

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Кафедра электронной техники и технологии

Отчет по лабораторной работе № 1  
«КИНЕТИКА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ.  
ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ»

Выполнил(а):

студент(ка) \_\_\_\_\_ курса

группы № \_\_\_\_\_

ФИО \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Проверил(а):

доцент кафедры ЭТТ

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

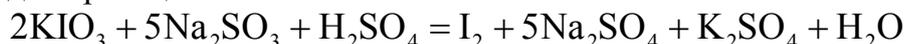
**Цель работы:** изучить влияние различных факторов на скорость и равновесие физико-химических процессов.

## Экспериментальная часть

### 1. Зависимость скорости реакции от концентрации реагирующих веществ

#### 1.1. Ход и данные опыта

Для наблюдения зависимости скорости реакции от концентрации реагирующих веществ проведена реакция:



Начало реакции – момент сливания растворов реагентов. Время реакции ( $\tau$ ) устанавливалось по секундомеру в момент выделения свободного иода (появление синей окраски), относительная скорость реакции определяется как  $1/\tau$ . Реакция проводилась при постоянной температуре (комнатной), постоянной концентрации йодата калия  $\text{KIO}_3$  (раствор А) и переменной концентрации сульфита натрия  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  (табл. 1).

Таблица 1

Номер стакана	Объём, мл		Относительная конц. раствора Б, моль экв/л (н.)	Время $\tau$ , с	Относительная скорость реакции $\upsilon = 1/\tau$ , с <sup>-1</sup>
	Раствор Б	Дистил. вода			
1	10	0	0,02		
2	10	5	0,0133		
3	10	10	0,01		
4	10	15	0,008		
5	10	20	0,0066		

#### 1.2. Анализ результатов опыта

**1.2.1.** Используя данные таблицы, начертите график зависимости скорости реакции от концентрации реагирующих веществ, откладывая по оси абсцисс относительную концентрацию раствора сульфита натрия, по оси ординат – относительную скорость реакции (рис. 1).

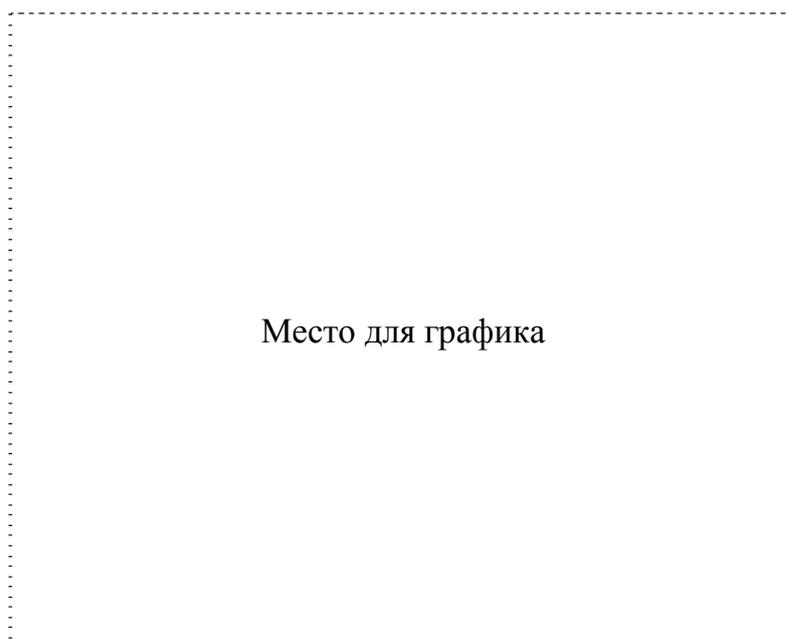


Рис. 1 – Зависимость скорости реакции от концентрации реагирующих веществ

1.2.2. Объясните, почему при повышении концентрации сульфита натрия изменяется (увеличивается или уменьшается) скорость исследуемой реакции. С чем это связано?

---

---

---

---

---

---

---

---

1.2.3. Какой кинетический закон устанавливает зависимость скорости реакции от концентрации реагирующих веществ? Запишите его выражение для исследуемой реакции.

---

---

---

---

1.2.4. Сделайте общий вывод о влиянии концентрации на скорость реакции.

Установлена зависимость

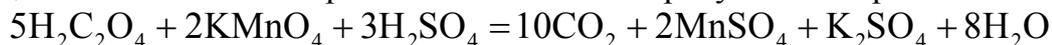
Показано, что

Результаты опыта согласуются

## 2. Зависимость скорости реакции от температуры

### 2.1. Ход и данные опыта

Для изучения зависимости скорости реакции от температуры проведена реакция окисления щавелевой кислоты перманганатом калия в присутствии серной кислоты:



Время реакции ( $\tau$ ) устанавливалось по секундомеру в момент изменения окраски (\_\_\_\_\_). Относительная скорость реакции определялась как  $1/\tau$ . Реакция проводилась при постоянной концентрации реагирующих веществ и переменной температуре (табл. 2).

Таблица 2

Номер опыта	Температура $t, \text{C}$	Время от начала реакции до конца, $\tau, \text{c}$	Относительная скорость реакции $\nu = 1/\tau, \text{c}^{-1}$
1	30		
2	40		
3	50		
4	60		

## 2.2. Анализ результатов опыта

2.2.1. Рассчитайте температурный коэффициент в интервалах:  $30 - 40\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $v_{40^{\circ}\text{C}}/v_{30^{\circ}\text{C}}$ ),  $40 - 50\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $v_{50^{\circ}\text{C}}/v_{40^{\circ}\text{C}}$ ),  $50 - 60\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $v_{60^{\circ}\text{C}}/v_{50^{\circ}\text{C}}$ ), вычислите его *среднее* значение ( $\gamma_{\text{ср}}$ ).  
 $v_{40^{\circ}\text{C}}/v_{30^{\circ}\text{C}} =$  \_\_\_\_\_;  $v_{50^{\circ}\text{C}}/v_{40^{\circ}\text{C}} =$  \_\_\_\_\_;  
 $v_{60^{\circ}\text{C}}/v_{50^{\circ}\text{C}} =$  \_\_\_\_\_;  $\gamma_{\text{ср}} =$  \_\_\_\_\_.

Выполняется ли для исследуемой реакции правило Вант-Гоффа?

От каких факторов зависит численное значение  $\gamma$ ?

2.2.2. Постройте график зависимости скорости реакции от температуры, отложив по оси абсцисс температуру, по оси ординат – относительную скорость (рис.2).

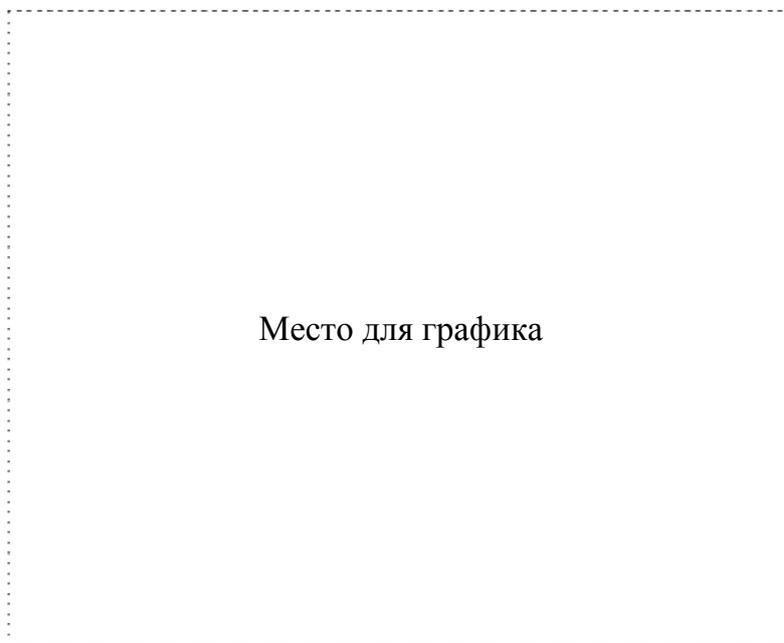


Рис. 2 – Зависимость скорости реакции от температуры

Какой вид имеет полученная зависимость?

2.2.3. Объясните, почему при увеличении температуры увеличивается скорость исследуемой реакции. Как это связано с изменением числа активных частиц? Из какого теоретического положения это следует? Запишите его математическое выражение.

**2.2.4.** Сделайте общий вывод о влиянии температуры на скорость реакции.

Установлена зависимость

---

---

Показано, что

---

---

Результаты опыта согласуются

---

---

### **3. Зависимость скорости гетерогенной реакции от величины поверхности реагирующих веществ**

#### **3.1. Ход и данные опыта**

В две пробирки поместили одинаковое количество мела и мрамора. Добавили одинаковые объемы 10 %-ного раствора соляной кислоты. Наблюдали выделение газа в обеих пробирках. Отмечено, что в пробирке с \_\_\_\_\_ выделение газа закончится раньше, чем в пробирке с \_\_\_\_\_.

#### **3.2. Анализ результатов опыта**

**3.2.1.** Напишите *уравнения* реакций взаимодействия мела и мрамора с соляной кислотой, учитывая, что мел и мрамор имеют одинаковую химическую формулу  $\text{CaCO}_3$ . Запишите выражение закона действия масс для *каждой* реакции.

---

---

---

---

**3.2.2.** Объясните различие скоростей реакций. Какой фактор в данном случае влияет на увеличение скорости реакции? Каким образом? Дайте обоснованное заключение на основании теоретического материала.

---

---

---

---

---

---

---

---

**3.2.3.** Сделайте общий вывод о влиянии величины поверхности реагирующих веществ на скорость реакции.

Установлена зависимость

---

---

Показано, что

---

---

Результаты опыта согласуются

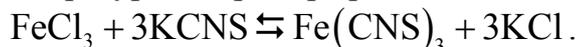
---

---

#### 4. Влияние концентрации реагирующих веществ на состояние равновесия

##### 4.1. Ход и данные опыта

Влияние концентрации реагирующих веществ на химическое равновесие исследовалось при постоянной температуре на примере реакции взаимодействия:



Красное окрашивание роданида железа  $\text{Fe}(\text{CNS})_3$  позволяет следить за сдвигом химического равновесия при изменении концентрации реагирующих веществ. Изменение интенсивности окраски полученных растворов по сравнению с цветом раствора в контрольной пробирке вследствие добавления определенного реагента ( $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{KCNS}$ ,  $\text{KCl}$ ) отмечено в табл. 3.

Таблица 3

Номер пробирки	Добавленное вещество	Изменение интенсивности окраски (ослабление, усиление)	Направление смещения равновесия ( $\rightarrow$ , $\leftarrow$ , $\rightleftharpoons$ )
1	$\text{FeCl}_3$		
2	$\text{KCNS}$		
3	$\text{KCl}$		
4	Контрольная		

##### 4.2. Анализ результатов опыта

4.2.1. Выразите кинетическое условие равновесия исследуемой реакции.

4.2.2. Запишите ЗДМ для прямой и обратной реакции.

ЗДМ для прямой реакции: \_\_\_\_\_

ЗДМ для обратной реакции: \_\_\_\_\_

Используя ЗДМ, объясните, как изменится скорость, и какой реакции (прямой или обратной), при каждом указанном (табл. 3) изменении концентрации веществ. К чему это приводит? В каком направлении смещается равновесие в каждом случае?

При добавлении  $\text{FeCl}_3$  \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

При добавлении  $\text{KCNS}$  \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

При добавлении  $\text{KCl}$  \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4.2.3. Подтверждает ли установленное в ходе опыта изменение скоростей реакций и смещение равновесия принцип Ле Шателье?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4.2.4. Запишите выражение константы равновесия ( $K_c$ ) для данной равновесной системы.

---

---

Зависит ли численное значение константы равновесия от концентрации реагирующих веществ?

---

---

4.2.5. Сделайте общий вывод о влиянии концентрации реагирующих веществ на состояние равновесия.

Установлено влияние

---

---

Показано, что

---

---

Результаты опыта согласуются

---

---

## 5. Влияние температуры на состояние равновесия

### 5.1. Ход и данные опыта

Реакцию взаимодействия йода с крахмалом можно представить в виде:



Изменение интенсивности синего окрашивания йодокрахмала позволяет следить за сдвигом химического равновесия при изменении температуры. При нагревании данной равновесной системы наблюдали \_\_\_\_\_, при дальнейшем охлаждении – \_\_\_\_\_.

### 5.2. Анализ результатов опыта

5.2.1. Почему при повышении температуры в большей степени (*результат опыта*) увеличивается скорость обратной реакции? Объясните, как это связано с энергией активации и тепловым эффектом реакции. В каком направлении смещается равновесие?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

5.2.2. Подтверждает ли установленное в ходе опыта изменение скоростей реакций и смещение равновесия принцип Ле Шателье?

---

---





Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Кафедра электронной техники и технологии

Отчет по лабораторной работе № 2  
«ЭЛЕКТРОЛИТЫ. РЕАКЦИИ В РАСТВОРАХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ»

Выполнил(а):

студент(ка) \_\_\_\_\_ курса

группы № \_\_\_\_\_

ФИО \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Проверил(а):

доцент кафедры ЭТТ

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Минск 202\_\_

**Цель работы:** изучить влияние различных факторов на степень диссоциации электролитов и характер гидролиза солей.

### Экспериментальная часть

#### 1. Сильные и слабые электролиты. Зависимость степени диссоциации от природы электролита

##### 1.1. Ход и данные опыта

В данном опыте через исследуемые растворы согласно методическим указаниям пропускали электрический ток. Наблюдали за яркостью свечения лампочки (табл. 1).

Таблица 1

Исследуемый раствор	Яркость свечения лампочки	неэлектролит / электролит (слабый / сильный)
Дистиллированная вода		
1 М сахар		
1 М КОН		
1 М NaNO <sub>3</sub>		
1 М CH <sub>3</sub> COOH		
1 М NH <sub>4</sub> OH		
CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub>		

Напишите уравнение реакции получения *ацетата аммония*:



##### 1.2. Анализ результатов опыта

1.2.1. По яркости свечения электрической лампочки определили, к каким по электропроводности растворам (*неэлектролит / электролит; сильный электролит / слабый электролит*) они относятся (*ответ занесите в табл. 1*).

Какая величина характеризует силу электролитов и от чего она зависит?

---

---

---

---

---

1.2.2. Запишите уравнения диссоциации исследуемых веществ, а для *слабых электролитов* также выражения и значения констант диссоциации.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

1.2.3. Сделайте общий вывод о зависимости степени диссоциации от природы электролита.

Установлена зависимость

---

---

Показано, что

---

---

Результаты опыта согласуются

---

---

## 2. Смещение равновесия диссоциации слабого электролита

### 2.1. Влияние разбавления раствора на степень электролитической диссоциации

#### 2.1.1. Ход и данные опыта

В данном опыте через растворы уксусной кислоты  $\text{CH}_3\text{COOH}$  различных концентраций (концентрированный, 1 М и 0,1 М) пропускали электрический ток. Наблюдали за яркостью свечения лампочки (табл. 2).

Таблица 2

<i>Исследуемый раствор</i>	<i>Яркость свечения лампочки</i>
Концентрированная $\text{CH}_3\text{COOH}$	
1 М $\text{CH}_3\text{COOH}$	
0,1 М $\text{CH}_3\text{COOH}$	

Напишите уравнение диссоциации:  $\text{CH}_3\text{COOH}$

---

#### 2.1.2. Анализ результатов опыта

1. Чем объясняется усиление свечения лампочки при разбавлении раствора? В какую сторону сместилось равновесие диссоциации уксусной кислоты и *почему*?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

2. Запишите, исходя из закона разбавления Оствальда, выражение, связывающее степень диссоциации и концентрацию раствора.

---

---

3. Сделайте вывод о зависимости степени диссоциации слабого электролита от разбавления раствора.

Установлено влияние

---

---

Показано, что

---

---

Результаты опыта согласуются

---

---

## 2.2. Влияние введения одноименных ионов на степень диссоциации слабых электролитов

### 2.2.1. Ход и данные опыта 1 пункта 2.2

В две пробирки налили раствор гидроксида аммония и добавили каплю раствора фенолфталеина. Раствор в пробирках окрасился в \_\_\_\_\_ цвет. В одну из пробирок добавляли небольшое количество хлорида аммония. Окраска полученного раствора \_\_\_\_\_ по сравнению с цветом раствора в контрольной пробирке.

### 2.2.2. Анализ результатов опыта 1 пункта 2.2

1. Запишите уравнения диссоциации  $\text{NH}_4\text{OH}$  и  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .

$\text{NH}_4\text{OH}$  \_\_\_\_\_

$\text{NH}_4\text{Cl}$  \_\_\_\_\_

Как смещается равновесие диссоциации раствора гидроксида аммония при добавлении к нему хлорида аммония? Как меняются при этом концентрация ионов  $\text{OH}^-$  в растворе и степень диссоциации гидроксида аммония? Как изменяется (увеличивается или уменьшается) pH раствора гидроксида аммония? *Ответ поясните.*

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

2. Повлияет ли и как на степень диссоциации гидроксида аммония добавление к раствору гидроксида натрия? Ответ поясните.

*Запишем уравнения диссоциации:*

$\text{NH}_4\text{OH}$  \_\_\_\_\_

$\text{NaOH}$  \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### 2.2.3. Ход и данные опыта 2 пункта 2.2

В две пробирки налили раствор уксусной кислоты и добавили каплю раствора метилоранжа. Раствор в пробирках окрасился в \_\_\_\_\_ цвет. В одну из пробирок добавляли небольшое количество ацетата натрия. Окраска полученного раствора \_\_\_\_\_ по сравнению с цветом раствора в контрольной пробирке.

### 2.2.4. Анализ результатов опыта 2 пункта 2.2

1. Запишите уравнения диссоциации  $\text{CH}_3\text{COOH}$  и  $\text{CH}_3\text{COONa}$ .

$\text{CH}_3\text{COOH}$  \_\_\_\_\_

$\text{CH}_3\text{COONa}$  \_\_\_\_\_

Как смещается равновесие диссоциации раствора уксусной кислоты при добавлении к ней ацетата натрия? Как меняются при этом концентрация ионов  $\text{H}^+$  в растворе и степень диссоциации уксусной кислоты? Как изменяется (*увеличивается или уменьшается*) рН раствора уксусной кислоты? *Ответ поясните.*

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

2. Повлияет ли и как на степень диссоциации уксусной кислоты добавление к раствору соляной кислоты? Ответ поясните.

*Запишем уравнения диссоциации:*

$\text{CH}_3\text{COOH}$  \_\_\_\_\_

$\text{HCl}$  \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

---

---

---

3. Сделайте общий вывод о влиянии введения одноименных ионов на степень диссоциации слабого электролита.

*Установлено влияние* \_\_\_\_\_

*Показано, что* \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

*Результаты опыта согласуются* \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### 3. Гидролиз солей. Образование кислых и основных солей при ступенчатом гидролизе

#### 3.1. Реакция среды растворов солей

##### 3.1.1. Ход и данные опыта

В три пробирки с дистиллированной водой добавили несколько капель лакмуса. Одну из пробирок оставили в качестве контрольной, а в остальные добавили небольшое количество солей хлорида натрия  $\text{NaCl}$  и хлорида меди  $\text{CuCl}_2$ . Наблюдали за изменением окраски индикатора после добавления соли (табл. 3).

Таблица 3

Соль	Изменение окраски индикатора после добавлении соли
$\text{NaCl}$	
$\text{CuCl}_2$	

##### 3.1.2. Анализ результатов опыта

1. Объясните, почему не изменилась окраска раствора лакмуса при растворении соли  $\text{NaCl}$ .

---

---

---

---

2. Напишите ионно-молекулярное и молекулярное уравнения реакции гидролиза соли  $\text{CuCl}_2$ , укажите pH.

---

---

---

---

---

Подтверждается ли вывод о характере среды экспериментом?

---

---

3. Объясните, какие ионы обусловили изменение цвета лакмуса в растворе  $\text{CuCl}_2$ . В результате какого процесса появились эти ионы?

---

---

---

Поясните, почему хлорид меди подвергается ступенчатому гидролизу.

---

---

---

Преимущественно по какой ступени протекает гидролиз хлорид меди?

---

---

4. Сделайте общий вывод, при гидролизе каких солей образуются *основные* соли.

---

---

---

5. Как избежать гидролиза соли  $\text{CuCl}_2$  при приготовлении водного раствора? Ответ поясните на основании принципа смещения равновесия гидролиза, указав *все* факторы.

---

---

---

---

---

### 3.2. Гидролиз карбоната натрия

#### 3.2.1. Ход и данные опыта

В пробирку с дистиллированной водой добавили несколько капель лакмуса и небольшое количество карбоната натрия  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . При растворении соли пузырьки газа \_\_\_\_\_ (выделялись / не выделялись). Раствор в пробирке окрасился в \_\_\_\_\_ цвет.

#### 3.2.2. Анализ результатов опыта

1. Напишите ионно-молекулярное и молекулярное уравнения реакции гидролиза соли  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  с учетом наблюдений в эксперименте, укажите pH.

---

---

---

---

---

Подтверждается ли вывод о характере среды экспериментом?

---

---

2. Объясните, какие ионы обусловили изменение цвета лакмуса в растворе  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . В результате какого процесса появились эти ионы?

---

---

---

Поясните, почему карбонат натрия подвергается ступенчатому гидролизу.

---

---

---

На что указывает отсутствие выделения диоксида углерода при растворении соли?

---

---

---

3. Сделайте общий вывод, при гидролизе каких солей образуются *кислые* соли.

---

---

---

4. Как избежать гидролиза соли  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  при приготовлении водного раствора? Ответ поясните на основании принципа смещения равновесия гидролиза, указав *все* факторы.

---

---

---

---

---

#### **4. Влияние температуры на степень гидролиза солей**

##### **4.1. Ход и данные опыта**

В пробирку с дистиллированной водой добавили небольшое количество  $\text{CH}_3\text{COONa}$  и несколько капель фенолфталеина. Раствор в пробирке окрасился в \_\_\_\_\_ цвет. Затем половину объема полученного раствора нагрели. При нагревании наблюдали \_\_\_\_\_ окраски по сравнению с контрольной пробиркой.

##### **4.2. Анализ результатов опыта**

1. Напишите ионно-молекулярное и молекулярное уравнения реакции гидролиза соли  $\text{CH}_3\text{COONa}$ , укажите pH.

---

---

---

---

---

Подтверждается ли вывод о характере среды экспериментом?

---

---

2. Сделайте вывод об изменении концентрации ионов  $\text{OH}^-$  в растворе при нагревании на основании изменения окраски индикатора.

---

---

В каком направлении сместилось равновесие процесса гидролиза? Укажите причину увеличения степени гидролиза соли с повышением температуры раствора.

---

---

---

---

---

---

## Ответы на контрольные вопросы

1. Массовая доля серной кислоты в растворе равна 34 %, плотность раствора – 1,25 г/см<sup>3</sup>. Вычислите молярную концентрацию раствора серной кислоты.

*Решение.*

---

---

---

---

---

---

---

2. Напишите уравнения диссоциации электролитов и на основании расчетов *объясните* различие в значениях pH 0,1 М растворов: HNO<sub>3</sub> и HNO<sub>2</sub>, NaOH и NH<sub>4</sub>OH.

*Решение.*

*Азотная кислота* \_\_\_\_\_

---

---

---

---

*Азотистая кислота* \_\_\_\_\_

---

---

---

---

*Гидроксид натрия* \_\_\_\_\_

---

---

---

---

*Гидроксид аммония* \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

---

---

---



Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Кафедра электронной техники и технологии

Отчет по лабораторной работе № 3  
«ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ЯВЛЕНИЯ»

Выполнил(а):  
студент(ка) \_\_\_\_\_ курса  
группы № \_\_\_\_\_  
ФИО \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Проверил(а):  
доцент кафедры ЭТТ  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



## 1.2. Анализ результатов опыта

1. Объясните, почему из двух теоретически возможных реакций цинка с раствором  $\text{FeCl}_3$ , в эксперименте протекала одна реакция. Как это согласуется с условием самопроизвольного протекания ОВР в водных растворах электролитов? Запишите соответствующие уравнения реакций.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

2. Согласуются ли полученные результаты с вашим прогнозом возможного протекания реакций и теоретическими положениями?

---

---

3. Не проводя эксперимента, запишите уравнение реакции алюминия с раствором сульфата меди (II) в молекулярной и ионной формах, указав окислитель и восстановитель (сравнив  $\varphi^0_{\text{окислителя}}$  и  $\varphi^0_{\text{восстановителя}}$ ), процессы окисления и восстановления.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Объясните, почему в соответствии с условием самопроизвольного протекания ОВР в водных растворах электролитов данная реакция возможна, а на практике не протекает. Как это связано с явлением пассивации? Укажите влияние пассивирующих (оксидных) слоев на поверхности активных металлов на характер протекания ОВР.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

4. Сделайте вывод о химической активности металлов в водных растворах электролитов.

Установлена

---

---

Показано, что

---

---

## 2. Определение стандартной ЭДС химического гальванического элемента

### 2.1. Ход и данные опыта

Для выполнения опыта собрали медно-цинковый гальванический элемент. Значение ЭДС измерили с помощью измерительного прибора.

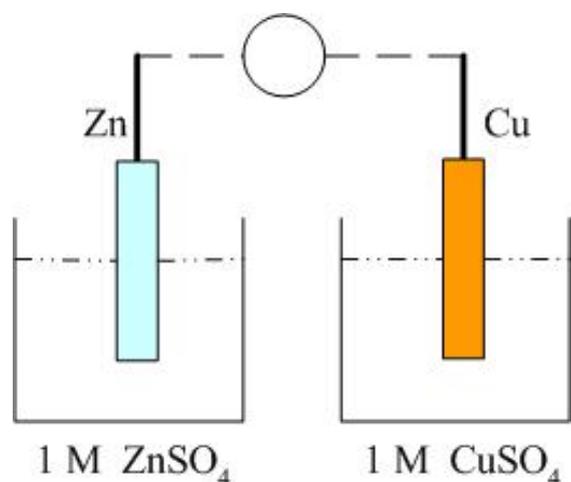


Рисунок – Схематическое изображение стандартного медно-цинкового химического гальванического элемента

Дополните изображение недостающей деталью и покажите направление движения электронов во внешней цепи и ионов во внутренней.

Измеренное значение ЭДС:  $E_{\text{практ}} = \underline{\hspace{2cm}}$  В

### 2.2. Анализ результатов опыта

1. Составьте электрохимическую схему исследованного гальванического элемента в молекулярной и ионной формах, уравнения анодно-катодных процессов и суммарное уравнение токообразующей реакции. Как называется данный элемент?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Используя справочные данные, рассчитайте значение стандартной ЭДС и сравните с экспериментальным.

---

---

---

---

Какая поляризация имеет место в данном элементе? *Дайте обоснованный ответ.*

---

---

---

---

---

---

---

---

Рассчитайте изменение свободной энергии Гиббса ( $\Delta G$ ) и полезную работу ( $A$ ).

---

---

---

---

2. Не проводя эксперимента, рассчитайте значения ЭДС исследуемого элемента при концентрациях растворов:

а)  $0,001$  моль/л  $ZnSO_4$  и  $1$  моль/л  $CuSO_4$ :

---

---

---

---

---

---

---

---

б)  $1$  моль/л  $ZnSO_4$  и  $0,001$  моль/л  $CuSO_4$ :

---

---

---

---

---

---

---

---

*Сравните* полученные значения ЭДС с величиной стандартной ЭДС и *сделайте вывод* о влиянии концентраций потенциалопределяющих ионов на величины электродных потенциалов и значения ЭДС.

---

---

---

---

---

3. Как изменятся процессы, если Zn- и Cu-электроды (*оба*) поместить в один и тот же раствор серной кислоты  $H_2SO_4$ ? Ответ обоснуйте приведением электрохимической схемы гальванического элемента. Запишите уравнения анодно-катодных процессов и суммарное уравнение токообразующей реакции. *Как называется такой элемент?*

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Объясните, почему с течением времени в таком элементе значение ЭДС уменьшается? Какие виды поляризации имеют место в данном элементе и на каком электроде элемента какая?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Какими способами можно уменьшить поляризацию и увеличить численное значение ЭДС?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

4. Сделайте обобщающий вывод, от каких факторов зависит численное значение ЭДС химических гальванических элементов.

Определена

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Показано, что

### 3. Электролиз растворов солей на инертных электродах

#### Ход и данные опыта

В опыте исследовали реакции, протекающие на *графитовых* электродах при прохождении постоянного тока через растворы солей  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KI}$ . При выполнении работы использовали электролизер (U-образная стеклянная трубка, закрепленная в штативе), графитовые электроды, выпрямитель тока и 0,5 М растворы солей  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KI}$ .

#### 3.1. Электролиз сульфата меди

##### 3.1.1. Данные опыта

Пропускали ток через раствор  $\text{CuSO}_4$ . Наблюдали за *процессами на электродах*. Выключили выпрямитель и достали электроды из электролизера. Промыли электроды водой. В анодное пространство электролизера опустили полоску индикаторной бумаги и по цветовой эталонной шкале *определили значение pH* раствора.

Перед выполнением эксперимента составили схему электролиза  $\text{CuSO}_4$ .



---

---

---

---

---

---

---

---

##### 3.1.2. Анализ результатов опыта

1. Опишите результаты наблюдений.

К: \_\_\_\_\_

А: \_\_\_\_\_

2. Объясните появление розового налета на поверхности *катода*.

---

---

---

3. Какой газ выделился на *аноде*?

Окисляются ли кислородсодержащие ионы  $\text{SO}_4^{2-}$  на аноде при данном напряжении?

---

---

Увеличение концентрации каких ионов в результате реакции у анода обусловило изменение *pH* раствора?

---

---

### 3.2. Электролиз хлорида натрия

#### 3.2.1. Данные опыта

Пропускали ток через раствор NaCl. Наблюдали за процессами на электродах. Выключили выпрямитель и достали электроды. Промыли электроды водой. В катодное пространство добавили несколько капель фенолфталеина, в анодное – вначале раствор KI, а затем – крахмал. Наблюдали, как изменилась окраска растворов в обоих случаях.

Перед выполнением эксперимента составили схему электролиза NaCl.



---

---

---

---

---

---

---

---

#### 3.2.2. Анализ результатов опыта

1. Опишите результаты наблюдений.

К: \_\_\_\_\_

---

---

А: \_\_\_\_\_

---

---

2. Какой газ выделился на *катоде*?

Почему на катоде *не выделился* металлический натрий?

---

---

---

Увеличение концентрации каких ионов в результате реакции у катода обусловило изменение окраски фенолфталеина в малиновый цвет?

---

---

---

Как изменится при этом значение *pH* электролита?

---

---

---

---

3. Какие ионы окислились на *аноде* и почему?

---

---

---

Объясните, почему раствор в анодном пространстве окрасился в синий цвет.

---

---

---

---

Запишите уравнение качественной реакции на молекулярный хлор.

---

### 3.3. Электролиз иодида калия

#### 3.3.1. Данные опыта

Пропускали ток через раствор  $KI$ . Наблюдали за процессами на электродах. Выключили выпрямитель и достали электроды из электролизера. Промыли электроды водой. В катодное пространство добавили несколько капель фенолфталеина, в анодное – раствор крахмала. Наблюдали, как изменилась окраска растворов в обоих случаях.

Перед выполнением эксперимента составили схему электролиза  $KI$ .



---

---

---

---

---

---

---

---

#### 3.3.2. Анализ результатов опыта

1. Опишите результаты наблюдений.

К: \_\_\_\_\_

---

А: \_\_\_\_\_

---

2. Какой газ выделился на *катоде*?

Почему на катоде *не выделился* металлический калий?

---

---

---







Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Кафедра электронной техники и технологии

Отчет по лабораторной работе № 4  
«ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ КОРРОЗИЯ МЕТАЛЛОВ  
И МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОТ КОРРОЗИИ»

Выполнил(а):  
студент(ка) \_\_\_\_\_ курса  
группы № \_\_\_\_\_  
ФИО \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Проверил(а):  
доцент кафедры ЭТТ  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Минск 202\_\_

**Цель работы:** на конкретных примерах ознакомиться с основными видами электрохимической коррозии и методами защиты металлов от коррозии.

### Экспериментальная часть

#### ***1. Коррозия, возникающая при контакте двух металлов, различных по природе***

##### **1.1. Ход и данные опыта**

В стеклянную трубку, согнутую под углом, поместили гранулу цинка и добавили 1–2 мл 0,01 н. раствора  $H_2SO_4$ . *Наблюдаем, что происходит на цинковой грануле.*

Медную проволоку опустили в этот же раствор таким образом, чтобы она не касалась гранулы цинка. *Проводим наблюдение.*

Затем прикоснулись медной проволокой к грануле цинка. *Проводим наблюдение. На каком металле выделяются пузырьки газа?* Достали медную проволоку из раствора и убедились, что интенсивность выделения газа уменьшилась.

##### **1.2. Анализ результатов опыта**

1. Опишите результаты наблюдений.

1.1. \_\_\_\_\_

1.2. \_\_\_\_\_

1.3. \_\_\_\_\_

2. Запишите уравнение окислительно-восстановительной реакции (ОВР) взаимодействия цинка с серной кислотой, указав окислитель и восстановитель.

\_\_\_\_\_

3. Почему при погружении меди в кислоту (без контакта с цинком) не наблюдаются признаки реакции? Ответ поясните, используя таблицу стандартных электродных потенциалов металлов.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4. Почему при контакте цинка и меди интенсивность выделения пузырьков газа на меди значительно больше? Какова роль меди, в присутствии которой газ выделяется интенсивнее?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5. Составьте электрохимическую схему короткозамкнутого гальванического элемента (*типа Вольта*). Запишите уравнения анодно-катодных процессов и суммарное уравнение электрохимической реакции.

---

---

---

---

---

---

---

---

Определите значение pH *0,01 н.* раствора  $H_2SO_4$  (используемого в опыте) и рассчитайте ЭДС коррозионной пары.

---

---

---

---

---

---

---

---

6. Ответьте, исходя из результатов наблюдений, с какой деполяризацией (водородной или кислородной) протекает коррозия цинка.

---

---

---

---

---

---

---

---

Возможна ли в аналогичных условиях коррозия меди? Ответ обоснуйте.

---

---

---

---

---

---

---

---

## ***2. Коррозия, возникающая при образовании микрогальванопар***

### **2.1. Ход и данные опыта**

Поместили в пробирку гранулу цинка, добавили 2–3 мл *0,01 н.* раствора  $H_2SO_4$  и затем несколько капель раствора сульфата меди  $CuSO_4$ . *Наблюдаем за изменением поверхности гранулы цинка и интенсивности окраски раствора сульфата меди.*

### **2.2. Анализ результатов опыта**

1. Опишите результаты наблюдений.

---

---

---

---

2. Что появилось на поверхности цинка в присутствии  $CuSO_4$ ?

---

---

Запишите уравнения ОВР взаимодействия цинка с  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и цинка с  $\text{CuSO}_4$  в молекулярной и краткой ионной формах, указав окислитель и восстановитель, и сравните окислительные свойства ионов  $\text{H}^+$  (при рассчитанном в опыте 1 значении  $\text{pH}$ ) и  $\text{Cu}^{2+}$  (при ст. усл.).



Объясните в соответствии с условием самопроизвольного протекания ОВР в водных растворах электролитов, почему реакция взаимодействия цинка и  $\text{CuSO}_4$  предпочтительней, чем цинка и  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

---

---

---

3. Составьте электрохимическую схему *микрোগальванических* элементов, образующихся при восстановлении меди из раствора  $\text{CuSO}_4$  на грануле цинка в присутствии  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , и уравнения анодно-катодных процессов коррозии.

---

---

---

---

---

---

---

---

Какой металл подвергается коррозии?

---

С какой деполяризацией протекает коррозия?

---

4. В каких случаях имеет место коррозия при образовании микрোগальванопар?

---

---

---

---

### 3. Активирующее действие ионов $Cl^-$ на процессы коррозии

#### 3.1. Ход и данные опыта

В две пробирки налили по 2–3 мл 0,01 н. раствора  $CuSO_4$ , подкисленного разбавленным раствором  $H_2SO_4$ . В каждую из пробирок поместили по кусочку  $Al$ . *Проводим наблюдение.* В одну из пробирок добавили несколько капель раствора  $NaCl$ . *Наблюдаем за изменением поверхности алюминия и интенсивности окраски раствора сульфата меди.* После добавления раствора  $NaCl$  пузырьки газа \_\_\_\_\_ (выделялись / не выделялись).

#### 3.2. Анализ результатов опыта

1. Опишите результаты наблюдений.

1.1. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

1.2. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2. Почему отсутствуют признаки реакции в растворе без  $NaCl$ ?

\_\_\_\_\_

3. Объясните изменение поверхности алюминия. С чем это связано?

\_\_\_\_\_

Запишите уравнение ОВР взаимодействия алюминия с  $CuSO_4$  в молекулярной и краткой ионной формах, указав окислитель и восстановитель.

$Al + CuSO_4$  \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Объясните интенсивное выделение пузырьков газа во второй пробирке с  $NaCl$ . Как это связано с ионами  $Cl^-$ ?

\_\_\_\_\_

4. Составьте электрохимическую схему *микрোগальванических* элементов, образующихся при восстановлении меди из раствора  $CuSO_4$  на грануле алюминия в присутствии  $H_2SO_4$ , и уравнения анодно-катодных процессов коррозии.

\_\_\_\_\_

Какой металл подвергается коррозии?

\_\_\_\_\_

С какой деполяризацией протекает коррозия?

\_\_\_\_\_

## 4. Анодные и катодные защитные покрытия

### 4.1. Ход и данные опыта

В два химических стакана налили 5–7 мл 3 %-ного раствора NaCl, добавили в каждый из них по несколько капель раствора  $K_3[Fe(CN)_6]$  (индикатора на ионы  $Fe^{2+}$ ). Опустили в один стакан кусочек *оцинкованного железа (покрытого цинком)*, а в другой – *луженого (покрытого оловом)*. На поверхности металлов *нанесены* глубокие царапины. *Наблюдаем за изменениями в местах царапин поверхности металлов.*

### 4.2. Анализ результатов опыта

1. Опишите результаты наблюдений.

1.1.

---

1.2.

---

---

---

2. Объясните, почему не появилась синяя окраска в растворе с *оцинкованным железом*. Ионы какого металла переходят в раствор в данном случае и почему?

---

---

---

---

Запишите электрохимическую схему образующегося коррозионного *макрогальванического* элемента (*оцинкованное железо*), уравнения анодно-катодных процессов коррозии, уравнение вторичной реакции, суммарное уравнение коррозии.

---

---

---

---

---

---

---

Установите вид покрытия для *железа*, покрытого цинком.

---

---

3. Объясните появление синей окраски в растворе с *луженым железом*.

---

---

---

---

---

Запишите электрохимическую схему образующегося коррозионного *макрогальванического* элемента (*луженое железо*), уравнения анодно-катодных процессов коррозии, уравнение вторичной реакции, суммарное уравнение коррозии.

---

---

---

---

---

---

---

---

Установите вид покрытия для *железа*, покрытого оловом.

---

---

Какое влияние оказывает природа вторичных продуктов на скорость коррозии?

---

---

---

4. Сделайте вывод о надежности защитных покрытий.

---

---

---

---

---

---

---

---

## 5. Протекторная защита

### 5.1. Ход и данные опыта

В опыте исследуется коррозионная устойчивость свинца (*технический материал, т.е. металл химически неоднородный, содержащий примеси*) на примере поведения его в разбавленном растворе уксусной кислоты, и эффективность протекторной защиты.

Для *изучения коррозионной устойчивости свинца* в химический стакан налили 5–10 мл разбавленного раствора (0,2–0,4 н)  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , добавили 4–5 капель раствора KI (индикатора на ионы  $\text{Pb}^{2+}$ ) и опустили гранулу свинца. *Проводим наблюдение. Что происходит с окраской раствора? Обращаем внимание на отсутствие выделения пузырьков газа.*

Для *оценки эффективности протекторной защиты* повторяем опыт, но в стакан поместили гранулы цинка и свинца так, чтобы они имели хороший контакт. *Проводим наблюдение.*

### 5.2. Анализ результатов опыта

1. Опишите результаты наблюдений.

1.1. 

---

---

1.2. 

---

---

---

---

2. Объясните образование золотистой окраски раствора ( $PbI_2$ ) в первом случае.

---

---

---

Исходя из результатов наблюдений и учитывая возможность коррозии свинца, составьте электрохимическую схему коррозионного *микрोगальванического* элемента. Запишите уравнения анодно-катодных процессов и суммарное уравнение электрохимической реакции.

---

---

---

---

---

С какой деполяризацией (водородной или кислородной) протекает коррозия свинца?

---

3. Почему в растворе с парой «цинк – свинец» желтое окрашивание не появляется (проявляется очень слабо)? Какой металл является протектором и почему?

---

---

---

Составьте электрохимическую схему образующегося коррозионного *макрोगальванического* элемента, запишите уравнения анодно-катодных процессов коррозии и суммарное уравнение электрохимической реакции.

---

---

---

---

---

4. В каких случаях можно использовать протекторную защиту?

---

---

---

## 6. Катодная защита

### 6.1. Ход и данные опыта

В опыте исследуется *коррозионная устойчивость* стального образца (технический материал) на примере поведения его в растворе хлорида натрия и *эффективность* катодной защиты.

Для *изучения коррозионной устойчивости* стального образца в химический стакан емкостью 50 мл налили 30–35 мл 3 %-ного раствора NaCl и добавили несколько капель индикатора на ионы  $\text{Fe}^{2+}$  –  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ , опустили стальной образец. *Спустя 2–3 мин наблюдаем за поверхностью пластинки.*

*Для проведения катодной защиты* собрали электролизную систему, включающую химический стакан, 3 % раствор NaCl с добавлением  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ , угольный и стальной электроды, источник постоянного тока. Угольный электрод подсоединили к положительному полюсу источника постоянного тока, стальной – к отрицательному. *Проводим наблюдение.*

### 6.2. Анализ результатов опыта

1. Опишите результаты наблюдений.

1.1.

---

---

1.2.

---

---

2. Почему в первом случае синее окрашивание появляется лишь на отдельных участках стального образца? О чем это свидетельствует?

---

---

---

Учитывая возможность коррозии *железа* и, исходя из результатов наблюдений, составьте электрохимическую схему коррозионного *микрোগальванического* элемента. Запишите уравнения анодно-катодных процессов и суммарное уравнение электрохимической реакции.

---

---

---

---

---

---

С какой деполяризацией протекает коррозия стального образца?

---

---

3. Почему в случае катодной защиты синее окрашивание не появляется?

---

---

---



