дисциплина «Физическая и коллоидная химия»
для специальности «Фармация»

ЗАНЯТИЕ № 8

Тема: Потенциометрическое и колориметрическое определение pH растворов и буферной емкости.

I. Вопросы для контроля усвоения темы занятия:

1. Электролитическая диссоциация воды, константа автопротолиза воды.
2. Активность ионов и её связь с концентрацией раствора. Коэффициент активности.
3. Водородный показатель pH как мера активной реакции среды.
4. Буферные растворы. Механизм буферного действия. Связь pH буферных растворов с их составом. Буферная емкость.
5. Потенциометрические методы анализа и их применение в медицинских исследованиях.
6. Химические источники тока (гальванические элементы), их виды. Электроды, полуэлементы, цепи. Электродвижущая сила (ЭДС), её связь с энергией Гиббса протекающей в элементе реакции.
7. Электродные потенциалы. Контактный и диффузионный потенциалы и способы сведения их к минимуму.
8. Уравнения Нернста для расчета электродных потенциалов и для расчета ЭДС.
9. Обратимые электроды 1-го рода. Формула записи, электродная полуреакция. Примеры. Водородный электрод, его применение в качестве стандартного.
10. Обратимые электроды 2-го рода. Формула записи, электродная полуреакция. Хлоридсеребряный и каломельный электроды. Устройство и применение в качестве электродов сравнения.
11. Ионоселективные электроды. Стеклянный электрод (устройство и применение). Принципиальное устройство pH-метра. Потенциометрическое определение pH.
12. Концентрационные гальванические элементы и их применение для определения растворимости труднорастворимых солей.
13. Окислительно-восстановительные электроды и гальванические элементы. Применение их для расчета констант равновесия окислительно-восстановительных реакций.

II. Вопросы для подготовки к обзорному занятию по теме: «Растворы. Электрохимия».

1. Растворы. Способы выражения концентрации. Коллигативные свойства растворов.
2. Осмос. Осмотическое давление растворов неэлектролитов и электролитов. Уравнение Вант–Гоффа. Изо-, гипо- и гипертонические растворы. Осмометрическое определение молярной массы веществ.
3. Понижение (депрессия) температуры замерзания растворов электролитов и неэлектролитов. Криоскопическая константа. Криометрическое определение молярной массы веществ.
4. Повышение температуры кипения растворов электролитов и неэлектролитов. Эбуллиоскопическая константа. Эбуллиоскопическое определение молярной массы веществ.

5. Коллигативные свойства (криоскопия, эбуллиоскопия, осмометрия) растворов электролитов. Изотонический и осмотический коэффициенты, их вычисление.
6. Электрохимия. Сильные и слабые электролиты. Степень диссоциации. Подвижность ионов и влияние на нее различных факторов.
7. Электрическая проводимость растворов (удельная и эквивалентная), их физический смысл и расчетные уравнения, зависимость от различных факторов.
8. Эквивалентная электрическая проводимость растворов, ее физический смысл и размерность. Зависимость эквивалентной электропроводности от различных факторов. Молярные электропроводности ионов. Закон Кольрауша.
9. Константа диссоциации слабых электролитов. Вывод закона разведения Оствальда и его формулировка.
10. Буферные растворы в фармации. Механизм буферного действия. Связь pH буферных растворов с их составом. Буферная емкость.
11. Химические источники тока (гальванические элементы), их виды. Электроды, полуэлементы, цепи. Электродвижущая сила (ЭДС), связь еѐ с энергией Гиббса протекающей в элементе реакции.
12. Электродные потенциалы. Контактный и диффузионный потенциалы и способы сведения их к минимуму. Уравнения Нернста для расчѐта электродных потенциалов и для расчѐта ЭДС.
13. Обратимые электроды 1-го рода. Формула записи, электродная полуреакция. Примеры. Водородный электрод, его применение в качестве стандартного.
14. Обратимые электроды 2-го рода. Формула записи, электродная полуреакция. Устройство и применение в качестве электродов сравнения.
15. Ионоселективные электроды. Стеклянный электрод (устройство и применение). Принципиальное устройство pH-метра. Потенциометрическое определение pH.
16. Концентрационные и окислительно-восстановительные гальванические элементы.

III. Варианты индивидуального письменного задания.

Вариант 1

Задача 1. Рассчитайте объёмы растворов 0,5 М уксусной кислоты и 0,2 М ацетата натрия, необходимые для приготовления 10 мл буферного раствора с pH = 3,2.

Задача 2. Для гальванического элемента

$$(-)\ Zn \mid \underset{a = 0{,}5\ M}{ZnSO_4} \parallel \underset{a = 1\ M}{CuSO_4} \mid Cu\ (+)$$

рассчитайте потенциалы обоих электродов с учетом активности ионов (***a***). Укажите, какой из электродов будет более положительным и вычислите ЭДС элемента при 25^0C.

Задача 3. ЭДС элемента, составленного из водородного и нормального хлоридсеребряного электродов, при 25^oC равна 0,300 В. Рассчитайте pH раствора, с которым контактирует водородный электрод и активность ионов водорода в нём.

Задача 4. Рассчитайте буферную емкость раствора объемом 50 мл, если при титровании его раствором HCl (C = 2 моль/л) для сдвига pH на единицу потребовалось 17,8 мл HCl.

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 H^+ и OH^- в этом растворе**?**

Задача 2. Для гальванического элемента $Pb|Pb^{2+}$ (a=0,02) $|Ag^+$ (a=0,2)|Ag рассчитайте потенциалы обоих электродов с учетом активности ионов (***a***). Укажите, какой из электродов будет более положительным и вычислите ЭДС элемента при 25^0С.

Задача 3. 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 4. Рассчитайте буферную емкость раствора объемом 20 мл, если при титровании его раствором HCl (C = 1 моль/л) для сдвига pH на единицу потребовалось 7,8 мл HCl.

Вариант 3

Задача 1. Рассчитайте объемы растворов уксусной кислоты и ацетата натрия (с одинаковой концентрацией), необходимые для приготовления 20 мл буферного раствора с pH = 2,5 (pK_a = 4,75).

Задача 2. Для гальванического элемента $Fe|Fe^{2+}$ (a=0,01) $|Ni^{2+}$ (a=0,1)|Ni рассчитайте потенциалы обоих электродов с учетом активности ионов (***a***). Укажите, какой из электродов будет более положительным и вычислите ЭДС элемента при 25^0С.

Задача 3. ЭДС элемента, составленного из водородного и нормального хлоридсеребряного электродов, при 25^oC равна 0,462 В. Рассчитайте pH раствора, с которым контактирует водородный электрод и активность ионов водорода в нём.

Задача 4. Рассчитайте буферную емкость раствора объемом 40 мл, если при титровании его раствором NaOH (C = 2 моль/л) для сдвига pH на единицу потребовалось 9,7 мл NaOH.

Вариант 4

Задача 1. Рассчитайте объемы растворов уксусной кислоты и ацетата натрия (с одинаковой концентрацией), необходимые для приготовления 20 мл буферного раствора с pH = 8 (pK_a = 4,75).

Задача 2. Для гальванического элемента $Al|Al^{3+}$ (a=0,005) $|Cr^{3+}$ (a=0,02)|Cr рассчитайте потенциалы обоих электродов с учетом активности ионов (***a***). Укажите, какой из электродов будет более положительным и вычислите ЭДС элемента при 25^0С.

Задача 3. Электродвижущая сила элемента, составленного из насыщенного каломельного электрода и pH-метрического зонда, введенного в желудок пациента, равна 0,346 В. Рассчитайте pH желудочного сока и концентрацию ионов водорода в нем.

Задача 4. Рассчитайте буферную емкость раствора объемом 10 мл, если при титровании его раствором NaOH (C = 0,1 моль/л) для сдвига pH на единицу потребовалось 12,5 мл NaOH.

Вариант 5

Задача 1. Рассчитайте объёмы растворов 0,3 М уксусной кислоты и 0,4 М ацетата натрия, необходимые для приготовления 10 мл буферного раствора с pH = 4,5.

Задача 2. Для гальванического элемента $Mg|Mg^{2+}$ (a=0,008) $|Ni^{2+}$ (a=0,005)|Ni рассчитайте потенциалы обоих электродов с учетом активности ионов (***a***). Укажите, какой из электродов будет более положительным и вычислите ЭДС элемента при 25^0C.

Задача 3. Электродвижущая сила элемента, составленного из насыщенного каломельного электрода и pH-метрического зонда, введенного в желудок пациента, равна 0,312 В. Рассчитайте pH желудочного сока и концентрацию ионов водорода в нем.

Задача 4. Рассчитайте буферную емкость раствора объемом 20 мл, если при титровании его раствором HCl (C = 0,2 моль/л) для сдвига pH на единицу потребовалось 6,3 мл HCl.

Вариант 6

Задача 1. Рассчитайте объемы растворов уксусной кислоты и ацетата натрия (с одинаковой концентрацией), необходимые для приготовления 20 мл буферного раствора с pH = 3,4 (pK_a = 4,75).

Задача 2. Для гальванического элемента $Ni|Ni^{2+}$ (a=0,05) $|Pb^{2+}$ (a=0,03)|Pb рассчитайте потенциалы обоих электродов с учетом активности ионов (***a***). Укажите, какой из электродов будет более положительным и вычислите ЭДС элемента при 25^0C.

Задача 3. ЭДС элемента, составленного из водородного и нормального хлоридсеребряного электродов, при 25°C равна 0,538 В. Рассчитайте pH раствора, с которым контактирует водородный электрод и активность ионов водорода в нём.

Задача 4. Рассчитайте буферную емкость раствора объемом 50 мл, если при титровании его раствором NaOH (C = 2 моль/л) для сдвига pH на единицу потребовалось 15,2мл NaOH.

Вариант 7

Задача 1. Рассчитайте объемы растворов уксусной кислоты и ацетата натрия (с одинаковой концентрацией), необходимые для приготовления 20 мл буферного раствора с pH = 7,4 (pK_a = 4,75).

Задача 2. Для гальванического элемента $Zn|Zn^{2+}$ (a=0,004) $|Cd^{2+}$ (a=0,02)|Cd рассчитайте потенциалы обоих электродов с учетом активности ионов (***a***). Укажите, какой из электродов будет более положительным и вычислите ЭДС элемента при 25^0C.

Задача 3. ЭДС элемента, составленного из водородного и нормального хлоридсеребряного электродов, при 25°C равна 0,725 В. Рассчитайте pH раствора, с которым контактирует водородный электрод и активность ионов водорода в нём.

Задача 4. Рассчитайте буферную емкость раствора объемом 20 мл, если при титровании его раствором HCl (C = 0,1 моль/л) для сдвига pH на единицу потребовалось 11,7 мл HCl.

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 pH = 3,7.

Задача 2. Для гальванического элемента $Cr|Cr^{3+}$ (a=0,1) $|Sn^{2+}$ (a=0,06)|Sn рассчитайте потенциалы обоих электродов с учетом активности ионов (***a***). Укажите, какой из электродов будет более положительным и вычислите ЭДС элемента при 25^0C.

Задача 3. Электродвижущая сила элемента, составленного из насыщенного каломельного электрода и pH-метрического зонда, введенного в желудок пациента, равна 0,323 В. Рассчитайте pH желудочного сока и концентрацию ионов водорода в нем.

Задача 4. Рассчитайте буферную емкость раствора объемом 30 мл, если при титровании его раствором NaOH (C = 0,5 моль/л) для сдвига pH на единицу потребовалось 13,6 мл NaOH.

Вариант 9

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

Задача 2. Для гальванического элемента $Mn|Mn^{2+}$ (a=0,5) $|Fe^{2+}$ (a=0,3)|Fe рассчитайте потенциалы обоих электродов с учетом активности ионов (***a***). Укажите, какой из электродов будет более положительным и вычислите ЭДС элемента при 25^0С.

Задача 3. ЭДС элемента, составленного из водородного и нормального хлоридсеребряного электродов, при 25°С равна 0,680 В. Рассчитайте pH раствора, с которым контактирует водородный электрод и активность ионов водорода в нём.

Задача 4. Рассчитайте буферную емкость раствора объемом 10 мл, если при титровании его раствором HCl (С = 1,5 моль/л) для сдвига pH на единицу потребовалось 2,6 мл HCl.

Вариант 10

Задача 1. Рассчитайте объемы растворов уксусной кислоты и ацетата натрия (с одинаковой концентрацией), необходимые для приготовления 20 мл буферного раствора с pH = 3,8 ($pK_a = 4,75$).

Задача 2. Для гальванического элемента $Sn|Sn^{2+}$ (a=0,006) $|Pb^{2+}$ (a=0,004)|Pb рассчитайте потенциалы обоих электродов с учетом активности ионов (***a***). Укажите, какой из электродов будет более положительным и вычислите ЭДС элемента при 25^0С.

Задача 3. Электродвижущая сила элемента, составленного из насыщенного каломельного электрода и pH-метрического зонда, введенного в желудок пациента, равна 0,353 В. Рассчитайте pH желудочного сока и концентрацию ионов водорода в нем.

Задача 4. Рассчитайте буферную емкость раствора объемом 30 мл, если при титровании его раствором NaOH (С = 1 моль/л) для сдвига pH на единицу потребовалось 8,4 мл NaOH.

Вариант 11

Задача 1. Рассчитайте объемы растворов уксусной кислоты и ацетата натрия (с одинаковой концентрацией), необходимые для приготовления 20 мл буферного раствора с pH = 6,7 ($pK_a = 4,75$).

Задача 2. Для гальванического элемента $Fe|Fe^{2+}$ (a=0,05) $|Cu^{2+}$ (a=0,2)|Cu рассчитайте потенциалы обоих электродов с учетом активности ионов (***a***). Укажите, какой из электродов будет более положительным и вычислите ЭДС элемента при 25^0С.

Задача 3. Электродвижущая сила элемента, составленного из насыщенного каломельного электрода и pH-метрического зонда, введенного в желудок пациента, равна 0,337 В. Рассчитайте pH желудочного сока и концентрацию ионов водорода в нем.

Задача 4. Рассчитайте буферную емкость раствора объемом 40 мл, если при титровании его раствором NaOH (С = 1,5 моль/л) для сдвига pH на единицу потребовалось 18,3 мл NaOH.

Вариант 12

Задача 1. Рассчитайте объемы растворов уксусной кислоты и ацетата натрия (с одинаковой концентрацией), необходимые для приготовления 20 мл буферного раствора с pH = 4,3 ($pK_a = 4,75$).

Задача 2. Для гальванического элемента $Ni|Ni^{2+}$ (a=0,2) $|Ag^{+}$ (a=0,5)|Ag рассчитайте потенциалы обоих электродов с учетом активности ионов (***a***). Укажите, какой из электродов будет более положительным и вычислите ЭДС элемента при 25^0С.

Задача 3. ЭДС элемента, составленного из водородного и нормального хлоридсеребряного электродов, при 25°С равна 0,397 В. Рассчитайте pH раствора, с которым контактирует водородный электрод и активность ионов водорода в нём.

Задача 4. Рассчитайте буферную емкость раствора объемом 20 мл, если при титровании его раствором HCl (С = 0,1 моль/л) для сдвига pH на единицу потребовалось 16,5 мл HCl.

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 pH = 4,62.

Задача 2. Для гальванического элемента $Fe|Fe^{3+}$ (a=0,005) $|Cr^{3+}$ (a=0,03)|Cr рассчитайте потенциалы обоих электродов с учетом активности ионов (***a***). Укажите, какой из электродов будет более положительным и вычислите ЭДС элемента при 25^0C.

Задача 3. Электродвижущая сила элемента, составленного из насыщенного каломельного электрода и pH-метрического зонда, введенного в желудок пациента, равна 0,318 В. Рассчитайте pH желудочного сока и концентрацию ионов водорода в нем.

Задача 4. Рассчитайте буферную емкость раствора объемом 30 мл, если при титровании его раствором NaOH (C = 1 моль/л) для сдвига pH на единицу потребовалось 12,6 мл NaOH.

Вариант 14

Задача 1. Рассчитайте объемы растворов уксусной кислоты и ацетата натрия (с одинаковой концентрацией), необходимые для приготовления 20 мл буферного раствора с pH = 6,2 (pK_a = 4,75).

Задача 2. Для гальванического элемента $Mn|Mn^{2+}$ (a=0,07) $|Sn^{2+}$ (a=0,15)|Sn рассчитайте потенциалы обоих электродов с учетом активности ионов (***a***). Укажите, какой из электродов будет более положительным и вычислите ЭДС элемента при 25^0C.

Задача 3. ЭДС элемента, составленного из водородного и нормального хлоридсеребряного электродов, при 25°C равна 0,516 В. Рассчитайте pH раствора, с которым контактирует водородный электрод и активность ионов водорода в нём.

Задача 4. Рассчитайте буферную емкость раствора объемом 10 мл, если при титровании его раствором HCl (C = 1,2 моль/л) для сдвига pH на единицу потребовалось 3,7 мл HCl.

Вариант 15

Задача 1. Вычислите pH буферного раствора, полученного смешением равных объемов 0,005 М раствора угольной кислоты и 0,002 М раствора гидрокарбоната натрия (K_a = $4{,}4\cdot10^{-7}$).

Задача 2. Для гальванического элемента $Cu|Cu^{2+}$ (a=0,3) $|Ag^{+}$ (a=0,04)|Ag рассчитайте потенциалы обоих электродов с учетом активности ионов (***a***). Укажите, какой из электродов будет более положительным и вычислите ЭДС элемента при 25^0C.

Задача 3. ЭДС элемента, составленного из водородного и нормального хлоридсеребряного электродов, при 25°C равна 0,725 В. Рассчитайте pH раствора, с которым контактирует водородный электрод и активность ионов водорода в нём.

Задача 4. Рассчитайте буферную емкость раствора объемом 20 мл, если при титровании его раствором NaOH (C = 0,2 моль/л) для сдвига pH на единицу потребовалось 13,2 мл NaOH.

Вариант 16

Задача 1. Рассчитайте объемы растворов уксусной кислоты и ацетата натрия (с одинаковой концентрацией), необходимые для приготовления 20 мл буферного раствора с pH = 5,7 (pK_a = 4,75).

Задача 2. Для гальванического элемента $Cr|Cr^{3+}$ (a=0,0004) $|Ni^{2+}$ (a=0,005)|Ni рассчитайте потенциалы обоих электродов с учетом активности ионов (***a***). Укажите, какой из электродов будет более положительным и вычислите ЭДС элемента при 25^0C.

Задача 3. Электродвижущая сила элемента, составленного из насыщенного каломельного электрода и pH-метрического зонда, введенного в желудок пациента, равна 0,342 В. Рассчитайте pH желудочного сока и концентрацию ионов водорода в нем.

Задача 4. Рассчитайте буферную емкость раствора объемом 30 мл, если при титровании его раствором HCl (C = 0,5 моль/л) для сдвига pH на единицу потребовалось 5,6 мл HCl.

Стандартные электродные потенциалы в водных растворах при 25°С

Электрод	E^o, В	Электрод	E^o, В
$Mg\|Mg^{2+}$	–2.363	$Sn\|Sn^{2+}$	–0.136
$Al\|Al^{3+}$	–1.662	$Pb\|Pb^{2+}$	–0.126
$Mn\|Mn^{2+}$	–1.18	$Fe\|Fe^{3+}$	–0.036
$Zn\|Zn^{2+}$	–0.763	$Cu\|Cu^{2+}$	+0.337
$Cr\|Cr^{3+}$	–0.744	$Ag\|Ag^{+}$	+0.799
$Fe\|Fe^{2+}$	–0.440	$Hg\|Hg_2Cl_2;Cl^-$ (насыщ.)	+0.2415
$Cd\|Cd^{2+}$	–0.403	$Ag\|AgCl;Cl^-$ (насыщ.)	+0.222
$Ni\|Ni^{2+}$	–0.250		