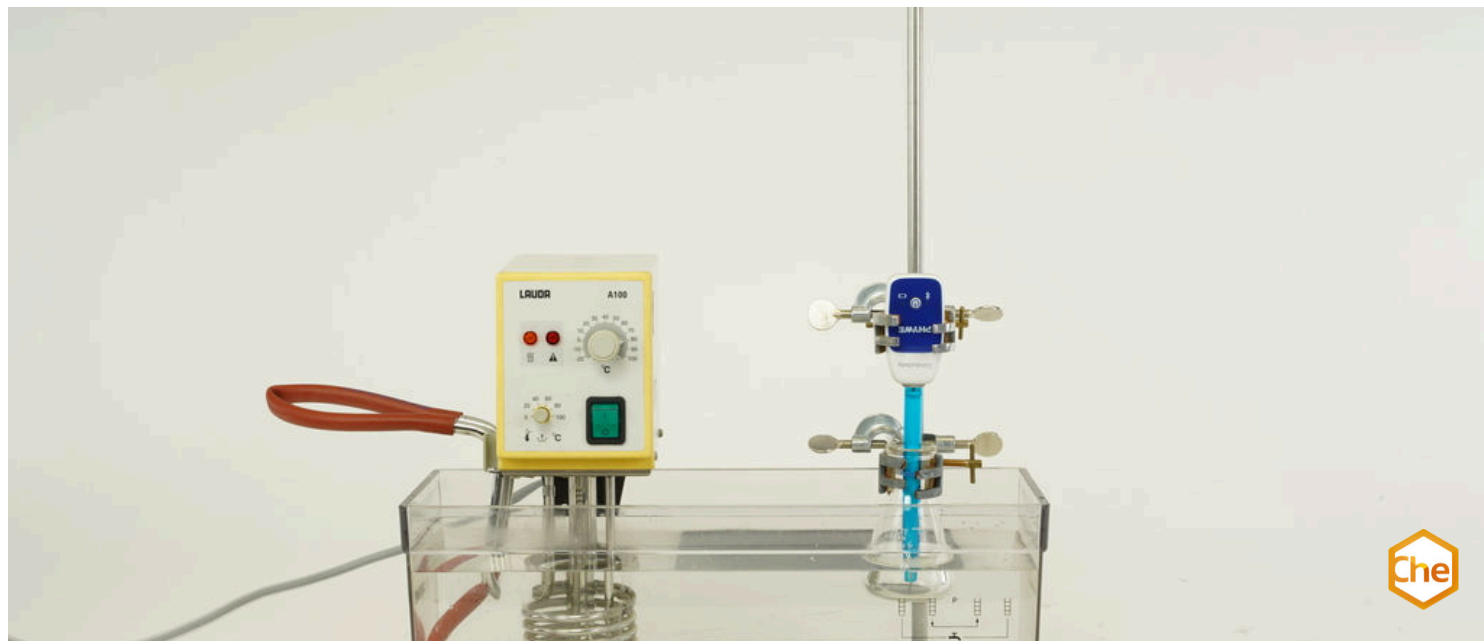


# Продукты растворимости с Cobra SMARTsense



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



Кол-во учеников

2



Время подготовки

40 Минут



Время выполнения

30 Минут

This content can also be found online at:



<http://localhost:1337/c/6177ed6f75075d0003fb7480>

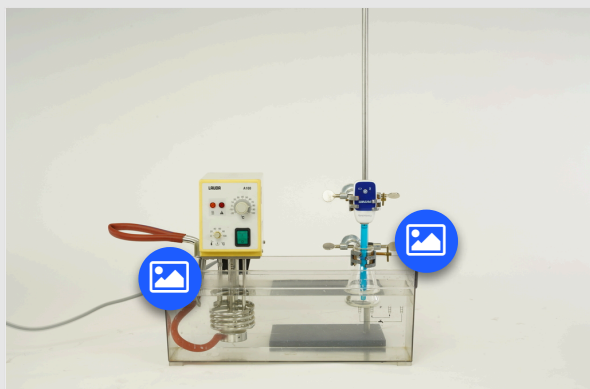
PHYWE

## Общая информация



## Описание

PHYWE



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

### 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

### 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

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

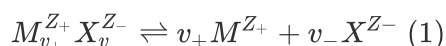
Правила работы с опасными веществами приведены в соответствующих паспортах безопасности!



## Теория (1/3)

PHYWE

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:

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

## Теория (2/3)

PHYWE

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, $\text{См} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{моль}^{-1}$
$\text{Ca}^{2+}$	119.0
$\text{F}^-$	55.4
$\text{CO}_3^{2-}$	138.6

## Теория (3/3)

PHYWE

Концентрация насыщения может быть определена кондуктометрическим методом. Для этого используются ионные проводимости для бесконечного разбавления  $\Lambda_M$ ,  $\Lambda_X$  (Таблица 1):

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

где  $\chi$  = 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 No.	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 мкс/см (25°C), 460 мл	47070-02	1
21	Вода, дистиллирован., 5 л	31246-81	1
22	Соединительный патрубок, d=6-10 мм	47516-01	2
23	Программное обеспечение "measureLAB" многократная лицензия	14580-61	1

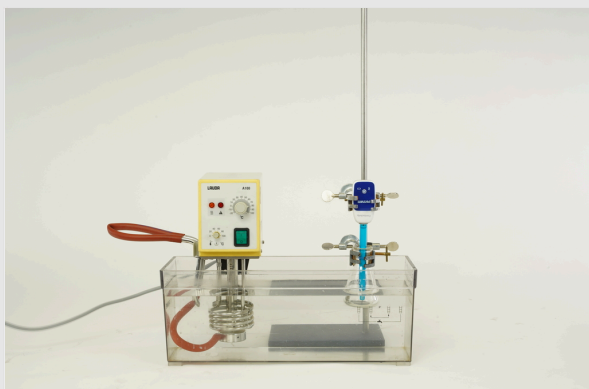
PHYWE



## Подготовка и выполнение работы

### Подготовка (1/2)

PHYWE

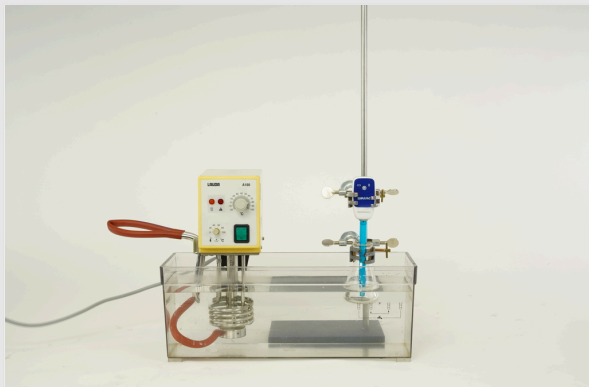


Экспериментальная установка

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  $\text{CaF}_2$  и 2 г  $\text{CaCO}_3$  каждой в 50 мл дистиллированной воды в отдельных колбах Эрленмейера (перед взвешиванием измельчите соли пестиком в ступке).

## Подготовка (2/2)

PHYWE



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

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

PHYWE

### 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.