Современные образовательные технологии

МОДУЛЬНАЯ СИСТЕМА ЭКСПЕРИМЕНТОВ PROLOG

Учебное пособие для обучающихся с инструкциями

ХИМИЯ

ЧАСТЬ 1

Москва Современные Образовательные Технологии 2012

© Современные Образовательные Технологии, 2012 © Художественное оформление. Современные Образовательные Технологии, 2012 Все права защищены

СОДЕРЖАНИЕ

Техника безопасности	4
Лабораторная работа № 1.1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕАКЦИИ СРЕДЫ КИСЛЫХ И ЩЕЛОЧНЫХ РАСТВОРОВ	5
Лабораторная работа № 1.2 ИЗУЧЕНИЕ РЕАКЦИИ СРЕДЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА ГИДРОЛИЗА СОЛИ	10
Лабораторная работа № 2.1 ИЗУЧЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ЭЛЕКТРОЛИТОВ И НЕЭЛЕКТРОЛИТОВ	15
Лабораторная работа № 2.2 ИСПЫТАНИЕ ВЕЩЕСТВ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ПРОВОДИМОСТЬ	20
Лабораторная работа № 2.3 ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ СИЛЬНЫХ И СЛАБЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ	26
Лабораторная работа № 3.1 ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА РАСТВОРИМОСТЬ СОЛИ	32
Лабораторная работа № 3.2 ИЗУЧЕНИЕ ТЕПЛОВОГО ЭФФЕКТА РЕАКЦИИ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ	37
Лабораторная работа № 3.3 ИЗУЧЕНИЕ ТЕПЛОВОГО ЭФФЕКТА ПРИ РАСТВОРЕНИИ ВЕЩЕСТВ В ВОДЕ	43
Лабораторная работа № 3.4 ЗАВИСИМОСТЬ СКОРОСТИ РЕАКЦИИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ	48
Лабораторная работа № 3.5 ИЗУЧЕНИЕ ЭНДОТЕРМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ	52

Техника безопасности

Общие правила

1. Прежде чем приступить к выполнению работы, изучите порядок ее проведения. Соблюдайте все указания преподавателя по безопасному обращению с реактивами и растворами, наполнению сосудов и т.д. Запрещается проводить самостоятельно любые опыты, не предусмотренные в данной работе.

2. Подготовленную к работе установку необходимо показать преподавателю или лаборанту.

3. Растворы кислот и щелочей по степени воздействия на организм относятся к веществам 2-го класса опасности (вещества высокоопасные). Растворы могут вызвать ожоги кожи и глаз, пары – раздражение слизистых оболочек верхних дыхательных путей и глаз. Избегайте попадания раствора на кожу рук и в глаза! Не глотайте!

4. Обо всех разлитых жидкостях и рассыпанных твердых реактивах следует сообщить преподавателю или лаборанту. Самостоятельно убирать любые вещества запрещается. При получении травмы или плохом самочувствии немедленно сообщите об этом преподавателю или лаборанту.

5. Уборку рабочих мест по окончании работы проводите в соответствии с указаниями преподавателя. Запрещается выливать в канализацию растворы и органические жидкости, они должны сливаться в специальные сосуды на рабочих местах.

Требования безопасности при работе с нагревательными приборами

1. Для нагревания жидкостей разрешается использовать только тонкостенные сосуды.

2. Пробирки перед нагреванием запрещается наполнять жидкостью более чем на треть, горло сосудов следует направлять в сторону от работающих. В течение всего процесса нагревания запрещается наклоняться над сосудами и заглядывать в них.

3. Недопустимо нагревать сосуды выше уровня жидкости, а также пустые, с каплями влаги внутри.

4. Запрещается оставлять без присмотра нагревательные приборы.

Лабораторная работа № 1.1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕАКЦИИ СРЕДЫ КИСЛЫХ И ЩЕЛОЧНЫХ РАСТВОРОВ

Цели:

- познакомиться с современным методом определения pH растворов;
- ∎ закрепить понятие о кислотах и щелочах;
- определить количественное значение рН кислых и щелочных растворов.

Оборудование и материалы

Инновационное:

- ПК с установленным ПО PROLog;
- модуль сопряжения USB-200;
- измерительный модуль «pH»;
- USB кабель B/M-mini–A/M.

Традиционное:

- лабораторный штатив, муфта и лапка;
- стакан химический, 100 мл;
- стакан химический, 50 мл (5 шт.).

Реактивы:

- вода дистиллированная;
- соляная кислота, HCl, 0,05 M раствор, 20 мл;
- серная кислота, H₂SO₄, 0,05 M раствор, 20 мл;
- гидроксид натрия, NaOH, 0,05 М раствор, 20 мл;
- гидроксид калия, КОН, 0,05 М раствор, 20 мл.

Введение

Кислотность водного раствора определяется присутствием в нем положительных водородных ионов H⁺ и характеризуется концентрацией этих ионов в 1 л раствора. На практике степень кислотности (или щелочности) раствора выражается более удобным *водородным показателем*, или pH, представляющим собой отрицательный десятичный логарифм молярной концентрации водородных ионов. Данный показатель называется pH, по первым буквам латинских слов *potentia hydrogeni* – сила водорода или *pondus hydrogenii* – масса водорода. Кислотность как правило колеблется в пределах от 0 до 14. Нейтральные растворы имеют pH 7, в кислых растворах pH менее 7, а в щелочных – более 7.

Для определения значения pH растворов широко используются несколько методик. Водородный показатель можно приблизительно оценить с помощью кислотноосновных индикаторов (органические вещества, цвет которых зависит от pH среды). Однако определение pH индикаторным методом затруднено для мутных или окрашенных растворов.

Эффективно для определения pH использование специального прибора pH-метра, который позволяет измерять pH в более широком диапазоне и точнее, чем с помощью индикаторов. Способ отличается удобством и высокой точностью, особенно после ка-

либровки индикаторного электрода в избранном диапазоне pH, и позволяет измерять pH непрозрачных и цветных растворов.

В этом эксперименте вам предстоит определить реакцию среды в растворах кислот и щелочей с помощью модуля «pH».

Техника безопасности

Ознакомьтесь с общими правилами техники безопасности по проведению практических работ в кабинете химии.

Растворы кислот и щелочей по степени воздействия на организм относятся к веществам 2-го класса опасности (вещества высокоопасные). Растворы могут вызвать ожоги кожи и глаз, пары – раздражение слизистых оболочек верхних дыхательных путей и глаз. Следует избегать попадания раствора на кожу рук и в глаза! Не глотать!

Пожалуйста, обратите внимание, что нижняя часть модуля «pH» состоит из хрупкого сферического кристалла. Хотя кристалл и защищен пластиком, обращайтесь с ним осторожно, чтобы не разбить.

Указания к работе

Подготовка эксперимента

1. Подготовьте в рабочей тетради отчетную таблицу.

Раствор	рН
Дистиллированная вода	
Серная кислота	
Соляная кислота	
Гидроксид натрия	
Гидроксид калия	

Таблица. Кислотность растворов

- 2. Соберите установку, как показано на рисунке 1:
 - а. подключите кабель B/M-mini–A/M к модулю сопряжения USB;
 - b. подключите модуль сопряжения USB к измерительному модулю «pH»;

с. открутите колпачок с защитным раствором с нижней части модуля «pH», осторожно извлеките датчик, поднимите крышку колпачка вверх по модулю, отставьте колпачок с раствором в сторону;

d. закрепите модуль «рН» в лапке штатива;

е. опустите измерительный модуль «pH» в стакан с дистиллированной водой и, осторожно помешивая, смойте защитный раствор.



Рис. 1. Фотография установки

3. Запустите ПО PROLog и убедитесь, что измерительный модуль определен. Для этого нажмите кнопку **Поиск модулей** . Через некоторое время с левой стороны экрана появится окно измерительного модуля «pH» (рис. 2).



Рис. 2. Окно модуля «рН»

4. Нажмите кнопку Эксперимент при подключенных модулях ² на главной панели инструментов. Откроется дополнительная панель инструментов (рис. 3).



Рис. 3. Дополнительная панель инструментов

5. Нажмите кнопку Настройки эксперимента 🚁 на дополнительной панели. Это откроет диалоговое окно (рис. 4).

Настройки эксперимента - Опі	ции 🔀
Опции График Триггер За	дать значения оси Х
<u>Настройки экрана</u>	
Г Табл. Ӯ График	
Продолжительность	🖌 1 мин 🔄
Частота выборки	🖌 10 в секунду 👤

Рис. 4. Окно настройки эксперимента

6. Создайте таблицу данных, поставив флажок рядом с **Таблица**, предварительно сняв флажок с **График**.

7. В открывшейся таблице щелкните курсором мышки по названию третьей колонки **Ввод переменных** и измените его на **Растворы** (рис. 5).

Табл.		×
Время	pH 1	Растворы

Рис. 5. Создание таблицы данных

8. Закройте диалоговое окно настройки эксперимента.

9. Нажмите кнопку Установка модуля 🚈 в окне модуля «pH». Откроется диалоговое окно (рис. 6).



Рис. 6. Окно «Установка модуля»

10. Нажмите кнопку Калибровка 💯 в этом окне, чтобы установить значение 7.

11. Закройте диалоговое окно установки измерительного модуля «рН».

Исследования и измерения

12. Налейте по 20 мл каждого исследуемого раствора в разные химические стаканы.

13. Введите модуль «рН» в первый раствор.

14. Когда значение pH стабилизируется, нажмите один раз кнопку Пошаговый экс-

перимент [25]. Запишите полученное значение в отчетную таблицу.

15. Проведите аналогичные измерения для всех исследуемых растворов. Запишите значение pH каждого раствора в таблицу. Не забывайте промывать измерительный модуль перед каждым погружением в новый раствор.

16. В конце эксперимента еще раз промойте модуль «pH» и поместите его в буферный раствор, закрутив крышку до упора.

Анализ результатов лабораторного опыта

17. Проанализируйте данные в отчетной таблице.

- 18. Ответьте на контрольные вопросы.
- 19. Сделайте вывод по лабораторному опыту.

Контрольные вопросы

1. Какие из исследованных вами растворов имеют кислую среду, а какие щелочную? В каких растворах среда будет нейтральной?

2. Смешайте два или более кислых раствора и посмотрите, как это повлияет на значение pH.

3. Смешайте один кислый и один щелочной раствор. Отметьте, как это повлияет на значение pH смеси.

Дополнительные задания

• Если в 1 л дистиллированной воды внести каплю концентрированной соляной кислоты, то pH уменьшится с 7 до 4. Если каплю соляной кислоты добавить в 1 л речной воды с pH 7, показатель почти не изменится. Подумайте, почему природная вода способна сохранять значение pH более или менее постоянным, даже если в нее извне попадает определенное количество кислоты или основания?

• Почему некоторые соли (например, NaHCO₃ и Na₂CO₃) могут использоваться для изменения pH растворов?

Справочный материал

1. Дополнительная информация о кислотах и основаниях: http://www.xumuk.ru/encyklopedia/1998.html

2. Дополнительная информация об индикаторах, используемых для определения pH растворов и самостоятельном изготовлении индикаторов: http://www.kristallikov.net/page5.html

3. Дополнительная информация о водородном показателе: http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_medicine/6619/

Лабораторная работа № 1.2

ИЗУЧЕНИЕ РЕАКЦИИ СРЕДЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА ГИДРОЛИЗА СОЛИ

Цели:

■ сформировать понятие о гидролизе, познакомить с различными типами гидролиза солей;

■ определить влияние типа гидролиза соли на реакцию среды.

Оборудование и материалы

Инновационное:

- ПК с установленным ПО «PROLog»;
- модуль сопряжения USB-200;
- измерительный модуль «pH»;
- кабель B/M-mini–A/M.

Традиционное:

- лабораторный штатив, муфта и лапка;
- стакан химический, 100 мл;
- стакан химический, 50 мл (5 шт.).

Дополнительные материалы:

- вода дистиллированная;
- хлорид натрия, NaCl, 0,1 М раствор, 20 мл;
- карбонат калия K₂CO₂, 0,1 M раствор, 20 мл;
- хлорид алюминия AlCl₂, 0,1 М раствор, 20 мл;
- ацетат свинца (II) (CH₃COO)₂Pb, 0,1 М раствор, 20 мл.

Введение

Гидролизом называется процесс разложения веществ водой. Причиной его является электролитическая диссоциация соли и воды на ионы и взаимодействие между ними. Вода диссоциирует незначительно на ионы H⁺ и OH⁻, причем в процессе гидролиза один или оба этих иона могут связываться с ионами, образующимися при диссоциации соли, в малодиссоциирующее, летучее или нерастворимое в воде вещество.

Соли, образованные сильными основаниями (NaOH, KOH, Ba(OH)₂) и сильными кислотами (H_2SO_4 , HCl, HNO₃), гидролизу не подвергаются, т.к. образующие их катионы и анионы не способны в растворах связывать ионы H^+ и OH⁻.

Когда соль образована слабым основанием или слабой кислотой или оба «родителя» слабые, соль в водном растворе подвергается гидролизу. При этом реакция среды зависит от относительной силы кислоты и основания. Другими словами, водные растворы таких солей могут быть нейтральными, кислыми или щелочными в зависимости от констант диссоциации образующихся новых веществ.

Если молекулы слабого электролита образуются за счет катионов соли, то говорят, что гидролиз идет по катиону и среда будет кислая, а если за счет анионов соли, то гово-

рят, что гидролиз идет по аниону и среда будет щелочная. Иными словами, что сильнее – кислота или основание, то и определяет среду.

Гидролизу подвергаются только растворимые соли слабых кислот и оснований. Если соль малорастворима, то концентрация ее ионов в растворе ничтожно мала, и говорить о гидролизе такой соли не имеет смысла.

Техника безопасности

Ознакомьтесь с общими правилами техники безопасности по проведению практических работ в кабинете химии.

Пожалуйста, обратите внимание, что нижняя часть модуля «pH» состоит из хрупкого сферического кристалла. Хотя кристалл и защищен пластиком, обращайтесь с ним осторожно, чтобы не разбить.

Порядок проведения работы

Подготовка эксперимента

1. Начертите в тетради отчётную таблицу.

Раствор	рН
Дистиллированная вода	
Хлорид натрия	
Карбонат калия	
Хлорид алюминия	
Хлорид алюминия	
Ацетат свинца (II)	

Таблица. Значение рН в растворах солей

- 2. Соберите установку, как показано на рисунке 1:
 - а. подключите кабель B/M-mini–A/M к модулю сопряжения USB;
 - b. подключите модуль сопряжения USB к измерительному модулю «pH»;

с. открутите колпачок с защитным раствором с нижней части модуля «pH», осторожно извлеките датчик, поднимите крышку колпачка вверх по модулю, отставьте колпачок с раствором в сторону;

d. закрепите модуль «рН» в лапке штатива;

е. опустите измерительный модуль «pH» в стакан с дистиллированной водой и, осторожно помешивая, смойте защитный раствор.



Рис. 1. Фотография установки

- 3. Подключите модуль сопряжения USB к ПК.
- 4. Запустите программу PROLog и убедитесь, что измерительный модуль опре-

делен. Для этого нажмите значок **Поиск модулей** ² на панели инструментов программы. Через некоторое время с левой стороны экрана появится окно модуля «pH» (рис.2).



Рис. 2. Окно модуля рН

5. Нажмите кнопку Эксперимент при подключенных модулях ⁽¹⁾ на главной панели инструментов. Откроется дополнительная панель инструментов.

6. Нажмите кнопку Настройки эксперимента <u>м</u> на дополнительной панели. Это открывает диалоговое окно.

а. Установите в **Настройка экрана** флажок на **Таблица**, предварительно сняв флажок с **График** (рис.3).

Настройки эксперимента - О	пции	×
Опции График Триггер Задать значения оси Х		
<u>Настройки экрана</u>		
Г Табл. Г График		
Продолжительность	✔ 10 c	•
Частота выборки	🖌 10 в секунду	•

Рис. 3. Установка эксперимента

7. В открывшейся таблице щелкните курсором мышки по названию третьей колонки **Ввод переменных** и измените его на **Растворы** (рис.4).



8. Закройте диалоговое окно.

9. Нажмите кнопку Установка модуля 🚳 в окне модуля pH (рис. 2). Откроется диалоговое окно. Нажмите кнопку Калибровка измерительного модуля равным 7 (рис. 5).



Рис. 5. Окно установки модуля

10. Закройте диалоговое окно установки модуля.

11. Налейте по 20 мл каждого исследуемого раствора в разные химические стаканы.

Исследование и измерение

12. Поместите измерительный модуль «pH» в стакан с 0,1 М раствором хлорида натрия (NaCl), подождите, пока значение pH стабилизируется, и нажмите один раз на

значок Один шаг (пошаговый режим) [

13. Запишите полученное значение в отчетную таблицу.

14. Проведите аналогичные измерения для всех исследуемых растворов. Запишите значение pH каждого раствора в отчетную таблицу. Не забывайте промывать измерительный модуль перед каждым погружением в раствор.

15. В конце эксперимента еще раз промойте модуль «pH» и поместите его в буферный раствор, опустив крышку и закрутив ее до упора.

Анализ результатов лабораторной работы

16. Проанализируйте данные в отчетной таблице.

- 17. Ответьте на контрольные вопросы.
- 18. Сделайте вывод по работе.

Контрольные вопросы

1. Какие из исследуемых вами солей имеют кислую среду, а какие щелочную? В каких растворах среда будет нейтральной?

- 2. Напишите уравнения диссоциации исследуемых растворов солей.
- 3. Напишите уравнения реакций гидролиза исследуемых растворов солей.

Дополнительные вопросы

1. Как можно ослабить гидролиз?

2. В каких природных процессах происходит гидролиз? Каково его биологическое значение?

Справочный материал

1. Дополнительная информация по гидролизу: http://www.xumuk.ru/encyklopedia/1047.html

2. Дополнительная информация по типам гидролиза: http://www.kontern.narod.ru/lttrs/gydrol.html

3. Электронное учебное пособие: http://www.chem-astu.ru/chair/study/genchem/r4_3_4.htm Лабораторная работа № 2.1

ИЗУЧЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ЭЛЕКТРОЛИТОВ И НЕЭЛЕКТРОЛИТОВ

Цели:

- выяснить от чего зависит электропроводность веществ;
- исследовать удельную электропроводность различных веществ;

■ установить взаимосвязь между строением вещества и его способностью проводить электрический ток.

Оборудование и материалы

Инновационное:

- ПК с установленным ПО PROLog;
- модуль сопряжения USB-200;
- измерительный модуль «Проводимость»;
- USB кабель B/M-mini-A/M.

Традиционное:

- лабораторный штатив, муфта и лапка;
- стакан химический, 100 мл;
- стакан химический, 50 мл (5 шт.).

Реактивы:

- вода дистиллированная;
- хлорид натрия, NaCl, 0,05 М раствор, 20 мл;
- спирт этиловый (этанол), С, H₅OH, 0,05 М раствор, 20 мл;
- соляная кислота, HCl, 0,05 M раствор, 20 мл;
- гидроксид натрия, NaOH, 0,05 М раствор, 20 мл;
- сахароза (сахар), 0,05 М раствор, 20 мл.

Материалы:

• салфетки бумажные.

Введение

Всем известно о том, что электрические приборы следует держать подальше от раковины или ванны. Но знаете ли вы, что *чистая* вода практически не проводит ток?! Вещества, растворенные в воде, – вот что проводит электричество. Большинство природных вод и питьевая вода содержат электролиты – соединения, диссоциирующие в воде на ионы. В результате образуется раствор, который проводит электричество.

Способность раствора проводить электричество (проводимость) измеряется с помощью кондуктометра (счетчика удельной проводимости раствора). Показания электропроводности могут быть использованы для оценки количества электролита, растворенного в воде, и следовательно показать, насколько чистым является исследуемый образец воды. Показания проводимости используются для оценки степени очистки сточных вод и определения пригодности воды к употреблению человеком в бытовых целях.

Можно сказать, что электролиты – это вещества, молекулы которых в растворе вследствие электролитической диссоциации распадаются на ионы. В соответствии с тем, как легко электролиты диссоциируют на ионы, они подразделяются на сильные и слабые. Чем выше электропроводность раствора, тем сильнее электролит.

Сильными называются электролиты, которые в растворах диссоциируют полностью независимо от концентрации раствора. Сильные электролиты обычно имеют ионное строение. Чем больше число свободных подвижных ионов в электролите, тем больше его способность переносить или проводить электрический ток. К ним относятся большинство солей, которые уже в кристаллическом состоянии построены из ионов, гидроксиды щелочных и щелочноземельных металлов, некоторые кислоты (HCl, HBr, HI, HClO₄, HNO₃).

Молекулы *слабых электролитов* лишь частично диссоциированы на ионы, которые находятся в динамическом равновесии с недиссоциированными молекулами. К слабым электролитам относятся многие органические кислоты и основания в водных и неводных растворителях. Степень диссоциации зависит от природы растворителя, концентрации раствора, температуры и других факторов.

Неэлектролиты – соединения, не диссоциирующие на ионы, и следовательно не проводящие электричество.

В данной работе вы познакомитесь с некоторыми свойствами сильных и слабых электролитов и веществ, не проводящих электрический ток, наблюдая за их поведением в водных растворах. А также с факторами, которые определяют способность раствора проводить электричество.

Техника безопасности

Ознакомьтесь с общими правилами техники безопасности по проведению лабораторных работ в кабинете химии.

Раствор соляной кислоты по степени воздействия на организм относится к веществам 2-го класса опасности (вещества высокоопасные). Раствор может вызвать ожоги кожи и глаз, пары – раздражение слизистых оболочек верхних дыхательных путей и глаз. Следует избегать попадания раствора на кожу рук и в глаза! Не глотать!

Указания к работе

Подготовка эксперимента

1. Подготовьте в тетради отчетную таблицу.

Таблица

Раствор	Удельная электропроводность, мСм/см
Дистиллированная вода	
HCl	
C ₂ H ₅ OH	
NaOH	
NaCl	
Сахар	

2. Соберите установку, как показано на рисунке 1:

а. наденьте на стержень штатива муфту и укрепите в ней лапку;

b. налейте 70 мл дистиллированной воды в чистый стакан на 100 мл для промывания измерительного модуля после каждого измерения;

с. закрепите модуль «Проводимость» в лапке штатива, поместите его в воду, чтобы удалить остатки защитного раствора;

d. подключите кабель B/M-mini–A/M к модулю сопряжения USB;

е. подключите модуль сопряжения USB к измерительному модулю «Проводимость».



Рис. 1. Фотография установки

3. Запустите ПО PROLog и убедитесь, что измерительный модуль определен. Для этого нажмите кнопку **Поиск модулей** . Через некоторое время с левой стороны экрана появится окно измерительного модуля проводимости (рис. 2).



Рис. 2. Окно модуля «Проводимость»

4. Нажмите кнопку Установка модуля 🛞 в окне измерительного модуля «Проводимость», чтобы открыть диалоговое окно. Установите единицы измерения модуля, выбрав мСм/см. 5. Нажмите кнопку Эксперимент при Подключенных модулях i на главной панели инструментов. Откроется дополнительная панель инструментов (рис. 3).



Рис. 3. Дополнительная панель инструментов

6. Нажмите кнопку Настройки эксперимента **ж** на дополнительной панели. Это откроет диалоговое окно (рис. 4).

Настройки эксперимента - Опц	ии	X	
Опции График Триггер Задать значения оси Х			
<u>Настройки экрана</u>			
Г Табл. ⊽ График			
Продолжительность	🗸 1 мин	-	
Частота выборки	🖌 10 в секунду	•	

Рис. 4. Окно настройки эксперимента

7. Создайте таблицу данных, поставив флажок рядом с **Таблица**, предварительно сняв флажок с **График**.

8. В открывшейся таблице щелкните курсором мыши по названию третьей колонки **Ввод данных** и измените его на **Растворы** (рис. 5).

Гарл.			
Время	Проводимость 1	Растворы	

Рис. 5. Создание таблицы данных

9. Закройте диалоговое окно настройки эксперимента.

Исследования и измерения

10. Введите модуль «Проводимость» в стакан с 20 мл дистиллированной воды. Убедитесь, что модуль полностью погружен в раствор. Показания в окне модуля на экране должны отражать отсутствие проводимости (или низкий показатель, близкий к нулю).

11. Подождите, пока значение удельной электропроводности стабилизируется и за-

тем нажмите один раз кнопку Один шаг (Пошаговый режим) ዀ

12. Проведите аналогичные измерения для всех исследуемых растворов. Запишите значение удельной электропроводности каждого раствора в таблицу. Не забывайте промывать измерительный модуль дистиллированной водой и протирать бумажной салфеткой перед каждым погружением в новый раствор.

13. В конце эксперимента промойте измерительный модуль и протрите его бумажной салфеткой.

Анализ результатов лабораторного опыта

14. Заполните отчетную таблицу данными об исследованных растворах. Проанализируйте измеренные значения удельной электропроводности и подразделите электролиты на классы.

15. Ответьте на контрольные вопросы.

16. Сделайте вывод по работе.

Контрольные вопросы

1. Попытайтесь объяснить разницу в удельной электропроводности различных растворов на основании полученных данных.

2. Напишите уравнения диссоциации исследованных соединений.

Дополнительные задания

• Как вы объясните разницу в удельной электропроводности водопроводной воды из различных стран или даже разных городов одной страны?

• Исследуйте удельную электропроводность воды из различных источников (водопроводная вода, отфильтрованная вода, минеральная вода, дистиллированная вода) и сравните полученные данные.

Справочный материал

1. Дополнительная информация об электропроводимости: http://ru.wikipedia.org/wiki/%CF%F0%EE%E2%EE%E4%E8%EC%EE%F1%F2%FC

2. Дополнительная информация об электролитах: http://www.volnakz.com/himiya-biologiya/elektrolity/

3. Дополнительная информация об электропроводимости природных вод: http://www.geohydrology.ru/udelnaya-elektricheskaya-provodimost-vodyi.html

Лабораторная работа № 2.2

ИСПЫТАНИЕ ВЕЩЕСТВ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ПРОВОДИМОСТЬ

Цели:

■ изучить зависимость проводимости от природы электролита;

■ изучить взаимосвязь между проводимостью и концентрацией раствора.

Оборудование и материалы

Инновационное:

- ПК с установленным ПО PROLog;
- модуль сопряжения USB-200;
- измерительный модуль «Проводимость»;
- измерительный модуль «Счетчик капель»;
- USB кабель B/M-mini-A/M.

Традиционное:

- лабораторный штатив, муфта и лапка;
- стакан химический, 100 мл;
- стакан химический, 50 мл, (2 шт.);
- бюретка с держателем;
- стеклянные палочки (2 шт.).

Реактивы:

- вода дистиллированная;
- хлорид натрия, NaCl, 1 М раствор, 20 мл;
- хлорид кальция, CaCl₂, 1 М раствор, 20 мл

Материалы:

• салфетки бумажные.

Введение

Большинство природных вод и питьевая вода содержат электролиты – соединения, которые диссоциируют в воде на ионы. Например, при растворении соли хлорида натрия в воде происходит диссоциация на ионы:

$NaCl \leq Na^{+} + Cl^{-}$

Показания удельной электропроводности могут быть использованы для оценки количества электролитов, растворенных в воде, то есть для анализа чистоты исследуемого образца воды. Показания удельной электропроводности используются для оценки степени очистки сточных вод, определения пригодности воды к употреблению человеком.

Способность раствора проводить электричество (удельная электропроводность) измеряется с помощью кондуктометра (прибора для измерения электропроводности). Электролиты подразделяются на сильные и слабые в соответствии с тем, как они диссоциируют на ионы. Чем выше проводимость раствора, тем сильнее электролит. В данном эксперименте вы будете изучать влияние концентрации растворенного вещества на удельную электропроводность раствора, а также зависимость удельной электропроводности от природы электролита.

Техника безопасности

Ознакомьтесь с общими правилами техники безопасности по проведению лабораторного опыта в кабинете химии.

Указания к работе

Подготовка эксперимента

1. Подготовьте в рабочей тетради отчетные таблицы:

Таблица. Зависимость удельной электропроводности раствора от концентрации

Объем раствора, капли	Удельная электропроводность NaCl, мСм/см	Удельная электропроводность CaCl ₂ , мСм/см
0		
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		

2. Соберите установку, как показано на рисунке 1:

а. наденьте на стержень штатива муфту и укрепите в ней лапку;

b. налейте 70 мл дистиллированной воды в стакан на 100 мл для промывания измерительного модуля после каждого измерения;

с. закрепите модуль «Проводимость» в лапке штатива, поместите его в воду, чтобы удалить остатки защитного раствора;

d. закрепите измерительный модуль «Счетчик капель» в центре над стаканом для испытания электропроводности;

е. с помощью специального держателя закрепите бюретку на штативе, чтобы ее конец находился между оптическими датчиками измерительного модуля «Счетчик капель». Заполните бюретку 1 М раствором хлорида натрия (NaCl); f. подключите кабель B/M-mini–A/M к модулю сопряжения USB;

g. подключите измерительные модули «Проводимость» и «Счетчик капель» к модулю сопряжения USB.



Рис. 1. Фотография установки

3. Запустите ПО PROLog и убедитесь, что измерительные модули определены. Для

этого нажмите кнопку **Поиск модулей** ² . Через некоторое время с левой стороны экрана появятся окна измерительных модулей «Проводимость» и «Счетчик капель» (рис. 2).



Рис. 2. Окна измерительных модулей

4. Нажмите кнопку **Установка модуля В** окне измерительного модуля «Проводимость» на экране, чтобы открыть диалоговое окно. Установите единицы измерения модуля, выбрав **мСм/см**.

5. Нажмите кнопку Эксперимент при Подключенных модулях ² на главной панели инструментов. Откроется дополнительная панель инструментов (рис. 3).



Рис. 3. Дополнительная панель инструментов

6. Нажмите кнопку Настройки эксперимента **м** на дополнительной панели. Это откроет диалоговое окно (рис. 4).



Рис. 4. Окно настройки эксперимента

7. Создайте таблицу данных, поставив флажок рядом с **Таблица**, предварительно сняв флажок с **График**.

8. В открывшейся таблице щелкните курсором мыши по названию третьей колонки «**Ввод данных**» и измените его на «**Растворы**» (рис. 5).

		E
Проводимость 1	Счетчик капель 1	Растворы
	Проводимость 1	Проводимость 1 Счетчик капель 1

Рис. 5. Установка таблицы данных

9. Закройте диалоговое окно настройки эксперимента.

Исследования и измерения

10. Введите модуль «Проводимость» в химический стакан с 20 мл дистиллированной воды. Убедитесь, что модуль полностью погружен в исследуемый раствор. Показания в окне модуля на экране должны отобразить отсутствие удельной проводимости (или низкий показатель, близкий к нулю).

11. Подождите, пока значение удельной проводимости стабилизируется, и затем на-

жмите один раз кнопку Один шаг (Пошаговый эксперимент) [

12. С помощью бюретки добавьте одну каплю 1М раствора NaCl в стакан с дистиллированной водой и перемешайте стеклянной палочкой. Погрузите измерительный модуль в раствор. Подождите, пока значение удельной проводимости стабилизируется,

и затем нажмите один раз кнопку Один шаг (Пошаговый эксперимент)



14. По окончании измерений промойте модуль дистиллированной водой и высушите его бумажной салфеткой.

15. Повторите шаги 10–13, используя 1 М раствор хлорида кальция (CaCl₂).

16. В конце эксперимента промойте измерительный модуль «Проводимость» и протрите его бумажной салфеткой.

Анализ результатов лабораторного опыта

17. Внесите полученные значения удельной электропроводности в отчетную таблицу и проанализируйте их.

18. Постройте графики зависимости удельной электропроводности от концентрации растворов NaCl и CaCl₂.

19. Ответьте на контрольные вопросы.

20. Сделайте вывод по лабораторному опыту.

Контрольные вопросы

1. На какие продукты диссоциируют NaCl и CaCl₂ в воде? Напишите уравнение реакции диссоциации для этих солей.

2. Какая связь существует между удельной электропроводностью и концентрацией растворов?

Дополнительные задания

• Как объяснить электропроводность водных растворов электролитов?

• Как отличается по своей природе электропроводность металлов от электропроводности электролитов?

• Почему при разбавлении раствора электролита степень его диссоциации увеличивается?

• Объясните, почему раствор гидроксида калия проводит электрический ток, а раствор глюкозы $C_6H_{12}O_6$ нет.

Справочный материал

1. Дополнительная информация об электролитической диссоциации: http://www.claw.ru/a-natural/18032.htm http://www.alhimik.ru/teleclass/konspect/konsp7-11.shtml

2. Дополнительная информация об электролитах и неэлектролитах: http://sci.informika.ru/text/database/chemy/Rus/Data/Text/Ch1_6-3.html http://www.himhelp.ru/section23/section6/section41/44.html

3. Дополнительная информация о зависимости электропроводности от концентрации: http://www.tehnoarticles.ru/electrovydelenie/11.html

4. Дополнительная информация о диссоциации воды: http://all-about-water.ru/dissociation.php

Лабораторная работа № 2.3

ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ СИЛЬНЫХ И СЛАБЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

Цели:

- исследовать электропроводность различных веществ;
- определить какие из веществ являются сильными электролитами, а какие слабыми.

Оборудование и материалы

Инновационное:

- ПК с установленным ПО «PROLog»;
- модуль сопряжения USB-200;
- измерительный модуль «Проводимость»;
- кабель B/M-mini–A/M.

Традиционное:

- лабораторный штатив, муфта и лапка;
- стакан химический, 150 мл, (7 шт.).

Реактивы:

- азотная кислота, 20 мл;
- уксусная кислота, 20 мл;
- вода водопроводная, 20 мл;
- сульфат меди (II), 20 мл;
- гидроксид кальция, 20 мл;
- ацетат свинца (II), 20 мл.

Дополнительные материалы:

- вода дистиллированная;
- ткань.

Введение

Вещества, растворы или расплавы которых способны проводить электрический ток, называются электролитами. Распад электролитов на ионы при растворении их в воде называется электролитической диссоциацией.

Электролитическая диссоциация происходит вследствие взаимодействия полярных молекул растворителя с молекулами или кристаллической решеткой растворяемого вещества. Молекулы растворителя разрушают кристаллическую решетку и переводят ионы в раствор в форме сольватированных заряженных частиц. Растворенное вещество и растворитель взаимно влияют друг на друга: полярные молекулы растворителя разрушают кристаллическую решетку, а высвобождающиеся ионы, переходя в раствор, вызывают упорядочивание молекул растворителя. Полярные молекулы растворителя ориентированы в соответствии с зарядом ионов.

Идеи С.Аррениуса, разработанные в 1887 г., легли в основу *теории электролитической диссоциации*. Согласно ей, при растворении в воде электролиты диссоциируют (распадаются) на положительные и отрицательные частицы. Под действием постоянного электрического тока неупорядоченное движение ионов в растворе или расплаве прекращается: положительно заряженные ионы (катионы) движутся к катоду, отрицательно заряженные (анионы) – к аноду. Соответственно катод – это отрицательный электрод, а анод – положительный. Одновременно с распадом электролита на ионы происходит объединение ионов в молекулы. Поэтому электролитическая диссоциация является обратимым процессом и при написании уравнений диссоциации указывается, что реакция идет в обе стороны.

Важной характеристикой электролитов служит степень диссоциации α:

Степень диссоциации выражается отношением числа распавшихся на ионы молекул к общему числу молекул в растворе.

Сила электролита	Степень диссоциации, α
Сильные	~ 100%
Средней силы	3–7%
Слабые	< 3%

Техника безопасности

1. Ознакомьтесь с общими правилами техники безопасности по проведению практических работ в кабинете химии.

2. Не пробуйте на вкус уксусную кислоту и другие вещества.

3. Если вы почувствовали себя плохо от запаха уксусной кислоты, немедленно сообщите об этом учителю.

Порядок проведения работы

Подготовка эксперимента

1. Начертите в тетради отчётную таблицу.

Таблица. Проводимость различных растворов

Растворы	Проводимость (ppm)
Вода водопроводная	
Азотная кислота	
Уксусная кислота	
Гидроксид кальция	
Сульфат меди (II)	
Ацетат свинца (II)	

- 2. Соберите установку, как показано на рисунке 1:
 - а. налейте в стакан 50 мл дистиллированной воды;

b. закрепите модуль «Проводимости» в лапке штатива, поместите чувствительный щуп модуля в стакан с водой;

с. подключите кабель B/M-mini–A/M к модулю сопряжения USB;

d. подключите модуль сопряжения USB к измерительному модулю «Проводимость».



Рис. 1. Фотография установки

- 3. Подключите модуль сопряжения USB к ПК.
- 4. Запустите программу PROLog и убедитесь, что измерительный модуль опреде-

лен. Для этого нажмите кнопку **Поиск модулей** ² на панели инструментов программы. Через некоторое время с левой стороны экрана появится окно измерительного модуля «Проводимость» (рис. 2).



Рис. 2. Окно модуля «Проводимость»

5. Нажмите кнопку Эксперимент при подключенных модулях i на главной панели инструментов. Откроется дополнительная панель инструментов (рис. 3).

🐅 🐅 🐜 🍻 🍻 🚰 🐭 😽 X

Рис. 3. Дополнительная панель инструментов

6. Нажмите кнопку **Настройки** эксперимента Откроется диалоговое окно. Снимите флажок с **График** и поставьте его рядом с **Табл.** (рис.4).

Настройки эксперимента - О	пции	×
Опции График Триггер Зад	ать значения оси Х	
<u>Настройки экрана</u>		
Г Табл. Г График		
Продолжительность	🖌 10 c	•
Частота выборки	🖌 10 в секунду	•

Рис.4. Окно установки эксперимента

7. В открывшейся таблице щелкните курсором мыши по названию колонки Ввод переменных и измените его на Растворы (рис. 5).

Табл.			2
Время	Проводимость 1	Ввод переменны	

Рис. 5. Установка таблицы данных

8. Закройте диалоговое окно.

9. Нажмите кнопку **Установка модуля 8** в окне модуля «Проводимость» (рис. 2). Откроется диалоговое окно. Выберите режим **ррт** (рис. 6).

Проводимость 1 - Опции		×
Опции График		
Настройки экрана ☑ Табл. ☐ Табло ☐ График ☐ Сетка	C us/cm C mg/L C ppm	

Рис. б. Окно установки модуля

10. Закройте диалоговое окно установки модуля.

Исследование и измерение

11. Введите модуль «Проводимость» в стакан с 20 мл водопроводной воды. Убедитесь, что модуль полностью погружен в раствор, который вы исследуете.

12. Подождите, пока значение удельной проводимости в окне измерительного модуля стабилизируются и затем нажмите один раз кнопку Один шаг (пошаговый режим)

на дополнительной панели инструментов (рис. 3). В таблице данных отразится значение проводимости. Введите напротив этого значения в столбец «Растворы» название раствора «Водопроводная вода» (рис. 7).

Табл.			×
Выборки	Проводимость 1 (ppm)	Растворы	
1	239,3	водопроводная вода	

Рис. 7. Пример заполнения таблицы данных

13. Проведите аналогичные измерения для всех исследуемых растворов. Не забывайте вводить название раствора в столбец «Растворы» после каждого измерения.

14. Не забывайте промывать измерительный модуль дистиллированной водой и протирать его бумажной салфеткой перед каждым погружением в новый раствор.

15. По окончании измерений ваша таблица будет выглядеть примерно так (рис. 8).

Табл.			
Выборки	Проводимость 1 (ppm)	Растворы	
1	239,3	водопроводная вода	
2	17200	азотная кислота	
3	462,6	уксусная кислота	
4	6505	гидроксид кальция	
5	9260	сульфат меди (II)	
6	524,0	ацетат свинца (II)	

Рис. 8. Заполненная таблица данных

16. В конце эксперимента промойте измерительный модуль и протрите бумажной салфеткой.

Анализ результатов лабораторной работы

17. Заполните отчетную таблицу полученными данными. (Если компьютер подклю-

чен к принтеру, вы можете распечатать таблицу, нажав кнопку Печать 🐼 на дополнительной панели инструментов).

18. Сравните полученные результаты и ответьте на контрольные вопросы.

19. Сделайте вывод по работе.

Контрольные вопросы

1. Объясните, почему водопроводная вода в отличие от дистиллированной проводит электрический ток?

2. Напишите уравнения диссоциации исследуемых вами электролитов.

3. Рассчитайте степень диссоциации исследуемых вами веществ. Укажите, растворы каких веществ можно отнести к слабым, а какие к сильным электролитам.

Дополнительное задание

• Исследуйте зависимость степени диссоциации слабых электролитов от температуры.

Справочный материал

Электролитическая диссоциация: http://school-sector.relarn.ru/nsm/chemistry/Rus/Data/Text/Ch1_6-3.html http://chemistry.ru/course/content/chapter6/section/paragraph4/theory.html http://www.alhimik.ru/teleclass/konspect/konsp7-11.shtml

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА РАСТВОРИМОСТЬ СОЛИ

Цель:

■ сформировать представления о растворах, как однородных смесях;

■ закрепить и расширить знания о получении растворов, раскрыть сущность процесса растворения;

■ установить зависимость растворимости различных веществ от температуры.

Оборудование и материалы

Инновационное:

- ПК с установленным ПО PROLog;
- модуль сопряжения USB-200;
- измерительный модуль «Температура»;
- USB кабель B/M-mini-A/M.

Традиционное:

- стакан химический, 100 мл;
- стакан химический, 200 мл, (2 шт.);
- стеклянные палочки, (2 шт.).

Реактивы:

- холодная вода;
- горячая вода;
- хлорид натрия, NaCl, 40 г;
- сульфат меди, CuSO4, 80 г.

Введение

Любой раствор состоит из растворителя и растворенного вещества. Если в сосуд с водой поместить кристаллы поваренной соли, сахара или перманганата калия (марганцовки), то мы можем наблюдать, что количество твердого вещества постепенно уменьшается. При этом вода, в которую были добавлены кристаллы, приобретает новые свойства. Если раствор профильтровать через самый плотный фильтр, то ни соль, ни сахар, ни перманганат калия не удается отделить от воды. Следовательно, эти вещества в воде раздроблены до молекул. Если выпарить воду – молекулы могут снова собраться в кристаллы. Таким образом, растворы – это молекулярные смеси.

Поскольку вода очень хороший растворитель, в природе она всегда содержит растворимые вещества, так как не существует абсолютно нерастворимых веществ. Их число и характер зависит от состава пород, с которыми вода находилась в контакте. Наименьшее число примесей и растворенных веществ содержится в дождевой воде. Однако даже она содержит растворенные газы, соли, твердые частицы. Соли, содержащиеся в дождевой воде, попадают в нее из океанов и морей. Твердый остаток, который образуется при испарении дождевой воды, – это частицы пыли, захваченные капельками воды. *Растворимостью* вещества в воде называется максимальное количество этого вещества, выраженное, например, в граммах, которое растворяется в некотором количестве воды (например, в 100 г) при определенной температуре.

Понятие «растворимость» имеет относительный смысл, поскольку все вещества в какой-то степени растворимы в воде. Аналогично, «нерастворимым» называется вещество, имеющее крайне низкую растворимость в воде. Мел, например, считается нерастворимым в воде. Растворимость вещества зависит от природы вещества и растворителя, их агрегатного состояния, наличия в растворе посторонних веществ, температуры.

В этом эксперименте вам предстоит установить зависимость растворимости различных веществ от температуры.

Техника безопасности

Ознакомьтесь с общими правилами техники безопасности по проведению лабораторного опыта в кабинете химии.

Будьте осторожны при работе с горячей водой.

Указания к работе

Подготовка эксперимента

1. Подготовьте в рабочей тетради отчетную таблицу.

Таблица. Влияние температуры на растворимость соли

Температура, °С	Растворимость, г/100 мл H ₂ O		
	NaCl	CuSO ₄	

- 2. Соберите установку, как показано на рисунке 1:
 - а. налейте в химический стакан 100 мл холодной воды;
 - b. поместите в стакан металлический щуп модуля «Температура»;
 - с. подключите кабель B/M-mini–A/M к модулю сопряжения USB;
 - d. подключите модуль сопряжения USB к модулю «Температура».



Рис. 1. Фотография установки

3. Запустите ПО PROLog и убедитесь, что измерительный модуль определен. Для

этого нажмите кнопку Поиск модулей ² . Через некоторое время с левой стороны экрана появится окно измерительного модуля температуры (рис. 2).



Рис. 2. Окно модуля «Температура».

4. Нажмите кнопку Эксперимент при подключенных модулях in на главной панели инструментов. Откроется дополнительная панель инструментов (рис. 3).



Рис. 3. Дополнительная панель инструментов

5. Нажмите кнопку Настройки эксперимента **—** на дополнительной панели. Это откроет диалоговое окно.

- а. Установите продолжительность эксперимента на 3 мин.
- b. Установите частоту измерения на 10 в секунду в выпадающем меню (рис. 4).

Настройки эксперимента - Опц	ии 🔀
Опции График Триггер Задать значения оси Х	
<u>Настройки экрана</u>	
Г Табл. ⊽ График	
Продолжительность	🖌 З мин
Частота выборки	🖌 10 в секунду 🔄

Рис. 4. Установка эксперимента

6. Закройте диалоговое окно установки измерительного модуля.

Исследования и измерения

7. Измерьте температуру дистиллированной воды, нажав кнопку Запуск экспери-

мента 🌌

8. Дождитесь, когда значение температуры стабилизируется, и запишите данные в отчетную таблицу.

9. Не останавливая измерение, начните добавлять в химический стакан поваренную соль по 1 чайной ложке, перемешивая стеклянной палочкой. Наблюдайте процесс растворения. Добавляйте соль до тех пор, пока она не перестанет растворяться. Зафиксируйте количество добавленной соли в отчетной таблице (одна чайная ложка соответствует примерно 5 г соли).

10. Когда соль перестанет растворяться, начните добавлять в стакан с солью горячую воду. Наблюдайте, как влияет изменение температуры на растворимость соли. Перемешивая раствор, продолжайте добавлять поваренную соль по одной чайной ложке по мере ее растворения. Запишите полученные значения в таблицу.

11. Повторите эксперимент с сульфатом меди. Сравните полученные результаты.

12. В конце эксперимента промойте измерительный модуль и протрите его бумажной салфеткой.

Анализ результатов лабораторного опыта

13. Проанализируйте данные отчетной таблицы.

- 14. Ответьте на контрольные вопросы.
- 15. Сделайте вывод по лабораторному опыту.

Контрольные вопросы

1. Как изменяется температура в течение проведенных реакций?

2. Как изменяется растворимость соли при повышении температуры?

3. Что происходит с приготовленными растворами при их охлаждении?

4. Как правило, в начальный момент растворения выданных образцов солей стенки стакана становятся холодными, хотя в реакции используется вода комнатной температуры. С чем это связано?

Дополнительные задания

• Какой метод могут использовать химики, чтобы проверить, является ли вещество чистым или в нем присутствует примесь другого вещества?

• Раствор – вещество переменного состава. От концентрации раствора зависят и его свойства. То, что в повседневной жизни мы называем водой, является раствором. В воде хорошо растворяются газы, жидкости и твердые вещества. Приведите примеры растворов? Какие растворы вы используете в быту?

Справочный материал

1. Дополнительная информация о растворимости: http://www.xumuk.ru/encyklopedia/2/3821.html

2. Дополнительная информация о растворах: http://www.alhimik.ru/teleclass/konspect/konsp7-03.shtml

3. Дополнительная информация о влиянии температуры на растворимость: http://exxum10.narod.ru/vop/21.html

4. Дополнительная информация о воде как растворителе: http://www.xumuk.ru/biochem/32.html

Лабораторная работа № 3.2

ИЗУЧЕНИЕ ТЕПЛОВОГО ЭФФЕКТА РЕАКЦИИ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ

Цели:

■ расширить знания о свойствах кислот и оснований;

■ закрепить знания о типах химических реакций;

■ изучить тепловой эффект реакции нейтрализации на примере растворения гидроксида натрия в воде.

Оборудование и материалы

Инновационное:

- ПК с установленным ПО PROLog;
- модуль сопряжения USB-200;
- измерительный модуль «pH»;
- измерительный модуль «Температура»;
- USB кабель B/M-mini–A/M.

Традиционное:

- лабораторный штатив, муфта и лапка;
- стакан химический, 100 мл;
- стакан химический пластиковый, 50 мл (2 шт.);
- пипетка градуированная, 1 мл.

Реактивы:

- вода дистиллированная;
- соляная кислота, HCl, 0,05 M раствор, 20 мл;
- серная кислота, H₂SO₄, 0,05 M раствор, 20 мл;
- гидроксид натрия, NaOH, 0,05 M раствор, 20 мл;
- гидроксид калия, КОН, 0,05 М раствор, 20 мл.

Введение

Почти все химические реакции сопровождаются либо выделением, либо поглощением теплоты, и на основе этого классифицируются как экзотермические или эндотермические. Экзотермический процесс – это химическая реакция с выделением тепла. В результате экзотермической реакции вещества нагреваются. Затем выделившееся тепло передается в окружающую среду до тех пор, пока температуры не сравняются. В эндотермической реакции энергия должна быть поглощена из окружающей среды.

Кислотность растворов, как правило, колеблется от 0 до 14. Нейтральные растворы имеют pH 7, в кислых растворах pH менее 7, а в щелочных – более 7. Добавление щелочи к воде приводит к возрастанию pH водного раствора, а добавление кислоты – к понижению pH. При взаимодействие кислоты с эквивалентным количеством основания протекает реакция нейтрализации с образованием соли и воды. Изменение pH можно

контролировать с помощью специальных красителей (индикаторов) или измерительного модуля «pH».

В этом эксперименте вам предстоит исследовать тепловой эффект реакции нейтрализации и определить, является эта реакция экзотермической или эндотермической.

Техника безопасности

Ознакомьтесь с общими правилами техники безопасности по проведению лабораторного опыта в кабинете химии.

Растворы кислот и щелочей по степени воздействия на организм относятся к веществам 2-го класса опасности (вещества высокоопасные). Растворы могут вызвать ожоги кожи и глаз, пары – раздражение слизистых оболочек верхних дыхательных путей и глаз. Следует избегать попадания раствора на кожу рук и в глаза! Не глотать!

Пожалуйста, обратите внимание, что нижняя часть модуля «pH» состоит из хрупкого сферического кристалла. Хотя кристалл и защищен пластиком, обращайтесь с ним осторожно, чтобы не разбить.

Указания к работе

Подготовка эксперимента

1. Подготовьте в тетради отчетные таблицы.

Количество добавленного раствора НСІ, мл	рН	Температура, °С

Таблица 1. Гидроксид натрия

Таблица 2. Гидроксид калия

Количество добавленного раствора Н ₂ SO ₄ , мл	рН	Температура, °С

2. Соберите установку, как показано на рисунке 1:

a. открутите колпачок с защитным раствором с нижней части модуля «pH», осторожно извлеките датчик, поднимите крышку колпачка вверх по модулю, отставьте колпачок с раствором в сторону;

b. закрепите модуль «рН» в лапке штатива;

с. опустите измерительный модуль «pH» в стакан с дистиллированной водой и, осторожно помешивая, смойте защитный раствор;

- d. закрепите модуль «Температура» в лапке штатива;
- е. подключите кабель B/M-mini–A/M к модулю сопряжения USB;

f. подключите измерительные модули «Температура» и «pH» к модулю сопряжения USB.



Рис. 1. Фотография установки

3. Запустите ПО PROLog и убедитесь, что измерительные модули определены. Для этого нажмите кнопку **Поиск модулей** . Через некоторое время с левой стороны экрана появятся окна измерительных модулей «pH» и «Температура» (рис. 2).



Рис. 2. Окна измерительных модулей

4. Нажмите кнопку Эксперимент при подключенных модулях ¹ на главной панели инструментов. Откроется дополнительная панель инструментов (рис. 3).



Рис. 3. Дополнительная панель инструментов

5. Нажмите кнопку Настройки эксперимента **ж** на дополнительной панели. Это откроет диалоговое окно.

- а. Установите продолжительность эксперимента на 3 мин.
- b. Установите частоту измерения на 10 в секунду в выпадающем меню (рис. 4).

Настройки эксперимента - Опц	ии 🔀
Опции График Триггер Зад	ать значения оси Х
<u>Настройки экрана</u>	
Г Табл. ⊽ График	
Продолжительность	и Змин
Частота выборки	✔ 10 в секунду 🔄

Рис. 4. Установка эксперимента

6. Закройте диалоговое окно.

7. Нажмите кнопку **Установка модуля** ⁶ в окне модуля «pH» (puc. 2). Откроется диалоговое окно (puc. 5).



Рис. 5. Окно «Установка модуля»

- 8. Нажмите в этом окне кнопку Калибровка 🥨, чтобы установить значение 7.
- 9. Закройте диалоговое окно установки измерительного модуля «рН».

Исследования и измерения

10. Налейте в химический стакан 20 мл раствора гидроксида натрия.

11. Введите в стакан с исследуемым раствором измерительные модули «Температура» и «pH».

- 12. Нажмите кнопку Запуск эксперимента ³²², чтобы начать измерение.
- 13. Подождите, пока показания температуры и рН стабилизируются.

14. Не останавливая измерение, с помощью пипетки по каплям добавляйте раствор соляной кислоты. Наблюдайте изменения температуры и pH, записывая показания в отчетную таблицу 1.

15. Продолжайте эксперимент, пока среда раствора не станет нейтральной (рН 7).

16. По завершении эксперимента вылейте раствор гидроксида натрия и тщательно промойте стакан.

17. Проведите аналогичные измерения для раствора гидроксида калия и серной кислоты, повторив шаги 10–16. Запишите показания в отчетную таблицу 2.

18. В конце эксперимента промойте модуль «pH» и поместите его в буферный раствор, закрутив крышку до упора.

Анализ результатов лабораторного опыта

- 19. Проанализируйте данные отчетных таблиц.
- 20. Ответьте на контрольные вопросы.
- 21. Сделайте вывод по лабораторному опыту.

Контрольные вопросы

1. Как изменяется температура в ходе реакции с гидроксидом натрия? Данная реакция экзотермическая или эндотермическая?

2. Как изменяется температура в ходе реакции с гидроксидом калия? Данная реакция экзотермическая или эндотермическая?

3. Как изменяется pH в процессе нейтрализации растворов? Существует ли зависимость между изменением значения pH и температуры?

Дополнительные задания

• Прежде чем вылить в канализацию жидкие отходы лабораторных работ, содержащие соляную кислоту, следует их нейтрализовать щелочью (например, гидроксидом натрия) или содой (карбонатом натрия). Определите массу NaOH, необходимую для нейтрализации отходов, содержащих 0,45 моль HCl.

• В чем значение реакции нейтрализации? Где она используется человеком?

Справочный материал

1. Дополнительная информация о реакции нейтрализации: http://www.xumuk.ru/bse/1778.html

2. Дополнительная информация об индикаторах в реакциях нейтрализации: http://www.hemi.nsu.ru/ucheb185.htm

3. Дополнительная информация о тепловом эффекте реакции нейтрализации: http://chem-bsu.narod.ru/umk_chem_webCD/lwork/lr3.htm

4. Дополнительная информация о тепловых эффектах химических реакций: http://www.xumuk.ru/encyklopedia/2/4352.html http://www.ximicat.com/info.php?id=5225

Лабораторная работа № 3.3

ИЗУЧЕНИЕ ТЕПЛОВОГО ЭФФЕКТА ПРИ РАСТВОРЕНИИ ВЕЩЕСТВ В ВОДЕ

Цель:

■ определить тепловой эффект при растворении твердых и жидких веществ в воде.

Оборудование и материалы

Инновационное:

- ПК с установленным ПО «PROLog»;
- модуль сопряжения USB-200;
- измерительный модуль «Температура»;
- кабель B/M-mini–A/M.

Традиционное:

- лабораторный штатив, муфта и лапка;
- стакан химический, 200 мл;
- стакан химический, 150 мл, (2 шт.);
- палочки стеклянные (2 шт.).

Реактивы:

- роданид аммония или нитрат аммония, 5–10 г;
- спирт этиловый, 20 мл;
- вода дистиллированная.

Введение

Растворение – сложный физико-химический процесс. При растворении молекулы растворяемого вещества связываются с молекулами растворителя, образуя сольваты (если растворитель вода – гидраты). На разрушение связей между молекулами энергия затрачивается, а при образовании гидрата (сольвата) энергия выделяется; разница между затрачиваемой и выделяемой энергией представляет собой тепловой эффект растворения, который может быть как положительным, так и отрицательным.

Количество теплоты, которое выделяется или поглощается в результате реакций между определенными количествами реагентов, называют тепловым эффектом химической реакции и обычно обозначают символом Q.

Техника безопасности

Ознакомьтесь с общими правилами техники безопасности по проведению лабораторного опыта в кабинете химии.

Порядок проведения работы

Подготовка эксперимента

1. Начертите в тетради отчётную таблицу.

Таблица. Зависимость времени протекания реакции от температуры

Время протекания реакции растворения роданида аммония, с	Температура, ⁰С	Время протекания реакции растворения этилового спирта, с	Температура, ⁰С
10		10	
20		20	
30		30	
40		40	
60		60	

2. Соберите установку, как показано на рисунке 1:

- а. подключите кабель B/M-mini–A/M к модулю сопряжения USB;
- b. наденьте на стержень штатива муфту и укрепите в ней лапку;

с. закрепите модуль «Температура» в лапке штатива, поместите его в стакан с водой.



Рис. 1. Фотография установки

3. Подключите модуль сопряжения USB к ПК.

4. Запустите программу PROLog и убедитесь, что измерительный модуль определен. Для этого нажмите значок **Поиск модулей** 24 на панели инструментов програм-

мы. Через некоторое время с левой стороны экрана появится окно измерительного модуля «Температура» (рис. 2).



Рис. 2. Окно модуля температуры

5. Нажмите кнопку Эксперимент при подключенных модулях ² на главной панели инструментов. Откроется дополнительная панель инструментов (рис. 3).



Рис. 3. Дополнительная панель инструментов

6. Нажмите кнопку Настройки эксперимента **м** на дополнительной панели. Это открывает диалоговое окно.

а. Установите продолжительность эксперимента на 1 минуту.

b. Установите частоту измерения на 10 в секунду в выпадающем меню

(рис. 4).



Рис. 4. Окно настройки эксперимента

7. Закройте диалоговое окно настройки эксперимента.

Исследование и измерение

- 8. Налейте в два стакана по 50 мл воды.
- 9. Поместите щуп измерительного модуля в стакан № 1.

10. Чтобы начать измерение, нажмите кнопку Запуск эксперимента на дополнительной панели (рис. 3).

11. Не останавливая измерения, ложечкой насыпайте в стакан роданид аммония, перемешивая раствор стеклянной палочкой. На экране будет отображаться график изменения температуры раствора. Через 1 мин измерение автоматически завершится.

12. Чтобы увидеть график в оптимальном режиме, нажмите кнопку Масштаб 🔯 на панели инструментов работы с графиком (рис. 5).



Рис. 5. Панель инструментов работы с графиком

13. Запишите в таблицу необходимые значения.

14. Нажмите кнопку Заморозить видимые графики ^В на дополнительной панели инструментов, чтобы сохранить график на экране.

15. Для проведения следующего измерения вам необходимо поменять цвет графика. Для этого:

а. Нажмите кнопку Цвет графика в окне измерительного модуля (рис. 2). Откроется дополнительное окно (рис. 6).



Рис. 6. Окно «Цвет графика»

b. Выберите любой цвет, отличающийся от первого графика, и нажмите кнопку **ОК.**

16. Поместите измерительный модуль в другой стакан с водой, подождите, пока значение температуры стабилизируется. Повторите шаги 10–14 с добавлением к воде этилового спирта.

17. Чтобы увидеть оба графика в оптимальном режиме, нажмите кнопку Масштаб Коле проведения обоих измерений экран будет выглядеть примерно так (рис. 7).



Рис. 7. Измерение теплового эффекта

Анализ результатов лабораторной работы

18. Распечатайте полученные графики. Для этого нажмите на кнопку **Печать** 🥵 на главной панели инструментов. Подпишите графики.

19. Вклейте лист с распечатанными графиками в рабочую тетрадь. (Если ваш компьютер не подключен к принтеру, перерисуйте оба графика в рабочую тетрадь и подпишите их).

20. Сравните полученные результаты и ответьте на контрольные вопросы.

21. Сделайте вывод по работе.

Контрольные вопросы

1. Определите, к экзо- или эндотермическим процессам относятся реакции растворения роданида аммония и этилового спирта в воде.

2. Почему при растворении роданида аммония температура понижается?

3. Почему при растворении этилового спирта температура повышается?

Дополнительные задания

• Рассчитайте тепловой эффект реакции растворения роданида аммония, используя формулу $Q = m \times C \times \Delta t$, где $C = 4,18 \text{ Дж}/(\Gamma \cdot oC)$.

• Для чего в химии изучают тепловые эффекты реакций?

Справочный материал

1. Тепловой эффект:

http://www.ximuk.ru/encyklopedia/2/4352.html http://www.chemistry.narod.ru/himiya/uch_chem_osnteorhim02.html

2. Энергетика процесса растворения: http://www.alhimik.ru/rastvory/2-10.html

Лабораторная работа № 3.4

ЗАВИСИМОСТЬ СКОРОСТИ РЕАКЦИИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ

Цели:

- закрепить понятие скорость химической реакции;
- исследовать влияние температуры на скорость химической реакции.

Оборудование и материалы

Инновационное:

- ПК с установленным ПО PROLog;
- модуль сопряжения USB-200;
- измерительный модуль «Температура»;
- USB кабель B/M-mini–A/M.

Традиционное:

- лабораторный штатив, муфта и лапка;
- стакан химический, 100 мл;
- пробирки стеклянные (2 шт.);
- штатив для пробирок;
- спиртовка.

Реактивы:

- оксид меди (II), CuO, (две гранулы);
- серная кислота, H₂SO₄, 1 M раствор, 20 мл.

Введение

Химические реакции протекают с различными скоростями. Некоторые из них полностью заканчиваются за несколько секунд, другие – за минуты, дни; известны реакции, длящиеся несколько лет, десятилетий и еще дольше. Кроме того, одна и та же реакция (при прочих одинаковых условиях) при повышенных температурах может протекать быстро, а при охлаждении – медленно; при этом различие в скоростях может быть очень большим.

Знание скоростей химических реакций имеет большое научное и практическое значение. В химической промышленности, например, это знание необходимо, чтобы размеры и производительность аппаратуры, выбранной для производства какого-либо вещества, соответствовали количеству производимого продукта.

Скорость химической реакции зависит от природы реагирующих веществ и условий протекания реакции: концентрации, температуры, присутствия катализаторов, давления (для газовых смесей), измельчения (для твердых веществ), радиоактивного облучения.

В данном эксперименте вам предстоит выяснить, как температура влияет на скорость протекания химической реакции.

Техника безопасности

Ознакомьтесь с общими правилами техники безопасности по проведению лабораторного опыта в кабинете химии.

Ознакомьтесь с требованиями, обеспечивающими безопасность при работе с горючими веществами. Раствор серной кислоты по степени воздействия на организм относится к веществам 2-го класса опасности (вещества высокоопасные). Раствор может вызвать ожоги кожи и глаз, пары – раздражение слизистых оболочек верхних дыхательных путей и глаз. Следует избегать попадания раствора на кожу рук и в глаза! Не глотать!

Указания к работе

Подготовка эксперимента

1. Подготовьте в рабочей тетради отчетную таблицу.

Таблица. Зависимость времени протекания реакции от температуры

Номер пробирки	Температура, °С	Время протекания реакции, с
1		
2		

2. Соберите установку, как показано на рисунке 1:

а. закрепите на штативе с помощью муфты и лапки измерительный модуль «Температура»;

- b. подключите кабель B/M-mini–A/M к модулю сопряжения USB;
- с. подключите модуль сопряжения USB к модулю «Температура».



Рис. 1. Фотография установки

3. В каждую из двух пробирок поместите по одной грануле оксида меди (II).

4. Запустите ПО PROLog и убедитесь, что измерительный модуль определен. Для этого нажмите кнопку **Поиск модулей** . Через некоторое время с левой стороны экрана появится окно измерительного модуля температуры (рис. 2).



Рис. 2. Окно модуля «Температура».

Нажмите кнопку Эксперимент при подключенных модулях на главной 5. панели инструментов. Откроется дополнительная панель инструментов (рис. 3).



Рис. 3. Дополнительная панель инструментов

Нажмите кнопку Настройки эксперимента 🔤 на дополнительной панели. 6. Это откроет диалоговое окно.

- a. Установите продолжительность эксперимента на 2 мин.
- b. Установите частоту измерения на 20 в секунду в выпадающем меню (рис. 4).

астройки эксперимента - Опции 🛛 🛛 🔀				
Опции График Триггер Задать значения оси Х				
Настройки экрана				
Г Табл. ✓ График				
Продолжительность	🗸 2 мин 💌			
Частота выборки	🖌 20 в секунау 🗾			

Рис. 4. Установка эксперимента

7. Закройте диалоговое окно установки измерительного модуля.

Исследования и измерения

8. Добавьте 5-6 капель серной кислоты в первую пробирку и введите в нее модуль «Температура».

Нажмите кнопку Запуск эксперимента 9. , чтобы начать измерение. Дождитесь стабилизации значений температуры. Запишите полученные данные в отчетную таблицу.

10. Добавьте 5-6 капель серной кислоты во вторую пробирку и введите модуль «Температура». Дождитесь, когда показания температуры стабилизируются.

11. Начните нагревание пробирки на спиртовке. Нажмите кнопку Запуск экспери-

мента , чтобы начать измерение.

12. Наблюдайте, как изменение температуры влияет на скорость реакции. Дождитесь окончания химической реакции.

13. Отметьте время протекания реакций в первом и во втором случаях. Запишите данные в отчетную таблицу.

14. В конце эксперимента промойте измерительный модуль и протрите его бумажной салфеткой.

Анализ результатов лабораторного опыта

15. Заполните отчетную таблицу данными исследования. Проанализируйте измеренные значения.

16. Ответьте на контрольные вопросы.

17. Сделайте вывод по лабораторному опыту.

Контрольные вопросы

1. В какой пробирке реакция протекает более интенсивно? По каким признакам вы это определили?

2. Какое условие влияет на скорость данной химической реакции?

Дополнительные задания

• Что называется скоростью химической реакции и как она рассчитывается?

• В реакцию вступили вещества при температуре 40 °C, затем их нагрели до 70 °C. Как изменится скорость химической реакции, если температурный коэффициент ее равен 2?

Справочный материал

Влияние температуры на скорость химических реакций описывается правилом Вант-Гоффа: повышение температуры на каждые 10 °С приводит к увеличению скорости реакции в 2–4 раза (эта величина называется температурным коэффициентом реакции). Математически эта зависимость выражается соотношением:

$$v_{\rm T2} = v_{\rm T1} \times g^{(\rm T2-T1)/10},$$

где v_{T1} и v_{T2} – скорости реакций при температурах T_1 и T_2 ;

g – температурный коэффициент реакции – число, показывающее, во сколько раз увеличивается скорость реакции при повышении температуры на каждые 10 °C.

1. Дополнительная информация о скорости химической реакции: http://www.xumuk.ru/bse/2508.html

2. Дополнительная информация о зависимости скорости реакции от температуры: http://www.chem-astu.ru/chair/study/genchem/r2_1.htm

3. Дополнительная информация о влиянии различных факторов на скорость химической реакции:

http://www.chemguru.ru/information/40-himicheskaja-kinetika-i-ravnovesie

Лабораторная работа № 3.5

ИЗУЧЕНИЕ ЭНДОТЕРМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ

Цель:

■ изучить тепловой эффект химической реакции.

Оборудование и материалы

Инновационное:

- ПК с установленным ПО PROLog;
- модуль сопряжения USB-200;
- измерительный модуль «Температура»;
- USB кабель B/M-mini–A/M.

Традиционное:

- лабораторный штатив, муфта и лапка;
- стакан химический, 100 мл;
- стакан химический, 50 мл.

Реактивы:

- вода дистиллированная;
- уксусная кислота (столовый уксус), СН₃СООН, 9% раствор, 20 мл;
- бикарбонат натрия (пищевая сода), NaHCO₃, 5 г.

Введение

Почти все химические реакции сопровождаются либо выделением, либо поглощением тепла и в соответствии с этим подразделяются на экзотермические и эндотермические. Экзотермический процесс – это химическая реакция с выделением тепла. В результате экзотермической реакции вещества нагреваются. Затем выделившееся тепло передается в окружающую среду до тех пор, пока температуры не сравняются. В эндотермической реакции энергия должна быть поглощена из окружающей среды.

Удельная теплоемкость вещества определяется как количество тепловой энергии, необходимой для нагревания 1 кг вещества на 1 °C. Удельную теплоту реакции можно рассчитать по формуле:

$$C=Q/(m\cdot\Delta t),$$

где С – удельная теплоемкость,

Q – количество теплоты, полученное веществом при нагреве (или выделившееся при охлаждении);

m – масса нагреваемого (охлаждающегося) вещества;

 Δt – разность конечной t_2 и начальной t_1 температур вещества, $\Delta t = t_2 - t_1$

В данном эксперименте вам предстоит исследовать реакцию взаимодействия пищевой соды и столового уксуса и установить, экзотермической или эндотермической является данная реакция:

$$CH_3COOH+ NaHCO_3 \rightarrow CO_2 + H_2O + CH_3COONa$$

Техника безопасности

Ознакомьтесь с общими правилами техники безопасности по проведению лабораторного опыта в кабинете химии.

Указания к работе

Подготовка эксперимента

1. Подготовьте в рабочей тетради отчетную таблицу.

Таблица. Тепловой эффект реакции нейтрализации

Время протекания химической реакции, с	Температура, °С

2. Соберите установку, как показано на рисунке 1:

а. закрепите на штативе с помощью муфты и лапки измерительный модуль «Температура»;

- b. подключите кабель B/M-mini–A/M к модулю сопряжения USB;
- с. подключите модуль сопряжения USB к модулю «Температура».



Рис. 1. Фотография установки

3. Налейте 50 мл уксуса в стакан и поместите его перед установкой.

4. Запустите ПО PROLog и убедитесь, что измерительный модуль определен. Для этого нажмите кнопку **Поиск модулей** . Через некоторое время с левой стороны экрана появится окно измерительного модуля «Температура» (рис. 2).



Рис. 2. Окно модуля «Температура».

5. Нажмите кнопку Эксперимент при подключенных модулях ²²² на главной панели инструментов. Откроется дополнительная панель инструментов (рис. 3).

B	2000 Star -	ዀ 🥟 🖭 🖄	🖛 🌄 👬 🐼 💌
----------	-------------	---------	-----------

Рис. 3. Дополнительная панель инструментов

6. Нажмите кнопку Настройки эксперимента **м** на дополнительной панели. Это откроет диалоговое окно.

- а. Установите продолжительность эксперимента на 2 мин.
- b. Установите частоту измерения на 20 в секунду в выпадающем меню (рис. 4).



Рис. 4. Установка эксперимента

7. Закройте диалоговое окно установки измерительного модуля.

Исследования и измерения

- 8. Поместите модуль «Температура» в стакан с 20 мл раствора уксуса.
- 9. Нажмите кнопку Запуск эксперимента , чтобы начать измерение.

10. Дождитесь, когда температура стабилизируется.

11. Не останавливая измерение, медленно добавьте в стакан с уксусом 5 г (примерно 1 чайная ложка) соды.

12. Наблюдайте изменения температуры в процессе взаимодействия соды и уксуса. Запишите полученные значения в отчетную таблицу.

13. В конце эксперимента промойте измерительный модуль и протрите его бумажной салфеткой.

Анализ результатов лабораторного опыта

14. Проанализируйте данные отчетной таблицы.

15. Ответьте на контрольные вопросы.

16. Сделайте вывод по лабораторному опыту.

Контрольные вопросы

1. Как изменяется температура в течение реакции? Экзотермической или эндотермической является данная реакция? Начертите график зависимости изменения температуры от времени протекания данной реакции.

2. Подсчитайте изменение температуры в течение реакции и количество выделенной за это время тепловой энергии, используя формулу: $Q=m \times C \times \Delta t$, где C=4,18.

Дополнительные задания

• Обсуждая энергетическую ценность продуктов питания, мы рассматриваем исключительно экзотермические реакции. Однако существует множество эндотермических реакций, в ходе которых смесь химических соединений забирает тепловую энергию из окружающей среды и превращает ее в химическую энергию, запасаемую продуктами реакции. Предположите, какие химические реакции, протекающие в живой природе, могут служить примером эндотермических реакций?

• Какой объем кислорода (при нормальных условиях) выделится в результате эндотермической реакции разложения бертолетовой соли, если на разложение было затрачено 182 кДж теплоты?

Справочный материал

1. Дополнительная информация о тепловом эффекте реакции: http://www.hemi.nsu.ru/text211.htm http://www.chemport.ru/chemical encyclopedia article 3664.html

2. Дополнительная информация об эндотермических реакциях: http://www.xumuk.ru/bse/3287.html http://www.kristallikov.net/page11.html