

Пятигорский медико-фармацевтический институт –  
филиал ФГБОУ ВО ВолгГМУ Минздрава России  
Кафедра неорганической, физической и коллоидной химии

**Контрольно-измерительные материалы  
по дисциплине «Физическая химия»  
для специальности «Фармация»**

**ЗАНЯТИЕ № 11**

**Тема: Потенциометрическое и колориметрическое определение рН растворов и концентрации водородных ионов.**

**Вопросы для контроля усвоения темы занятия:**

1. Буферные растворы. Механизм буферного действия. Связь рН буферных растворов с их составом. Буферная емкость.
2. Электроды, полуэлементы, электрохимические цепи. Механизм образования электродного потенциала.
3. Химические источники тока (гальванические элементы), устройство, формула записи.
4. Электродвижущая сила (ЭДС) гальванического элемента. Электродные потенциалы. Контактный и диффузионный потенциалы и способы сведения их к минимуму.
5. Уравнения Нернста для расчета электродных потенциалов и для расчета ЭДС.
6. Обратимые электроды 1-го рода. Формула записи, электродная полуреакция. Примеры.
7. Водородный электрод, его устройство и применение в качестве стандартного.
8. Стекланный электрод (устройство и применение). Ионоселективные электроды.
9. Обратимые электроды 2-го рода (хлоридсеребряный и каломельный). Формула записи, электродная полуреакция. Устройство и применение в качестве электродов сравнения.
10. Принципиальное устройство рН-метра. Потенциометрическое определение рН и активности ионов водорода.

**Задания для внеаудиторной самостоятельной работы**  
**по дисциплине «Физическая химия»**  
**для специальности «Фармация»**

**ЗАНЯТИЕ № 11**

**Тема: Потенциометрическое и колориметрическое определение pH растворов и концентрации водородных ионов.**

**Варианты индивидуального письменного задания.**

**Вариант 1**

**Задача 1.** Рассчитать объёмы растворов 0,5 М уксусной кислоты и 0,2 М ацетата натрия, необходимые для приготовления 10 мл буферного раствора с  $\text{pH} = 3,2$ .

**Задача 2.** ЭДС элемента, составленного из водородного и нормального хлоридсеребряного электродов, при  $25^\circ\text{C}$  равна 0,300 В. Рассчитать pH раствора, с которым контактирует водородный электрод и активность ионов водорода в нём.

**Задача 3.** Напишите формулу гальванического элемента, составленного из медного электрода, погруженного в раствор сульфата меди с концентрацией 1 моль/л (коэффициент активности 0,043), и цинкового электрода, погруженного в раствор сульфата цинка с концентрацией 0,5 моль/л (коэффициент активности 0,063). По уравнению Нернста рассчитайте потенциал цинкового электрода.

**Вариант 2**

**Задача 1.** Вычислите pH буферного раствора, полученного смешением равных объемов 0,2 М раствора аммиака и 0,2 М раствора хлорида аммония. Чему равны концентрации ионов  $\text{H}^+$  и  $\text{OH}^-$  в этом растворе?

**Задача 2.** Электродвижущая сила элемента, составленного из насыщенного каломельного электрода и pH-метрического зонда, введенного в желудок пациента, равна 0,362 В. Рассчитайте pH желудочного сока и концентрацию ионов водорода в нем.

**Задача 3.** Напишите формулу гальванического элемента, составленного из серебряного электрода, погруженного в раствор нитрата серебра с концентрацией 0,2 моль/л (коэффициент активности 0,9), и свинцового электрода, погруженного в раствор ацетата свинца с концентрацией 0,02 моль/л (коэффициент активности 0,95). По уравнению Нернста рассчитайте потенциал свинцового электрода.

**Вариант 3**

**Задача 1.** Рассчитайте объёмы растворов уксусной кислоты и ацетата натрия (с одинаковой концентрацией), необходимые для приготовления 20 мл буферного раствора с  $\text{pH} = 2,5$  ( $\text{pK}_a = 4,75$ ).

**Задача 2.** ЭДС элемента, составленного из водородного и нормального хлоридсеребряного электродов, при  $25^\circ\text{C}$  равна 0,462 В. Рассчитайте pH раствора, с которым контактирует водородный электрод и активность ионов водорода в нём.

**Задача 3.** Напишите формулу гальванического элемента, составленного из железного электрода, погруженного в раствор сульфата железа (II) с концентрацией 0,01 моль/л (коэффициент активности 0,92), и никелевого электрода, погруженного в раствор сульфата никеля с концентрацией 0,1 моль/л (коэффициент активности 0,85). По уравнению Нернста рассчитайте потенциал железного электрода.

#### Вариант 4

**Задача 1.** Рассчитайте объемы растворов уксусной кислоты и ацетата натрия (с одинаковой концентрацией), необходимые для приготовления 20 мл буферного раствора с  $\text{pH} = 8$  ( $\text{pK}_a = 4,75$ ).

**Задача 2.** Электродвижущая сила элемента, составленного из насыщенного каломельного электрода и рН-метрического зонда, введенного в желудок пациента, равна 0,346 В. Рассчитайте рН желудочного сока и концентрацию ионов водорода в нем.

**Задача 3.** Напишите формулу гальванического элемента, составленного из алюминиевого электрода, погруженного в раствор хлорида алюминия с концентрацией 0,005 моль/л (коэффициент активности 0,98), и хромового электрода, погруженного в раствор хлорида хрома с концентрацией 0,02 моль/л (коэффициент активности 0,87). По уравнению Нернста рассчитайте потенциал алюминиевого электрода.

#### Вариант 5

**Задача 1.** Рассчитайте объемы растворов 0,3 М уксусной кислоты и 0,4 М ацетата натрия, необходимые для приготовления 10 мл буферного раствора с  $\text{pH} = 4,5$ .

**Задача 2.** Электродвижущая сила элемента, составленного из насыщенного каломельного электрода и рН-метрического зонда, введенного в желудок пациента, равна 0,312 В. Рассчитайте рН желудочного сока и концентрацию ионов водорода в нем.

**Задача 3.** Напишите формулу гальванического элемента, составленного из никелевого электрода, погруженного в раствор сульфата никеля с концентрацией 0,006 моль/л (коэффициент активности 0,9), и магниевое электрода, погруженного в раствор сульфата магния с концентрацией 0,008 моль/л (коэффициент активности 0,97). По уравнению Нернста рассчитайте потенциал магниевое электрода.

#### Вариант 6

**Задача 1.** Рассчитайте объемы растворов уксусной кислоты и ацетата натрия (с одинаковой концентрацией), необходимые для приготовления 20 мл буферного раствора с  $\text{pH} = 3,4$  ( $\text{pK}_a = 4,75$ ).

**Задача 2.** ЭДС элемента, составленного из водородного и нормального хлоридсеребряного электродов, при 25°C равна 0,538 В. Рассчитайте рН раствора, с которым контактирует водородный электрод и активность ионов водорода в нём.

**Задача 3.** Напишите формулу гальванического элемента, составленного из никелевого электрода, погруженного в раствор хлорида никеля с концентрацией 0,05 моль/л (коэффициент активности 0,86), и свинцового электрода, погруженного в раствор нитрата свинца с концентрацией 0,03 моль/л (коэффициент активности 0,78). По уравнению Нернста рассчитайте потенциал никелевого электрода.

#### Вариант 7

**Задача 1.** Рассчитайте объемы растворов уксусной кислоты и ацетата натрия (с одинаковой концентрацией), необходимые для приготовления 20 мл буферного раствора с  $\text{pH} = 7,4$  ( $\text{pK}_a = 4,75$ ).

**Задача 2.** ЭДС элемента, составленного из водородного и нормального хлоридсеребряного электродов, при 25°C равна 0,725 В. Рассчитайте рН раствора, с которым контактирует водородный электрод и активность ионов водорода в нём.

**Задача 3.** Напишите формулу гальванического элемента, составленного из кадмиевого электрода, погруженного в раствор сульфата кадмия с концентрацией 0,02 моль/л (коэффициент активности 0,86), и цинкового электрода, погруженного в раствор сульфата цинка с концентрацией 0,004 моль/л (коэффициент активности 0,97). По уравнению Нернста рассчитайте потенциал кадмиевого электрода.

### Вариант 8

**Задача 1.** Рассчитайте объёмы растворов 0,3 М уксусной кислоты и 0,1 М ацетата натрия, необходимые для приготовления 10 мл буферного раствора с  $\text{pH} = 3,7$ .

**Задача 2.** Электродвижущая сила элемента, составленного из насыщенного каломельного электрода и рН-метрического зонда, введенного в желудок пациента, равна 0,323 В. Рассчитайте рН желудочного сока и концентрацию ионов водорода в нем.

**Задача 3.** Напишите формулу гальванического элемента, составленного из оловянного электрода, погруженного в раствор бромида олова с концентрацией 0,06 моль/л (коэффициент активности 0,88), и хромового электрода, погруженного в раствор бромида хрома с концентрацией 0,1 моль/л (коэффициент активности 0,72). По уравнению Нернста рассчитайте потенциал хромового электрода.

### Вариант 9

**Задача 1.** Вычислите рН буферного раствора, полученного смешением равных объемов 0,02 М раствора аммиака и 0,002 М раствора хлорида аммония ( $K_b = 1,77 \cdot 10^{-5}$ ).

**Задача 2.** ЭДС элемента, составленного из водородного и нормального хлоридсеребряного электродов, при 25°C равна 0,680 В. Рассчитайте рН раствора, с которым контактирует водородный электрод и активность ионов водорода в нём.

**Задача 3.** Напишите формулу гальванического элемента, составленного из железного электрода, погруженного в раствор сульфата железа с концентрацией 0,3 моль/л (коэффициент активности 0,78), и марганцевого электрода, погруженного в раствор сульфата марганца с концентрацией 0,5 моль/л (коэффициент активности 0,65). По уравнению Нернста рассчитайте потенциал марганцевого электрода.

### Вариант 10

**Задача 1.** Рассчитайте объёмы растворов уксусной кислоты и ацетата натрия (с одинаковой концентрацией), необходимые для приготовления 20 мл буферного раствора с  $\text{pH} = 3,8$  ( $\text{p}K_a = 4,75$ ).

**Задача 2.** Электродвижущая сила элемента, составленного из насыщенного каломельного электрода и рН-метрического зонда, введенного в желудок пациента, равна 0,353 В. Рассчитайте рН желудочного сока и концентрацию ионов водорода в нем.

**Задача 3.** Напишите формулу гальванического элемента, составленного из оловянного электрода, погруженного в раствор хлорида олова с концентрацией 0,006 моль/л (коэффициент активности 0,83), и свинцового электрода, погруженного в раствор нитрата свинца с концентрацией 0,004 моль/л (коэффициент активности 0,94). По уравнению Нернста рассчитайте потенциал оловянного электрода.

### Вариант 11

**Задача 1.** Рассчитайте объёмы растворов уксусной кислоты и ацетата натрия (с одинаковой концентрацией), необходимые для приготовления 20 мл буферного раствора с  $\text{pH} = 6,7$  ( $\text{p}K_a = 4,75$ ).

**Задача 2.** Электродвижущая сила элемента, составленного из насыщенного каломельного электрода и рН-метрического зонда, введенного в желудок пациента, равна 0,337 В. Рассчитайте рН желудочного сока и концентрацию ионов водорода в нем.

**Задача 3.** Напишите формулу гальванического элемента, составленного из медного электрода, погруженного в раствор сульфата меди с концентрацией 0,2 моль/л (коэффициент активности 0,86), и железного электрода, погруженного в раствор сульфата железа (II) с концентрацией 0,05 моль/л (коэффициент активности 0,74). По уравнению Нернста рассчитайте потенциал медного электрода.

### Вариант 12

**Задача 1.** Рассчитайте объемы растворов уксусной кислоты и ацетата натрия (с одинаковой концентрацией), необходимые для приготовления 20 мл буферного раствора с  $\text{pH} = 4,3$  ( $\text{pK}_a = 4,75$ ).

**Задача 2.** ЭДС элемента, составленного из водородного и нормального хлоридсеребряного электродов, при  $25^\circ\text{C}$  равна 0,397 В. Рассчитайте  $\text{pH}$  раствора, с которым контактирует водородный электрод и активность ионов водорода в нём.

**Задача 3.** Напишите формулу гальванического элемента, составленного из серебряного электрода, погруженного в раствор нитрата серебра с концентрацией 0,5 моль/л (коэффициент активности 0,76), и никелевого электрода, погруженного в раствор нитрата никеля с концентрацией 0,2 моль/л (коэффициент активности 0,84). По уравнению Нернста рассчитайте потенциал серебряного электрода.

### Вариант 13

**Задача 1.** Рассчитайте объёмы растворов 0,25 М уксусной кислоты и 0,4 М ацетата натрия, необходимые для приготовления 10 мл буферного раствора с  $\text{pH} = 4,62$ .

**Задача 2.** Электродвижущая сила элемента, составленного из насыщенного каломельного электрода и  $\text{pH}$ -метрического зонда, введенного в желудок пациента, равна 0,318 В. Рассчитайте  $\text{pH}$  желудочного сока и концентрацию ионов водорода в нём.

**Задача 3.** Напишите формулу гальванического элемента, составленного из хромового электрода, погруженного в раствор хлорида хрома с концентрацией 0,03 моль/л (коэффициент активности 0,87), и железного электрода, погруженного в раствор хлорида железа (III) с концентрацией 0,005 моль/л (коэффициент активности 0,98). По уравнению Нернста рассчитайте потенциал железного электрода.

### Вариант 14

**Задача 1.** Рассчитайте объёмы растворов уксусной кислоты и ацетата натрия (с одинаковой концентрацией), необходимые для приготовления 20 мл буферного раствора с  $\text{pH} = 6,2$  ( $\text{pK}_a = 4,75$ ).

**Задача 2.** ЭДС элемента, составленного из водородного и нормального хлоридсеребряного электродов, при  $25^\circ\text{C}$  равна 0,516 В. Рассчитайте  $\text{pH}$  раствора, с которым контактирует водородный электрод и активность ионов водорода в нём.

**Задача 3.** Напишите формулу гальванического элемента, составленного из оловянного электрода, погруженного в раствор бромида олова с концентрацией 0,15 моль/л (коэффициент активности 0,75), и марганцевого электрода, погруженного в раствор бромида марганца с концентрацией 0,07 моль/л (коэффициент активности 0,9). По уравнению Нернста рассчитайте потенциал оловянного электрода.

### Вариант 15

**Задача 1.** Вычислите  $\text{pH}$  буферного раствора, полученного смешением равных объемов 0,005 М раствора угольной кислоты и 0,002 М раствора гидрокарбоната натрия ( $K_a = 4,4 \cdot 10^{-7}$ ).

**Задача 2.** ЭДС элемента, составленного из водородного и нормального хлоридсеребряного электродов, при  $25^\circ\text{C}$  равна 0,725 В. Рассчитайте  $\text{pH}$  раствора, с которым контактирует водородный электрод и активность ионов водорода в нём.

**Задача 3.** Напишите формулу гальванического элемента, составленного из медного электрода, погруженного в раствор нитрата меди (II) с концентрацией 0,3 моль/л (коэффициент активности 0,85), и серебряного электрода, погруженного в раствор нитрата серебра с концентрацией 0,04 моль/л (коэффициент активности 0,86). По уравнению Нернста рассчитайте потенциал серебряного электрода.

## Вариант 16

**Задача 1.** Рассчитайте объемы растворов уксусной кислоты и ацетата натрия (с одинаковой концентрацией), необходимые для приготовления 20 мл буферного раствора с  $\text{pH} = 5,7$  ( $\text{pK}_a = 4,75$ ).

**Задача 2.** Электродвижущая сила элемента, составленного из насыщенного каломельного электрода и рН-метрического зонда, введенного в желудок пациента, равна 0,342 В. Рассчитайте рН желудочного сока и концентрацию ионов водорода в нем.

**Задача 3.** Напишите формулу гальванического элемента, составленного из никелевого электрода, погруженного в раствор сульфата никеля с концентрацией 0,005 моль/л (коэффициент активности 0,87), и хромового электрода, погруженного в раствор сульфата хрома с концентрацией 0,0004 моль/л (коэффициент активности 0,96). По уравнению Нернста рассчитайте потенциал хромового электрода.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### СТАНДАРТНЫЕ ЭЛЕКТРОДНЫЕ ПОТЕНЦИАЛЫ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ ПРИ 25°C

Электрод	$E^\circ, \text{В}$
$\text{Mg} \text{Mg}^{2+}$	-2.363
$\text{Al} \text{Al}^{3+}$	-1.662
$\text{Mn} \text{Mn}^{2+}$	-1.18
$\text{Zn} \text{Zn}^{2+}$	-0.763
$\text{Cr} \text{Cr}^{3+}$	-0.744
$\text{Fe} \text{Fe}^{2+}$	-0.440
$\text{Cd} \text{Cd}^{2+}$	-0.403
$\text{Ni} \text{Ni}^{2+}$	-0.250
$\text{Sn} \text{Sn}^{2+}$	-0.136
$\text{Pb} \text{Pb}^{2+}$	-0.126
$\text{Fe} \text{Fe}^{3+}$	-0.036
$\text{Cu} \text{Cu}^{2+}$	+0.337
$\text{Ag} \text{Ag}^+$	+0.799
$\text{Hg} \text{Hg}_2\text{Cl}_2; \text{Cl}^-$ (насыщ.)	+0.2415
$\text{Ag} \text{AgCl}; \text{Cl}^-$ (насыщ.)	+0.222