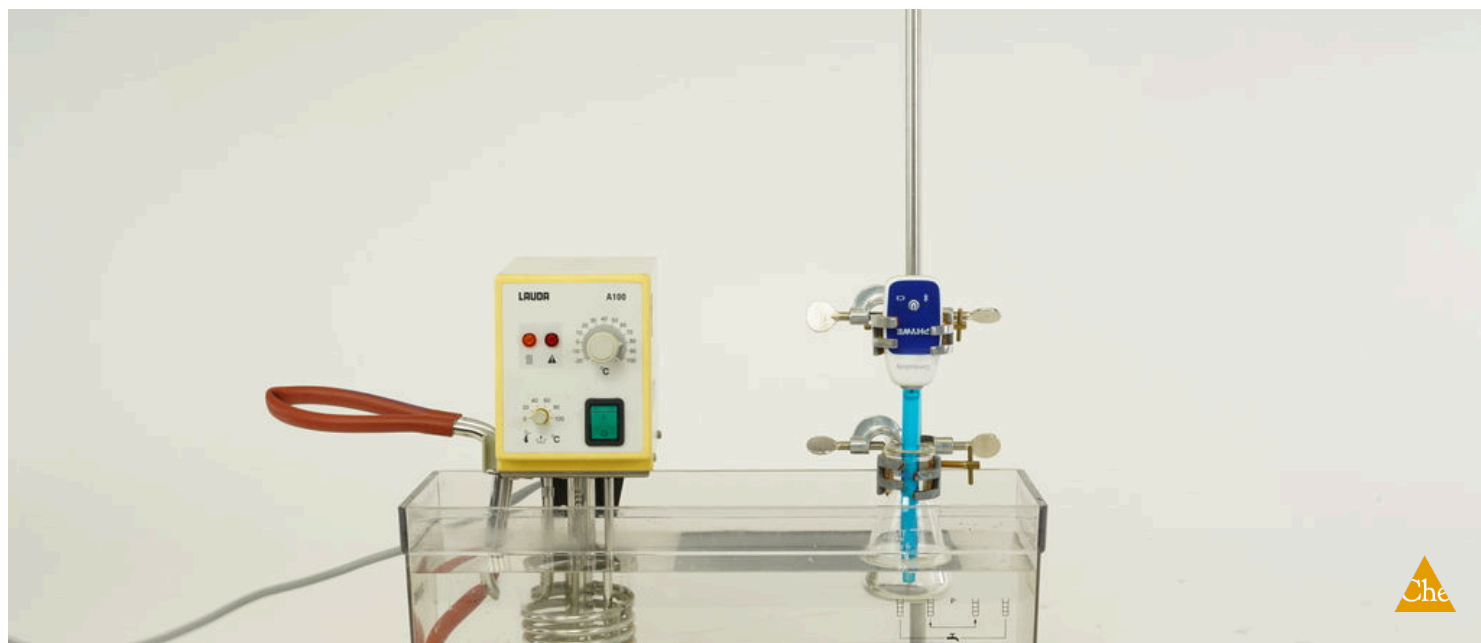


Продукты растворимости с Cobra SMARTsense



Растворимость плохо растворимых солей выражается как произведение растворимости, то есть произведение концентрации катионов и анионов в растворе, которые находятся в равновесии с твердой солью. Эти концентрации можно определить с помощью измерений проводимости.

Химия

Общая химия

Смеси и разделение вещества



Уровень сложности

средний



Размер группы

2



Время подготовки

40 Минут



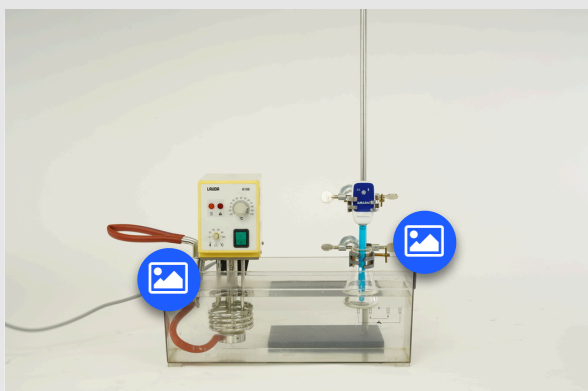
Время выполнения

30 Минут

PHYWE
excellence in science

Общая информация

Описание

PHYWE
excellence in science

Экспериментальная установка

Растворимость и нерастворимость вещества в растворителе очень важны. По сути, это фундаментальное явление для зарождения жизни на Земле и продолжения жизни. Существуют различные химические и физические взаимодействия, при которых вещество должно быть растворимым, плохо растворимым и нерастворимым. К сожалению, классификация солей на плохо растворимые и легко растворимые соли не может быть произведена на основе простого правила. Определение произведения растворимости позволяет классифицировать соли на растворимые, плохо растворимые и нерастворимые. Применимо следующее:

- Произведение растворимости большое → легкорастворимая соль
- Произведение растворимости мало → плохо растворимая соль

Дополнительная информация (1/2)

PHYWE
excellence in science

Предварительные знания



Учащиеся должны быть знакомы с солями, ионами, растворимостью и ее единицами. Кроме того, они должны уметь самостоятельно работать с химическими реактивами и быть знакомы с надлежащими лабораторными методами.

Научный принцип



Растворимость плохо растворимых солей выражается как произведение растворимости, то есть произведение концентрации катионов и анионов в растворе, которые находятся в равновесии с твердой солью. Эти концентрации можно определить с помощью измерений проводимости.

Дополнительная информация (2/2)

PHYWE
excellence in science

Цель обучения



Учащиеся узнают, как определить произведение растворимости, и, сравнивая различные растворы и их проводимость, узнают об основных закономерностях и корреляциях в отношении произведения растворимости.

Задачи



1. Измерьте электропроводность насыщенных водных растворов солей фторида кальция и карбоната кальция при 25 °C.
2. С помощью таблицы ионной проводимости вычислите произведения растворимости солей по их проводимости.

Инструкции по технике безопасности

PHYWE
excellence in science

К этому эксперименту применяются общие инструкции по безопасному проведению экспериментов при преподавании естественных наук.

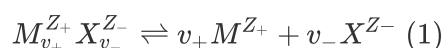
Правила работы с опасными веществами приведены в соответствующих паспортах безопасности!



Теория (1/3)

PHYWE
excellence in science

Плохо растворимая соль с общей формой $M_{v_+}^{z_+} X_{v_-}^{z_-}$ (z_+ и z_- - зарядовые числа ионов) образует анионы и катионы в водном растворе в соответствии с:



. Из-за чрезмерного разбавления константу равновесия K_s можно заменить произведением растворимости L :

$$K_s \approx (C_M^{z_+})^{v_+} \cdot (C_X^{z_-})^{v_-} = L \quad (2)$$

. В отличие от константы равновесия произведение растворимости является функцией концентрации (эффект высаливания). Концентрация насыщения c_s растворенной соли происходит следующим образом:

$$c_s = \frac{c_M^{z_+}}{v_+} = \frac{c_M^{z_-}}{v_-} \quad (3)$$

Теория (2/3)

Подстановка в уравнение (2) приводит к:

$$L = v_+^{v_+} v_-^{v_-} c_S (v_+ + v_-) \quad (4)$$

Таблица 1: Ионная проводимость при бесконечном разбавлении

| Ион | Ионная проводимость, $\text{См} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{моль}^{-1}$ |
|--------------------|---|
| Ca^{2+} | 119.0 |
| F^- | 55.4 |
| CO_3^{2-} | 138.6 |

Теория (3/3)

Концентрация насыщения может быть определена кондуктометрическим методом. Для этого используются ионные проводимости для бесконечного разбавления Λ_M , Λ_X (Таблица 1):

$$\chi = c_S (v_+ \Lambda_M + v_- \Lambda_X) \quad (5)$$

где χ = удельная проводимость раствора электролита.

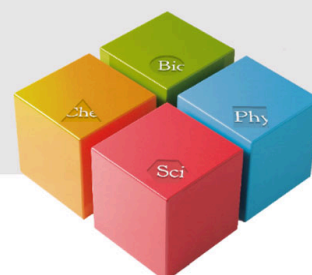
Путем транспонирования согласно c_S , получается следующее:

$$c_S = \frac{\chi}{v_+ \Lambda_M + v_- \Lambda_X} \quad (6)$$

Подставляя в уравнение (4), теперь можно рассчитать произведение растворимости.

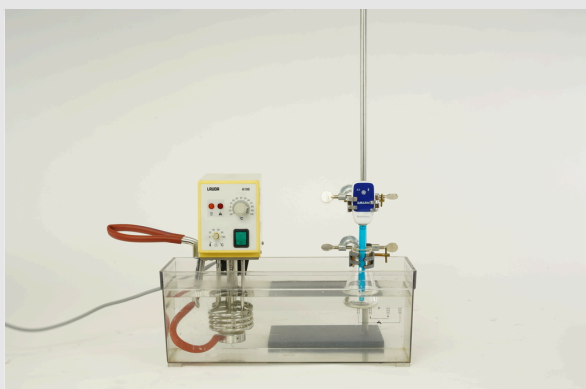
Оборудование

| Позиция | Материал | Пункт №. | Количество |
|---------|--|----------|------------|
| 1 | Cobra SMARTsense - Проводимость, 0...20000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 0...100°C (Bluetooth) | 12922-00 | 1 |
| 2 | Погружной термостат Alpha A, до 100 °C, 220 В | 08493-93 | 1 |
| 3 | Насос для термостата Alpha A | 08493-02 | 1 |
| 4 | Ванна для термостата, 6 л | 08487-02 | 1 |
| 5 | Резиновые трубки, внутренний d=6 мм | 39282-00 | 3 |
| 6 | Зажим для трубки, d=8-16 мм | 40996-02 | 4 |
| 7 | Подставка для штатива Бунзена, 210x130 мм, h=750 мм | 37694-00 | 2 |
| 8 | Прямоугольный зажим | 37697-00 | 3 |
| 9 | Универсальный зажим | 37715-01 | 3 |
| 10 | Магнитная мешалка без подогрева для 3 л, 230 В | 35761-99 | 1 |
| 11 | Магнитная мешалка, цилиндрическая, 30 мм | 46299-02 | 2 |
| 12 | Колба Эрленмейера, узкогорлая, 100 мл | 46141-00 | 4 |
| 13 | Воронка для насыпания, верхний d=65 мм, PP | 34472-00 | 1 |
| 14 | Ложка, спец. сталь | 33398-00 | 1 |
| 15 | Ступка с пестиком, 70 мл, фарфор | 32603-00 | 2 |
| 16 | Чашечки для взвешивания, 500 шт. | 45019-50 | 1 |
| 17 | Промывалка, пластмасса, 500 мл | 33931-00 | 1 |
| 18 | Карбонат кальция, порошок, 500 г | 30052-50 | 1 |
| 19 | Фторид кальция, чист., 100 г | 31175-10 | 1 |
| 20 | Эталонный раствор, 1413 мкS/cm (25°C), 460 мл | 47070-02 | 1 |
| 21 | Вода, дистиллирован., 5 л | 31246-81 | 1 |
| 22 | Соединительный патрубкок, d=6-10 мм | 47516-01 | 2 |
| 23 | Программное обеспечение "measureLAB" многократная лицензия | 14580-61 | 1 |

PHYWE
excellence in science

Подготовка и выполнение работы

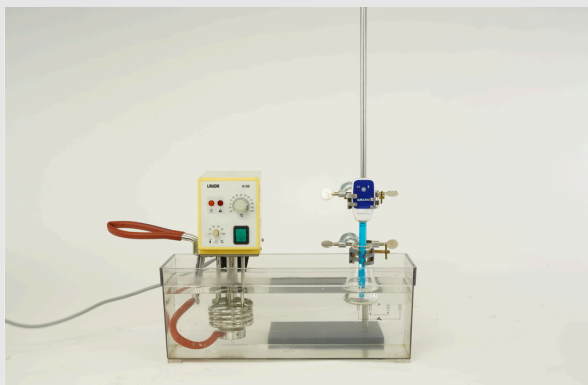
Подготовка (1/2)

PHYWE
excellence in science

Экспериментальная установка

1. Наполните водяную баню водой. Прикрепите к подставке датчик SmartSense - Проводимость с помощью зажимов. Подготовьте еще один зажим для колбы Эрленмейера, чтобы датчик можно было погрузить в раствор.
2. Поместите термостат в воду и соедините его с комплектом внешней циркуляции.
3. Растворите 2 г CaF_2 и 2 г CaCO_3 каждой в 50 мл дистиллированной воды в отдельных колбах Эрленмейера (перед взвешиванием измельчите соли пестиком в ступке).

Подготовка (2/2)

PHYWE
excellence in science

Экспериментальная установка

4. Подготовьте третью колбу Эрленмейера с 50 мл дистиллированной воды и еще одну с 50 мл калибровочного стандартного раствора.

5. Проконтролируйте калибровку датчика Cobra SMARTsense - Проводимость и, при необходимости, откалибруйте его в соответствии с руководством.

Выполнение работы

PHYWE
excellence in science

1. Поместите стержни магнитной мешалки в две колбы с солями, нагрейте их примерно до 60 °C на водяной бане и затем перемешайте их в течение 30 минут при комнатной температуре на магнитной мешалке. Для проведения измерений установите термостатируемую баню точно на 25 °C и температуру, уравнивающую четыре колбы Эрленмейера.

2. С помощью калибровочного раствора откалибруйте датчик проводимости. Измерьте электропроводность дистиллированной воды и солевых растворов, при этом измерительный зонд следует погружать только в прозрачные растворы, не взбалтывая и не перемешивая твердую фазу.

3. Перед каждым новым измерением тщательно промывайте датчик проводимости. Значение проводимости дистиллированной воды следует вычесть из значений проводимости солевых растворов.

Оценка

Данные и результаты

Выполните расчет для обеих солей из раздела "Теория".

Пример (экспериментальные результаты могут отличаться):

$$CaF_2 : 4.43 \cdot 10^{-11} \text{ (табл. : } 3.4 \cdot 10^{-11}) \text{ моль}^3 \cdot \text{л}^{-3}$$

$$CaCO_3 : 6.82 \cdot 10^{-8} \text{ (табл. : } 4.96 \cdot 10^{-9}) \text{ моль}^3 \cdot \text{л}^{-3}$$

Примечание:

На проводимость растворов сильно влияют даже мельчайшие следы загрязнений и температура. Таким образом, при измерении произведения растворимости карбоната кальция измеренное значение искажается растворенным диоксидом углерода из воздуха. В результате образования гидрокарбоната растворимость увеличивается, а следовательно, увеличивается и проводимость.