

Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по химии
в 2023/2024 учебном году
Экспериментальный тур
8 КЛАСС

Задание. Определение содержания кристаллизационной воды в пентагидрате тиосульфата натрия

Кристаллизационной водой называется вода, входящая в структуру кристаллов веществ, называемых кристаллогидратами. Содержание кристаллизационной воды в них обычно отвечает химическим формулам. Например, химическая формула пентагидрата тиосульфата натрия $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ означает, что в этом кристаллогидрате на каждый 1 моль соли $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ приходится 5 моль воды H_2O . Однако при хранении кристаллогидраты могут либо «выветриваться», т.е. терять часть кристаллизационной воды при комнатной температуре, либо «расплываться», т.е. поглощать влагу из воздуха.

Состав кристаллогидрата можно определить, зная его массу кристаллогидрата и массу в нем соли, которую можно определить, используя зависимость плотности раствора от массовой доли соли в растворе. Например, плотность ρ водного раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ при различных значениях массовой доли ω соли $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ в растворе при 20 °С, имеет следующие значения (таблица 1):

$\omega(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$, %	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Плотность, г/мл	1,0065	1,0148	1,0315	1,0483	1,0654	1,0827	1,1003	1,1182	1,1365	1,1551	1,1740

Для экспериментального определения плотности жидкостей (в том числе и растворов) используют метод денсиметрии (методика определения плотности жидкости с помощью денсиметра приведена в приложении 1).

В мерной колбе емкостью 50 мл находится раствор тиосульфата натрия $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, приготовленный в соответствии с Вашим вариантом, с указанием массы израсходованного кристаллогидрата.

Определите состав кристаллогидрата тиосульфата натрия, использованного для приготовления выданного Вам раствора тиосульфата натрия. Проведите мысленный эксперимент, составьте план Ваших действий, опишите Ваши действия и предполагаемый результат.

Проведите реальный эксперимент и приведите его результат. Проведите расчеты и сделайте вывод.

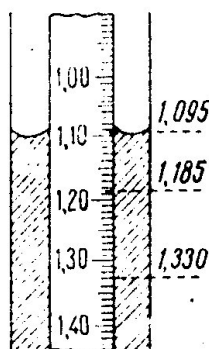
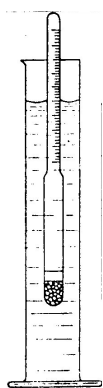
Оборудование на одно рабочее место: 1 мерная колба емкостью 50 мл, 1 цилиндр емкостью 50 мл;

Оборудование на общее рабочее место: 3 ареометра (для трех интервалов плотности: 1,000-1,060; 1,060-1,120; 1,120-1,180).

(30 баллов)

Определение плотности жидкости методом денсиметрии

При определении плотности жидкости *методом денсиметрии* используют *денсиметр*, или *ареометр* – прибор, принцип работы которого основан на законе Архимеда. Ареометр представляет собой запаянную стеклянную ампулу с дробью в нижней расширенной части. В верхней узкой части находится шкала, проградуированная в значениях плотности. Для измерения плотности жидкости сухой чистый ареометр помещают в сосуд (*цилиндр*) с этой жидкостью так, чтобы он плавал в этом сосуде, не касаясь его стенок, и одно из делений его шкалы совпало с нижним краем мениска, образуемого поверхностью жидкости. Показания ареометра следует снимать при строго горизонтальном взгляде на нижнюю сторону мениска жидкости. Для измерения плотности выданного Вам раствора тиосульфата натрия $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ необходимо:



- перелить раствор из мерной колбы в цилиндр;
- подобрать подходящий ареометр, осторожно опустить ареометр в раствор;
- по шкале ареометра определить экспериментальное значение плотности ($\rho_{\text{эксп}}$) и записать его.

Для уменьшения погрешности измерений принято выполнять измерения 3 раза, каждый раз выводя ареометр из равновесия.

Определение массовой доли растворенного вещества в растворе

По справочнику устанавливают соответствие между найденным экспериментальным значением плотности ($\rho_{\text{эксп}}$) и значением массовой доли растворенного вещества в растворе. Для определения массовой доли ω соли $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ в растворе следует использовать таблицу 1. Если нет полного соответствия между экспериментальным значением плотности ($\rho_{\text{эксп}}$) и табличным значением массовой доли ω соли в растворе, то применяют *метод интерполяции*. Суть метода интерполяции: зависимость массовой доли растворенного вещества в растворе от плотности раствора в узком интервале значений имеет прямо пропорциональный характер:

$$\rho_{\text{теор.1}} = \quad , \text{ ему соответствует } \omega_{\%,\text{теор.1}} = \quad ;$$

$$\rho_{\text{эксп.}} = \quad , \text{ ему соответствует } \omega_{\%,\text{эксп.}} = \quad ;$$

$$\rho_{\text{теор.2}} = \quad , \text{ ему соответствует } \omega_{\%,\text{теор.2}} = \quad .$$

Значение $\rho_{\text{теор.1}}$ и $\rho_{\text{теор.2}}$ – это ближайшие к $\rho_{\text{эксп.}}$ значения из справочника, при этом $\rho_{\text{теор.1}} < \rho_{\text{эксп.}}$, а $\rho_{\text{теор.2}} > \rho_{\text{эксп.}}$. Составляют и решают пропорцию:

$$(\rho_{\text{теор.2}} - \rho_{\text{теор.1}}) : (\rho_{\text{эксп.}} - \rho_{\text{теор.1}}) = (\omega_{\%,\text{теор.2}} - \omega_{\%,\text{теор.1}}) : (\omega_{\%,\text{эксп.}} - \omega_{\%,\text{теор.1}})$$