

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

«Нижегородский государственный архитектурно-строительный  
университет»

Кафедра химии

**КОНДУКТОМЕТРИЯ**  
**КОНДУКТОМЕТРИЧЕСКОЕ ТИТРОВАНИЕ**

Методические указания к выполнению лабораторных работ по химии  
для студентов направлений 022000.62 Экология и природопользование,  
280700.62 Техносферная безопасность

Нижний Новгород, 2012

УДК 543.061

Кондуктометрия. Кондуктометрическое титрование. Методические указания к выполнению лабораторных работ по химии для студентов направлений 022000.62 Экология и природопользование, 280700.62 Техносферная безопасность. Н.Новгород: Издание ННГАСУ, 2012.

В методических указаниях в сжатой форме изложены теоретические основы кондуктометрии и кондуктометрического титрования. Приводятся методики кондуктометрического определения компонентов природных и сточных вод. Предложены задания для самостоятельной работы по данной теме.

Составители: ст. пр. Я.А. Васина

ст. пр. И.Л. Смельцова

Под редакцией проф. В.А. Яблокова

© Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2012.

## Введение

В кондуктометрии концентрацию ионов определяют по величине электропроводности раствора или по её изменению в процессе титрования.

Электрическая проводимость - электропроводность раствора электролита является результатом диссоциации растворенного вещества и миграции ионов под действием внешнего источника напряжения. В электрическом поле движущиеся в растворе ионы испытывают тормозящее действие со стороны молекул растворителя и окружающих ионов противоположного знака. Это так называемые релаксационный и электрофоретический эффекты. Результатом такого тормозящего действия является сопротивление раствора прохождению электрического тока. Электропроводность раствора определяется, в основном, скоростью движения (подвижностью) ионов, количеством переносимых ими зарядов, природой растворителя, температурой раствора, концентрацией ионов в растворе.

Различают удельную ( $\chi$ ) и эквивалентную ( $\lambda$ ) электропроводность раствора. Удельная электропроводность - это электропроводность 1 см<sup>3</sup> раствора, находящегося между электродами площадью 1 см<sup>2</sup> каждый, расстояние между которыми равно 1 см.

$$\chi = \alpha C F (Z_+ U_+ + Z_- U_-),$$

где  $\alpha$  - степень диссоциации электролита,

$C$  - концентрация электролита, экв/дм<sup>3</sup>,

$F$  - постоянная Фарадея (96500 Кл/экв),

$U_+$ ,  $U_-$ ,  $Z_+$ ,  $Z_-$  - подвижность (м/с) и заряд катионов и анионов, соответственно, при напряжении электрического поля 1В/см.

Удельную электропроводность выражают в См/см (Сименс на сантиметр). 1См=Ом<sup>-1</sup>. Удельная электропроводность зависит от природы электролита и растворителя, от концентрации раствора, от температуры.

Эквивалентная электропроводность ( $\text{См} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{эkv}^{-1}$ ) - это электропроводность раствора, содержащего 1 эквивалент электролита. Удельная и эквивалентная электропроводности связаны уравнением:

$$\lambda = \frac{\kappa \cdot 1000}{C}$$

Эквивалентная электропроводность увеличивается с уменьшением концентрации раствора электролита.

В соответствии с законом независимого движения ионов Кольрауша эквивалентная электропроводность раствора электролита при бесконечном разбавлении  $\lambda_{\infty}$  (или  $\lambda^0$ ) равна сумме предельных подвижностей катионов  $\lambda_{\infty+}$  и анионов  $\lambda_{\infty-}$ , т.е. их подвижностей при бесконечном разбавлении раствора:

$$\lambda_{\infty} = \lambda_{\infty+} + \lambda_{\infty-}$$

В кондуктометрическом методе анализа измеряемым аналитическим сигналом является электропроводность раствора. Приборы для измерения электропроводности или обратной ей величины - сопротивления раствора ( $R$ ), называют кондуктометрами. Электрическое сопротивление  $R$  слоя раствора электролита между электродами, как и электрическое сопротивление проводников первого рода, прямо пропорционально длине (толщине) этого слоя и обратно пропорционально площади поверхности:

$$R = \frac{1}{\kappa} \cdot \frac{l}{S}$$

где:  $l$  - расстояние между электродами, см;

$S$  - площадь электродов,  $\text{см}^2$ ;

$l/S$  - константа (постоянная) электролитической ячейки

$R$  – сопротивление, Ом.

Кондуктометрические измерения чаще всего проводят с помощью установок и приборов, принципиальная схема которых включает мост Уинстона с источником переменного тока частотой 500-5000 Гц.

Основным прибором, используемым в настоящее время в нашем практикуме, является кондуктометр «Анион-4120», выпускаемый новосибирской фирмой «Инфраспек Аналит». Несмотря на некоторые недостатки, этот прибор позволяет с приемлемой точностью измерять электропроводность растворов. Он состоит из основного блока с жидкокристаллическим дисплеем и выносного датчика, который опускают в исследуемый раствор (рис. 1).



Рис.1

В аналитической практике метод может быть реализован в варианте прямой кондуктометрии или кондуктометрического титрования. Прямую кондуктометрию используют для определения концентрации растворов сравнительно редко, т.к. электропроводность раствора - величина аддитивная, определяемая наличием всех ионов в растворе. Прямые кондуктометрические измерения успешно используют, например, для оценки чистоты растворителя, определения общего солевого состава морских, речных и минеральных вод.

Большее распространение в аналитической практике получил метод кондуктометрического титрования, основанный на использовании химических реакций, в результате протекания которых происходит заметное изменение электропроводности растворов. Графическая зависимость

удельной электропроводности раствора от объема добавленного титранта, называют кривой титрования (рис.2).

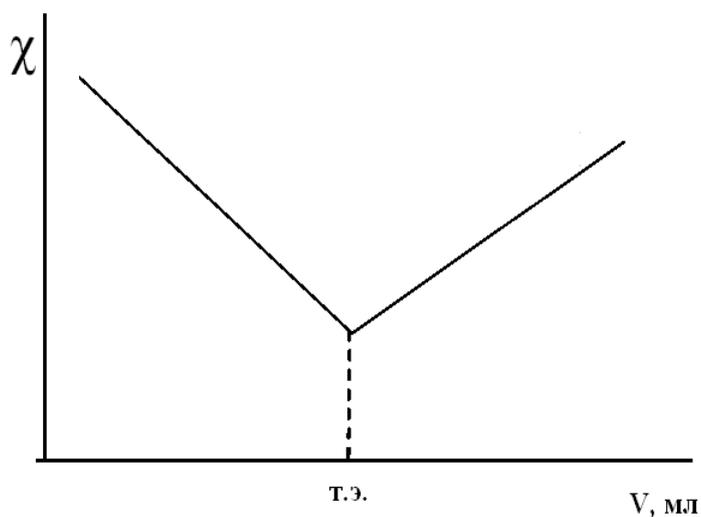


Рис.2 Изменение удельной электропроводности исследуемого раствора в зависимости от количества титранта

Точку эквивалентности (т.э.) определяют по излому на кривой титрования. Чтобы излом был достаточно резким, титруют большой объем разбавленного раствора в ячейке концентрированным раствором титранта из микробюретки. Надежность результатов при кондуктометрическом титровании зависит от многих факторов, определяющих величину удельной электропроводности: констант диссоциации всех участников химической реакции, константы автопротолиза растворителя, ионной силы раствора и др. Использование неводных органических растворителей значительно расширяет возможности кондуктометрического титрования. Правильным подбором титранта и растворителя создают условия для титрования, при которых получается кривая титрования с резким изломом и погрешность в определении конечной точки титрования снижается. Присутствие посторонних электролитов со значительной электропроводностью мешает определению, так как «фоновый» сигнал становится столь значительным, что не удастся замерить изменение электропроводности в ходе титрования.

Кондуктометрическое титрование имеет ряд достоинств: возможно дифференцированное титрование смесей кислот или оснований, титрование мутных, окрашенных растворов. Нижний предел определяемых концентраций  $10^{-4}$  моль/л, погрешность определений 2%.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

### Качественный анализ водопроводной и природной воды

**Цель работы:** определить общее солесодержание в водопроводной и природной воде методом прямой кондуктометрии.

#### Теоретическая часть

**Природная вода** - сложная система и состоит из 5 групп химических веществ.

1. Ионы: калия, натрия, кальция, магния, хлориды, сульфаты, карбонаты, гидрокарбонаты.

2. Растворенные газы из атмосферы: кислород, азот, диоксид углерода, сероводород, аммиак, метан.

3. Биогенные вещества – вещества, содержащие азот, фосфор, серу, кремний, (нитраты, нитриты, ионы аммония, фосфаты, гидрофосфаты, дигидрофосфаты, кремневые кислоты).

4. Микроэлементы: литий, свинец (I,II), барий, стронций, цезий, медь, серебро, железо(II), никель, кобальт, хром(III), молибден, марганец, бромиды, иодиды, фториды, следы радиоактивных элементов.

5. Органические вещества.

В ходе специальной водоподготовки (механическая фильтрация, отстаивание, фильтрация через слой песка, аэрация, стерилизация) природная вода становится водопроводной. **Водопроводная вода** (проточная вода, вода из городского водопровода) — вода, поступающая для потребления из крана, доставляется в дома коммунальным предприятием по водоснабжению.

Водопроводная вода содержит растворенные соли кальция, магния, железа и других элементов (так называемая "жесткая вода"). Питьевая вода, «вода из-под крана», отличается от других основных видов питьевой воды, таких, как дождевая вода для сбора в цистерны, вода из деревенских насосов (городских насосов), или воды в ручьях, реках, озерах.

### **Экспериментальная часть**

1. В стакан для измерения налейте дистиллированной воды. Опустите электрод для измерения. Включите прибор кондуктометр. Прибор необходимо прогреть 5 минут для получения стабильных результатов.

2. Через 5 минут поменяйте воду на новую порцию дистиллированной воды. Снимите показания в мкСм/см или в мСм/см. Это значение примите за результат, с которым будете сравнивать электропроводность других растворов, так как в дистиллированной воде отсутствует солесодержание.

3. Измерьте электропроводность в природной, водопроводной воде. Запишите результаты.

4. Сравните с электропроводностью дистиллированной воды.

5. Сделайте вывод.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2**

### **Кондуктометрическое титрование кислоты или щелочи в агрессивных средах**

**Цель работы:** овладеть навыками прямой кондуктометрии по кислотно-основному методу.

#### **Аппаратура, химическая посуда, реактивы**

1. Кондуктометр

2. Пипетка, 20 мл

3. Титрованный 0,2 Н раствор гидроксида натрия

4. Титрованный 0,2 Н раствор серной кислоты

### Экспериментальная часть.

#### 1. Построение калибровочного графика.

Поместите в термостатированный стеклянный сосуд (ячейку с делениями) 40 мл стандартного раствора кислоты или щелочи и, опустив до дна электроды, снимите показания электропроводности по инструкции к прибору. Затем, последовательно отобрав 20 мл раствора из сосуда, разбавьте 20 мл дистиллированной воды, опустите электроды и снова измерьте электропроводность. Таким образом, сделав 5 разведений (начиная с концентрации 0,2 Н и кончая 0,0125 Н по кислоте или щелочи), измерьте электропроводность для пяти различных концентраций. Постройте график в координатах электропроводность – концентрация (экв/л).

#### 2. Измерение электропроводности исследуемого раствора.

Получите у лаборанта в термостатированный сосуд раствор кислоты или щелочи, доведите до объема 40 мл дистиллированной водой, перемешайте, погрузите электроды до дна и измерьте несколько раз электропроводность. По калибровочному графику определите концентрацию исследуемого раствора в г/л:

$$C = C_X \cdot \mathcal{E}$$

где:  $C_X$  – концентрация исследуемого раствора, найденная по графику, экв/л;

$\mathcal{E}$  – эквивалентная масса кислоты или щелочи, г/экв.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

### Кондуктометрическое титрование кислоты или щелочи

**Цель работы:** овладеть навыками кондуктометрического титрования по кислотно-основному методу.

## Теоретическая часть

Форма кривой титрования и угол между ее ветвями зависит не только от подвижности ионов, находящихся в титруемом растворе, но и от степени диссоциации кислоты и основания, находящихся в растворе.

При кислотно-основном титровании образуется мало диссоциированная вода и сильно диссоциированная соль:



При этом ионы водорода и гидроксиды, обладающие большой подвижностью, замещаются в раствор на менее подвижные ионы соли. Если в процессе титрования раствор разбавляется незначительно, то вид кривых титрования будет зависеть от степени диссоциации кислоты и основания и их природы.

Определение кислоты или основания основано на последовательной нейтрализации кислоты раствором щелочи (кислоты). В этом случае при сливании двух электролитов изменяется ионный состав раствора, а, следовательно, и его электропроводность. Поэтому измерением последней можно определить точку эквивалентности в процессе титрования при условии заметного различия электропроводностей исходного раствора и продукта реакции. Строят график зависимости между электропроводностью и объемом титранта.

## Аппаратура, химическая посуда, реактивы

1. Кондуктометр
2. Магнитная мешалка
3. Бюретка, 25 мл
4. Пипетка, 25 мл
5. Мерная колба, 100 мл
6. Химический стакан, 200 мл
7. Титрованный 0,1 Н раствор соляной кислоты
8. Титрованный 0,1 Н раствор гидроксида натрия

### Экспериментальная часть

Получите у лаборанта раствор кислоты или щелочи неизвестной концентрации в мерную колбу емкостью 100 мл. Дистиллированной водой доведите до метки и хорошо перемешайте.

В стакан для титрования отберите 25 мл раствора, разбавьте до 50 мл дистиллированной водой, опустите электроды, включите мешалку и титруйте раствором гидроксида натрия или соляной кислотой. Раствор титранта добавляйте по возможности равными (0,5 мл) порциями и измерьте значение величины электропроводности. Данные титрования запишите в таблицу:

Объем 0,1 Н раствора HCl (или NaOH)							
Электропроводность, мСм							

Титрование проводите до изменения хода кривой электропроводности. После точки электропроводности добавьте еще 4-5 порций титранта.

На основании данных таблицы постройте кривую титрования, определите точку эквивалентности и соответствующий ей объем 0,1 Н раствора гидроксида натрия или соляной кислоты.

Концентрацию (С, экв/л) исходного раствора рассчитайте по формуле:

$$C_{\text{изм}} = \frac{C \cdot V}{V_a}$$

где:  $C_{\text{изм}}$  – концентрация исследуемого раствора, экв/л;

С – концентрация титрованного раствора, экв/л;

V – объем титрованного раствора, мл;

$V_a$  – аликвотный объем исследуемого раствора, мл.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

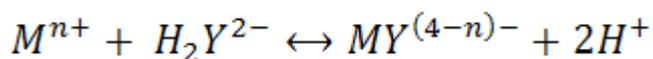
### Определение ионов $Ni^{2+}$ и $Ca^{2+}$ в смеси

**Цель работы:** овладеть навыками и приемами кондуктометрического титрования по методу комплексообразования.

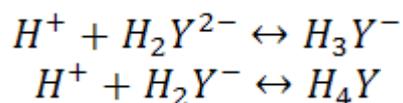
#### **Теоретическая часть**

При определении  $Ni^{2+}$  и  $Ca^{2+}$  использована реакция комплексообразования. При кондуктометрическом титровании в качестве титранта чаще всего используют раствор двуназатриевой соли этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА). В зависимости от рН среды при титровании могут образовываться средние и протонированные комплексоны, а также различные продукты диссоциации этилендиаминтетрауксусной кислоты. Несмотря на сложный состав раствора на кривых титрования в буферном растворе или в отсутствии его четко выраженный излом.

При титровании раствором ЭДТА солей металлов в растворах, не содержащих буферных смесей, на кривой титрования имеется максимум, соответствующий точке эквивалентности, до точки эквивалентности электропроводность раствора возрастает за счет увеличения концентрации наиболее подвижных ионов  $H^+$  в соответствии с реакцией, происходящей, например, при рН=5:



После точки эквивалентности электропроводность раствора уменьшается в результате связывания  $H^+$  избытком титранта в малодиссоциированную кислоту



Кондуктометрическое титрование растворов  $5 \cdot 10^{-3}$  М с использованием комплексона можно проводить в отсутствие буферного раствора, если образуется средний комплексонат высокой устойчивости ( $K_H > 10^{-16} - 10^{-17}$ ). При титровании с использованием буферных растворов оптимальное значение рН среды определяется константой нестойкости комплексного соединения и это значение, как правило, тем ниже, чем меньше константа нестойкости (чем больше степень окисления металла, образующего его). Для прогнозирования возможности кондуктометрического титрования катионов металлов (для  $5 \cdot 10^{-3}$  М) раствором ЭДТА рекомендуется использовать следующие данные ( $\beta = 1/K_H$  – константа устойчивости комплекса состава  $M Y^{(4-n)-}$ ):

рН	1 – 3	3 – 4	4	4 - 5	8 -10
lg $\beta$	20	18 - 19	16 – 16,5	14 - 15	7 - 11

Более четкий излом на кривой титрования наблюдается в отсутствии буферных смесей. При титровании смесей катионов первый компонент, образующий более устойчивый комплекс, обычно титруют без добавления буферного раствора, второй – после добавления буферного раствора. С помощью такого приема удастся разделить содержание ионов  $Ni^{2+}$  и  $Ca^{2+}$  при титровании раствором ЭДТА в слабокислой среде в отсутствие буферного раствора титруют никель ( $lg\beta_{NiX2-} = 18,62$ ;  $lg\beta_{CaX2-} = 10,70$ ), затем вводят аммиачный буферный раствор с рН=9, и титруют ионы кальция (комплексонат никеля не разрушается в присутствии аммиака, так как  $lg\beta_{Ni(NH3)4^{2-}} = 7,5$ ). Кривая титрования смеси ионов  $Ni^{2+}$  и  $Ca^{2+}$  представлена на рис.4

#### **Аппаратура, химическая посуда, реактивы.**

1. Кондуктометр
2. Магнитная мешалка

3. Мерная колба, 100 мл
4. Пипетка, 25 мл
5. Бюретка, 25 мл
6. Аммиачный буферный раствор, 1М по  $\text{NH}_4\text{Cl}$  и  $\text{NH}_4\text{OH}$
7. Стандартный раствор ЭДТА, 0,05 М
8. Анализируемый раствор: смесь 0,05М растворов  $\text{NiCl}_2$  и  $\text{CaCl}_2$

### Экспериментальная часть

Анализируемый раствор в мерной колбе растворите до метки дистиллированной водой, перемешайте. В стакан для титрования отберите пипеткой 10 мл полученного раствора, прибавьте 40 мл дистиллированной воды и оттитруйте раствором ЭДТА из бюретки при перемешивании, регистрируя показания прибора после прибавления 0,5 мл титранта. Удельная электропроводность раствора до точки эквивалентности (ТЭ) увеличивается, после ТЭ начинается уменьшаться. После достижения максимального значения электропроводности, в ячейку добавьте 20 мл аммиачного буферного раствора и продолжайте титровать. Полученные значения пересчитайте с учетом разбавления (объем раствора изменился после добавления буферного раствора) и постройте кривую титрования в координатах, электропроводность – V(ЭДТА). Первый излом на кривой соответствует оттитрованию ионов  $\text{Ni}^{2+}$ , а второй –  $\text{Ca}^{2+}$ . Пользуясь формулами титриметрического анализа, рассчитайте содержания  $\text{Ni}^{2+}$  (моль/л) и  $\text{Ca}^{2+}$  (моль/л) в исходном растворе:

$$\text{Ni}^{2+}, \text{ моль/л} = \frac{C \cdot V_1}{V_a}$$

$$\text{Ca}^{2+}, \text{ моль/л} = \frac{C(V_2 - V_1)}{V_a}$$

где:  $C$  – концентрация раствора ЭДТА, моль/л;

$V_1$  – объем раствора ЭДТА до точки первого излома, мл;

$V_2$  – объем раствора ЭДТА, пошедший на титрование, суммы  $\text{Ni}^{2+}$   
и  $\text{Ca}^{2+}$ , мл;

$V_a$  – аликвотный объем анализируемого раствора, мл.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Сущность кондуктометрического метода анализа.
2. Что такое удельное сопротивление?
3. Какая зависимость существует между электропроводностью и сопротивлением среды?
4. Какая зависимость существует между удельным сопротивлением и удельной электропроводностью раствора?
5. Удельная и эквивалентная электропроводность.
6. Зависимость удельной и эквивалентной электропроводности от концентрации ионов и их подвижности.
7. Сущность метода прямой кондуктометрии.
8. Условия проведения прямых кондуктометрических определений.
9. Достоинства и недостатки метода прямой кондуктометрии.
10. Реакции, применяемые в методе кондуктометрического титрования; привести примеры.
11. Кондуктометрическое титрование.
12. Достоинства и недостатки метода кондуктометрического титрования.

## ЗАДАЧИ

1. Сопротивление 5%-ого раствора  $K_2SO_4$  в ячейке с электродами площадью  $2,54 \text{ см}^2$  и расстоянием между ними  $0,65 \text{ см}$  равно  $5,61 \text{ Ом}$ . Плотность раствора можно считать равной единице. Определите эквивалентную электропроводность.

2. Удельная электропроводность  $0,0109 \text{ Н}$  раствора  $NH_4OH$  равна  $1,02 \cdot 10^{-4} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ . Определите константу диссоциации  $NH_4OH$ .

3. Сопротивление  $0,1 \text{ Н}$  раствора  $NaCl$  в ячейке с электродами площадью  $1,5 \text{ см}^2$  и расстоянием между ними  $0,75 \text{ см}$  равно  $46,8 \text{ Ом}$ . Определите удельную и эквивалентную электропроводности.

4. Два электрода площадью по  $4 \text{ см}^2$  опущены в  $20 \%$ -ный раствор  $CaCl_2$  на расстоянии  $0,65 \text{ см}$  друг от друга. К ним приложена разность потенциалов, равная  $0,565 \text{ В}$ . Определите силу тока в цепи.

5. При титровании  $100 \text{ мл}$  раствора  $CH_3COOH$   $0,5 \text{ Н}$  раствором  $NaOH$  были получены следующие результаты:

$V_{NaOH}, \text{ мл}$	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	15,0	17,0
$R, \text{ Ом}$	75,0	68,1	62,3	57,0	53,2	50,8	51,5	52,1

Определите нормальность раствора  $CH_3COOH$ .

6. Для определения постоянной ячейки ее заполнили при  $20^{\circ}\text{C}$   $0,1 \text{ М}$  раствором  $KCl$ . Сопротивление стало  $324,2 \text{ Ом}$ . После заполнения ячейки  $0,05 \text{ Н}$  раствором  $H_2SO_4$  оно оказалось  $1305,5 \text{ Ом}$ . Рассчитайте постоянную ячейки.

7. Вычислите эквивалентную электропроводность раствора  $AgIO_3$  при бесконечном разбавлении, если известно значение этой величины для следующих растворов:  $\chi_{\infty}(NaIO_3) = 90,1$ ;  $\chi_{\infty}(CH_3COONa) = 91,0$ ;  $\chi_{\infty}(CH_3COOAg) = 103,0$ .

**8.** Удельная электропроводность этиламина  $C_2H_5NH_3OH$  при разбавлении 1 моль в 16 л равна  $1,312 \cdot 10^{-2} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ . Определите константу ионизации этиламина, если подвижность иона  $C_2H_5NH_3^+$  равна 58,6.

**9.** Сопротивление насыщенного раствора  $AgCl$  в ячейке  $52,50 \pm 0,05 \text{ Ом}$ , а воды в тех же условиях  $112,00 \pm 0,05 \text{ Ом}$ . Температура опыта  $25^\circ\text{C}$ . Вычислите растворимость и произведение растворимости хлорида серебра, если постоянная ячейки  $0,18 \pm 0,02 \text{ см}^{-1}$ .

**10.** Удельная электропроводность серной кислоты, применяемой в технологическом процессе, равна  $4,58 \cdot 10^{-2} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ . Электропроводность имеющейся кислоты равна  $1,8 \cdot 10^{-1} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ . Сколько миллилитров этой кислоты надо добавить к 500 мл воды, чтобы получить кислоту нужной концентрации?

**11.** Электропроводность раствора  $HNO_3$  составляет  $0,02273 \text{ См}$ . Константа ячейки равна  $0,0053 \text{ м}^{-1}$ . Рассчитайте концентрацию раствора азотной кислоты.

**12.** Кондуктометрическое титрование 10 мл  $0,01 \text{ М}$  раствора  $BaCl_2$  проводилось  $0,01 \text{ М}$  стандартным водным раствором  $H_2SO_4$ . Рассчитайте удельную электропроводность раствора: а) перед началом титрования до добавления серной кислоты; б) в точке эквивалентности, и в) после добавления к раствору  $BaCl_2$  вдвое большего по сравнению со стехиометрическим количеством  $H_2SO_4$ . Насколько целесообразно такое титрование?

**13.** Установлено, что для обработки металла лучше всего использовать ванну с серной кислотой, удельная электропроводность которой равна  $0,0517 \text{ См/см}$ . Удельная электропроводность имеющейся серной кислоты равна  $0,18 \text{ См/см}$ . Рассчитайте, сколько килограммов серной кислоты следует добавить к 500 мл воды, чтобы получить требуемый раствор серной кислоты.

**14.**  $PP$  сульфата свинца (II) равна  $2 \cdot 10^{-8}$ . Рассчитайте удельную электропроводность насыщенного раствора  $PbSO_4$ , полагая, что при нейтрализации  $pH$  ионы существуют в виде простых веществ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Основы аналитической химии. В 2 т. Т. 2. Методы химического анализа: Учеб. для вуза / Ю.А. Золотов, Е.Н. Дорохова, В.И. Фееева и др. Под ред. Ю.А. Золотов – М.: Высш. шк., 2002.-351с. : ил.
2. Основы аналитической химии. Задачи и вопросы: Учеб. для вуза / В.И. Фееева, Ю.А. Барбалат, А.В. Гармаш и др.; Под ред. Ю.А. Золотов – М.: Высш. шк., 2002.-412 с. : ил
3. Чельшева С.Ф. Методы химического анализа загрязнений природной среды. Учебн. Пособие. Н.Новгород: НГАСУ, 1999.
4. Харитонов Ю. Я. Аналитическая химия (аналитика). В 2 т. Т. 2. Физико-химические (инструментальные) методы анализа. Учеб. для вузов / Ю. Я. Харитонов – М.: Высш. шк., 2001.-615с. : ил.

Васина Янина Александровна  
Смельцова Ирина Леонидовна

Кондуктометрия. Кондуктометрическое титрование. Методические указания к выполнению лабораторных работ по химии для студентов направлений 022000.62 Экология и природопользование, 280700.62 Техносферная безопасность. Н.Новгород: Издание ННГАСУ, 2012.

Подписано к печати.

Бумага газетная. Печать трафаретная.

Формат 60x90/16, Усл. печ. л

Уч. изд. л . Тираж 200 экз. Заказ

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет,

603600, Н.Новгород, Ильинская, 65.

Полиграфический центр ННГАСУ, 603600, Н.Новгород, Ильинская, 65.