную формулу)? Молярная масса натрия 23 г/моль, молярная масса хлора 35 г/моль.
5. Оцените погрешность в определении α , $\rho_{\text{п}}$, $\rho_{\text{к}}$, a .

Примечание 2: 1) На рисунке представлена кристаллическая решетка хлорида натрия, в которой атомы натрия и хлора чередуются по всем направлениям в пространстве.

2) Число Авогадро $N_{\text{А}} = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$.



Указание для организаторов: рекомендуется использовать соль «экстра» мелкого помола.

Порции соли должны быть отмерены с точностью $\pm 0,1$ г.

Шприц рекомендуем брать объемом 20 мл с ценой деления 1 мл.

Цилиндр измерительный объемом 100 мл, должен быть узким, с ценой деления 1 мл/дел.

Емкость стакана с водой 0,2 – 0,5 л.

Возможное решение

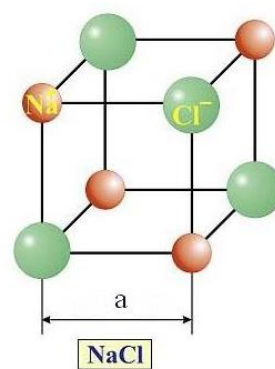
Кармазин С., Чжан М.

1. Для определения плотности порошка соли навеску массой 20 грамм следует высыпать в мерный стакан и измерить объем этого количества соли. Организаторам следует заранее определить плотность порошка той партии соли, которая используется в эксперименте. Ориентировочно, ($1100 < \rho < 1200$) кг/м³.

2. Для определения отношения α масс соли и воды в насыщенном растворе высыпая навеску соли массой 5 грамм в пробирку и добавляем фиксируемые порции воды с помощью шприца. Дискретность (шаг) добавляемых порций воды выбирается участником олимпиады самостоятельно. После каждого добавления воды тщательно перемешиваем раствор. Теоретически процедура должна продолжаться до полного исчезновения кристалликов соли в воде. Однако, в соли может находиться некоторое небольшое количество посторонних нерастворимых примесей. Поэтому добиваться абсолютно полного исчезновения осадка не целесообразно. Эксперимент следует продолжать до тех пор, пока количество кристалликов в осадке не изменится при очередном добавлении 1 мл воды. Табличное значение $\alpha = 0,36$. Практически, удовлетворительным результатом следует считать $0,32 < \alpha < 0,35$.

3. Для определения плотности кристаллов хлорида натрия, находящуюся в мерном стакане порцию соли следует залить небольшим количеством воды. Туда же можно вылить содержимое пробирки. В любом случае, необходимо обеспечить насыщенность раствора в мерном стакане, т.е. наличие в нем достаточного количества нерастворенной соли. В этом состоянии фиксируется объем содержимого в стакане. Затем в мерный стакан высыпается навеска соли массой 20 грамм и снова фиксируется объем содержимого. Необходимо, чтобы уровень воды в мерном цилиндре был выше уровня соли. Так как добавленная соль не может раствориться в насыщенном растворе, ее объем равен разности полученных объемов. Табличное значение плотности NaCl $\rho = 2165$ кг/м³.

4. В ячейку кристалла, ребро которой равно расстоянию между центрами атомов натрия и хлора, входит 4 восьмых части атома хлора и 4 восьмых части



атома натрия (см. рисунок), т.е. в ячейку входит по половине того и другого атома. Таким образом масса этой ячейки равна половине суммы масс атомов натрия и хлора $m = \frac{1}{2}(M_1 + M_2)/N_0$, где M_1 и M_2 – молярные массы натрия и хлора соответственно, а N_0 – число Авогадро. Объем этой ячейки равен кубу ребра a . Плотность равна отношению массы к объему. Используя плотность, полученную в пункте 3, вычисляем значение расстояния a . Табличное значение $a = 0,281$ нм.

Критерии оценивания.

- | | | |
|-----------|--|-----------------|
| 1. | Определена плотность порошка поваренной соли | 2 балла |
| а) | обоснование метода | 0,5 балла |
| б) | результаты измерений | 0,5 балла |
| в) | попадание в узкие ворота (1,1 – 1,2) г/см ³ | 1 балл |
| | широкие ворота (1,0 – 1,3) г/см ³ | 0,5 балла |
| 2. | Определено отношение α масс соли и воды в насыщенном растворе NaCl | 4 балла |
| а) | обоснование метода | 2 балла |
| б) | результаты измерений | 0,5 балла |
| в) | попадание в узкие ворота (0,32 – 0,35) | 1,5 балла |
| | широкие ворота (0,30 – 0,37) | 0,5 балла |
| 3. | Определена плотность кристаллического NaCl | 5 баллов |
| а) | обоснование метода | 1,5 балла |
| б) | результаты измерений | 0,5 балла |
| в) | попадание в узкие ворота (2,1 – 2,2) г/см ³ | 3 балла |
| | средние ворота (2,0 – 2,3) г/см ³ | 2 балла |
| | широкие ворота (1,8 – 2,5) г/см ³ | 1 балл |
| 4. | Определено расстояние между атомами Na и Cl | 3 балла |
| | За правильные теоретические выкладки, позволяющие найти расстояние a ставить | 2 балла |
| 5. | Оценка погрешностей | 1 балл |

Примечание 1: Числовые значения плотности соли зависят от степени очистки соли заводом изготовителем, поэтому организаторам олимпиады необходимо проделать эксперименты самостоятельно и получить **свои** значения.

Примечание 2: за отсутствие единиц измерений в ответе на любой вопрос снимается 1 балл.