

## 10 класс

### Задание 1. 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  $\alpha$ ,  $\rho_{\text{п}}$ ,  $\rho_{\text{к}}$ ,  $a$ .

**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.

## Решение

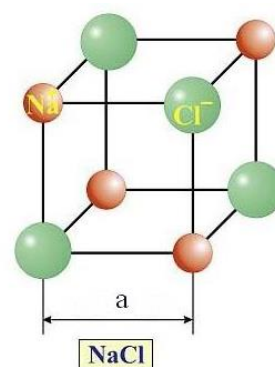
Кармазин С., Чжан М.

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/м<sup>3</sup>.

2. Для определения отношения  $\alpha$  масс соли и воды в насыщенном растворе высыпаем 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/м<sup>3</sup>.

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.

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

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