

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный медицинский университет»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ  
ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

**по дисциплине «Общая химия. Биоорганическая химия»  
для студентов 1 курса медико-профилактического факультета**

# Модуль 1. Основные закономерности протекания химических реакций в жидких средах организма

## Занятие № 1

**I. Тема:** Растворы и их роль в жизнедеятельности

**II. Тип занятия:** лабораторные работы

**III. Цель:** Сформировать знания теории растворов как основу для понимания электролитного гомеостаза организма человека, и роли растворов в процессах жизнедеятельности.

**IV. Значимость темы:** В этом разделе излагаются основы современного учения о растворах, знание которого врачу необходимо, так как многие важные биохимические процессы протекают в организме в жидкой фазе. Основные положения современной теории электролитов являются научной основой для изучения электролитного баланса организма человека и выяснения последствий его нарушения.

**V. Исходный уровень**

1. Электролитическая диссоциация кислот, оснований, солей.
2. Степень диссоциации.
3. Сильные и слабые электролиты.
4. Молярная концентрация растворов, массовая доля растворенного вещества.

**VI. Содержание занятия**

### 1. Теория

1. Роль воды и растворов в жизнедеятельности. Физико-химические свойства воды, обуславливающие её уникальную роль как единственного биорастворителя.
2. Автопротолиз (автоионизация) воды. Константа автопротолиза (автоионизации) воды: вывод, зависимость от температуры. Водородный показатель.
3. Коллигативные свойства разбавленных растворов неэлектролитов. Закон Рауля: формулировки, расчетные формулы.
4. Следствие из закона Рауля: понижение температуры замерзания растворов, повышение температуры кипения растворов (формулировки, расчетные формулы, практическое значение).
5. Осмос. Осмотическое давление. Закон Вант-Гоффа для растворов неэлектролитов: формулировка, расчетные формулы.

### 2. Задачи

1. В 300 г водного раствора содержится 50 г сахарозы.  
*Рассчитайте* молярную долю растворителя.  
*Определите* давление насыщенного пара растворителя над раствором при температуре 20 °С, если давление пара растворителя над растворителем в тех же условиях равно 18,11 мм рт. ст.
2. Раствор, содержащий 43 г неэлектролита в 500 мл воды, замерзает при  $t = -1,36$  °С.

Рассчитайте относительную молекулярную массу растворенного вещества. Кк (H<sub>2</sub>O) = 1,86 кг·К/моль.

3. Осмотическое давление раствора объемом 0,5 л, в котором содержится 40 г гемоглобина, при 4 °С равно 2634 Па.  
Установите молярную массу гемоглобина.

### 3. Формулы, необходимые для решения задач по теме «Растворы неэлектролитов»

1. Закон Рауля для неэлектролитов: Относительное понижение давления насыщенного пара растворителя над раствором нелетучего вещества равно его молярной доле:

$$\frac{P_0 - P}{P_0} = N; \quad N = \frac{n}{n_0 + n}, \text{ где}$$

$P_0$  – давление насыщенного пара растворителя над растворителем,

$P$  – давление насыщенного пара растворителя над раствором,

$N$  – молярная доля растворенного вещества,

$n$  – количество растворенного вещества,

$n_0$  – количество вещества растворителя.

После преобразования получим:

$$P = P_0 \cdot N_0; \quad N_0 = \frac{n_0}{n_0 + n},$$

2. Следствие из закона Рауля: Повышение температуры кипения растворов неэлектролитов:

$$\Delta T_k = K_3 \cdot \nu(X)$$

$$\nu(X) = \frac{n(X)}{m_{p-ля}} = \frac{m(X)}{M(X) \cdot m_{p-ля}}$$

$$\Delta T_k = \frac{K_3 \cdot m(X)}{M(X) \cdot m_{p-ля}} \quad M(X) = \frac{K_3 \cdot m(X)}{\Delta T_k \cdot m_{p-ля}}, \text{ где}$$

$\nu(X)$  – моляльность вещества  $X$  в растворе, моль/кг;

$X$  – формула растворенного вещества;

$K_3$  – эбулиометрическая константа растворителя.

$K_3$  (H<sub>2</sub>O) = 0,52 кг·К·моль<sup>-1</sup>.

3. Следствие из закона Рауля: Понижение температуры замерзания растворов неэлектролитов прямо пропорционально моляльности вещества в растворе:

$$\Delta T_3 = K_4 \cdot \nu(X)$$

$$e(X) = \frac{n(X)}{m_{p-ля}} = \frac{m(X)}{M(X) \cdot m_{p-ля}}$$

$$\Delta T_3 = \frac{K_k \cdot m(X)}{M(X) \cdot m_{p-ля}} \quad M(X) = \frac{K_k \cdot m(X)}{\Delta T_3 \cdot m_{p-ля}}, \text{ где}$$

$v(X)$  – моляльность вещества X в растворе, моль/кг;

X – формула растворённого вещества;

$K_k$  – криоскопическая константа растворителя.

$K_k(\text{H}_2\text{O}) = 1,86 \text{ кг} \cdot \text{K} \cdot \text{моль}^{-1}$ .

4. Закон Вант-Гоффа: Осмотическое давление разбавленных растворов неэлектролитов прямо пропорционально молярной концентрации растворенного вещества:

$$\pi = C(X) \cdot R \cdot T$$

$$C(X) = \frac{n(X)}{V_{p-ра}} = \frac{m(X)}{M(X) \cdot V_{p-ра}}$$

$$\pi = \frac{n(X)}{V_{p-ра}} R \cdot T = \frac{m(X)}{M(X) \cdot V_{p-ра}} \cdot R \cdot T, \text{ где}$$

$\pi$  – осмотическое давление,

$C(X)$  – молярная концентрация вещества X,

X – формула растворённого вещества;

R – универсальная газовая постоянная ( $R = 8,31 \text{ л} \cdot \text{кПа} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ),

T – абсолютная температура ( $T = t + 273$ ).

#### 4. Лабораторные работы

1. **ОСМОС И ОСМОТИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЕ** (демонстрационный опыт).

**Цель работы:** Изучить процесс односторонней диффузии через полупроницаемую перегородку.

##### Теоретическая часть.

Осмозом называется преимущественно одностороннее проникновение молекул растворителя (диффузия) через полупроницаемую мембрану из растворителя в раствор или из раствора с меньшей концентрацией в раствор с большей концентрацией.

Для изучения явления осмоса используется мембрана, проницаемая только для молекул растворителя, в частности для молекул воды.

В процессе осмоса вода диффундирует через полупроницаемую мембрану в обоих направлениях. Но (в соответствии с законом Фика), по градиенту химического потенциала больше молекул воды переходит туда, где её концентрация меньше, т.е. из растворителя в раствор или из менее концентрированного раствора в более концентрированный раствор, т.е. в направлении падения химического потенциала.

С точки зрения термодинамики движущей силой осмоса является стремление системы к выравниванию концентраций.

Поскольку система переходит в менее упорядоченное состояние, то её энтропия возрастает ( $\Delta S > 0$ ), в результате чего энергия Гиббса уменьшается ( $\Delta G < 0$ ), а химические потенциалы выравниваются. Поэтому осмос – самопроизвольный процесс.

**Ход работы.** Сосуд, дном которого является полупроницаемая мембрана, наполните 70 % раствором сахарозы, закройте пробкой, в отверстие которой вставлена тонкая трубка, и погрузите в большой сосуд с водой так, чтобы уровни жидкостей в сосудах совпадали. В результате осмоса объём раствора во внутреннем сосуде увеличивается, и столб жидкости постепенно повышается. При этом создаётся препятствующее осмосу дополнительное гидростатическое давление ( $p_{\text{гидр}}$ ) столба жидкости высотой  $h$ . При некоторой высоте  $h_{\text{макс}}$  гидростатическое давление достигает такого значения, при котором осмос прекратится, т.е. наступит осмотическое равновесие.

Дополнительное гидростатическое давление столба жидкости можно рассчитать по формуле

$$p_{\text{г}} = h \cdot \rho \cdot g,$$

где  $p_{\text{г}}$  – гидростатическое давление (дополнительное), Н/м<sup>2</sup>;

$h$  – высота столба жидкости, м;

$\rho$  – плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  – ускорение силы тяжести, равное 9,8 м/с<sup>2</sup>.

Гидростатическое давление столба жидкости при осмотическом равновесии определяет осмотическое давление.

Отметьте уровень раствора в трубке до погружения сосуда в воду и через 1 час после погружения.

Измерьте высоту столба жидкости.

Рассчитайте величину гидростатического давления столба жидкости.

Объясните, является ли установленное в опыте гидростатическое давление осмотическим давлением.

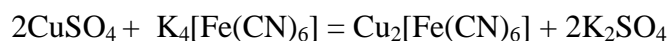
**Вывод:**

## II. РОСТ ИСКУССТВЕННОЙ КЛЕТКИ ТРАУБЕ

**Цель работы:** Изучить явление осмоса через искусственную полупроницаемую мембрану, состоящую из неорганической соли.

**Теоретическая часть.**

Требованиям полупроницаемости в большей или меньшей степени отвечают различные оболочки растительного или животного происхождения, а также некоторые материалы, полученные искусственно, например, пленка коллодия. Примером искусственной полупроницаемой оболочки может служить оболочка из гексацианоферрата(II) меди, полученного по реакции:



**Ход работы:** В пробирку налить около 3 мл 5 % раствора  $\text{CuSO}_4$  и опустить в раствор кристаллики  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ . На поверхности кристалла образуется сплошная пленка  $\text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ , пропускающая воду, но задерживающая частицы солей. Через час зарисовать в тетрадь образующуюся полость.

**Вывод:**

### **Литература:**

1. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов: учебник для вузов / Ю.А. Ершов, В.А. Попков, А.С. Берлянд; Под. ред. Ю.А. Ершова. – 10-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во Юрайт, 2014. – 560 с. – Серия: Бакалавр. Базовый курс.
2. Ершов Ю.А., Попков А.А., Берлянд А.С. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов. Под. ред. Ю.А. Ершова – М.: Высшая школа, 1993. С. 42-51.
3. Равич-Щербо М.И., Новиков В.В. Физическая и коллоидная химия. М.: Высшая школа, 1975, ч. 1, гл. II.
4. Ленский А.С. Введение в бионеорганическую и биофизическую химию. М.: Высшая школа, 1989, с.93-102, 112-125.

## **Занятие № 2**

**I. Тема: Осмотические свойства растворов электролитов. Электролиты в организме**

**II. Тип занятия:** лабораторные работы

**III. Цель:** Сформировать знания теории растворов как основу для понимания электролитного гомеостаза организма человека, и роли растворов в процессах жизнедеятельности.

**IV. Значимость темы:** Знание теории растворов необходимо для понимания роли осмоса в биологических системах, в частности онкотического давления крови. Студенты знакомятся с понятиями «осмолярность» и «осмоляльность», которые применяются для характеристики биологических жидкостей и перфузионных растворов, и «изоосмия» (электролитный гомеостаз).

**V. Исходный уровень**

1. Электролитическая диссоциация кислот, оснований, солей.
2. Степень диссоциации.
3. Сильные и слабые электролиты.
4. Молярная концентрация растворов, массовая доля растворенного вещества.

**VI. Содержание занятия**

### **1. Теория**

1. Осмотические свойства растворов электролитов. Изотонический коэффициент: физический смысл, расчёт, связь с кажущейся степенью диссоциации.
2. Гипо-, гипер-, изотонические растворы; их применение в медицине. Понятие об изоосмии (электролитном гомеостазе). Осмоляльность и осмолярность биологических жидкостей: определение понятий, значение, связь с моляльностью и молярной концентрацией. Осмолярность крови.
3. Роль осмоса в биологических системах. Плазмолиз и цитолиз. Зависимость степени гемолиза эритроцитов от концентрации раствора NaCl.
4. Константа диссоциации (ионизации) слабого электролита. Закон разведения Оствальда: формулировка, вывод.
5. Активность. Коэффициент активности ионов. Ионная сила раствора.
6. Роль электролитов в процессах жизнедеятельности. Интервалы значений pH для различных жидкостей человеческого организма в норме и патологии.

## 2. Задачи

1. Температура кипения водного раствора NaOH 102,65 °С. Кажущаяся степень ионизации электролита равняется 70%.  
Установите, какую массу NaOH растворили в 100 г воды.
2. Раствор, содержащий 2,1 г КОН в 250 мл воды, замерзает при -0,514 °С.  
Рассчитайте изотонический коэффициент и кажущуюся степень диссоциации.
3. Осмотическое давление 0,5 М раствора карбоната калия равно 2726 кПа при 0 °С.  
Вычислите кажущуюся степень диссоциации K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> в растворе.

## 3. Формулы, необходимые для решения задач по теме «Растворы электролитов»

1. Следствие из закона Рауля для растворов электролитов:

$$\Delta T_k = i \cdot K_s \cdot \nu(X)$$

$$\Delta T_z = i \cdot K_s \cdot \nu(X)$$

$$\pi = i \cdot C(X) \cdot R \cdot T$$

**Примечание:**  $i$  – изотонический коэффициент.  $i = 1 + \alpha(n-1)$ , где  $\alpha$  – кажущаяся степень диссоциации,  $n$  – число ионов, на которое диссоциирует электролит.

## 4. Лабораторная работа

### I. ГЕМОЛИЗ ЭРИТРОЦИТОВ

**Цель работы:** Установить зависимость степени гемолиза эритроцитов от концентрации раствора NaCl.

#### Теоретическая часть.

Явление осмоса играет важную роль во многих химических и биологических системах.

Благодаря осмосу регулируется поступление воды в клетки и межклеточные структуры.

Упругость клеток (тургор), обеспечивающая эластичность тканей и сохранение определённой формы органов, обусловлена осмотическим давлением.

Животные и растительные клетки имеют оболочки или поверхностный слой протоплазмы, обладающие свойствами полупроницаемых мембран. При помещении этих клеток в растворы с различной концентрацией возможны следующие варианты.

1. В изотоническом растворе клетки сохраняют свой размер неизменным и нормально функционируют.
2. При помещении клеток в гипотонический раствор вода из менее концентрированного внешнего раствора переходит внутрь клеток, что приводит к их набуханию, а затем к разрыву оболочек и вытеканию клеточного содержимого. Кровь с клеточным содержимым, выходящим наружу при гемолизе, за свой цвет называется лаковой кровью. Такое разрушение клеток называют лизисом, а в случае эритроцитов – гемолизом.
3. При помещении этих клеток в гипертонический раствор вода из клеток уходит в более концентрированный раствор, что приводит к сморщиванию клеток. Это явление называется плазмолизом.

Допустимые колебания осмотического давления крови человека весьма незначительны и даже при тяжёлой патологии не превышают нескольких десятков кПа (десятые доли атмосферы). Поэтому, при различных процедурах в кровь человека в больших количествах можно вводить только изотонические растворы. Осмотическое давление крови человека при 37 °С (310 К) составляет 7,7 атм (780 кПа). Аналогичное давление создаёт 0,9 % раствор NaCl в воде, который, следовательно, изотоничен крови. Таким образом, гемолиз эритроцитов будет протекать в водных растворах NaCl с процентной концентрацией меньше 0,9 %, а плазмолиз при концентрациях выше 0,9 %.

Начало гемолиза в норме наблюдается при концентрации NaCl 0,46 – 0,50 %. При этих концентрациях разрушаются наименее устойчивые эритроциты.

Полный гемолиз в норме отмечается при концентрации NaCl 0,32 %.

**Ход работы:** В 9 пробирках приготовить растворы хлорида натрия различной концентрации путем смешивания 1% раствора NaCl с дистиллированной водой в соотношениях, указанных в таблице:

№ пробирки	Объем дистиллированной воды, мл	Объем 1% раствора NaCl, мл	Полученная концентрация раствора NaCl, %	Отметка о гемолизе эритроцитов
1	2,4	0,6	0,2	
2	2,1	0,9	0,3	
3	1,8	1,2	0,4	



4	1,5	1,5	0,5	
5	1,2	1,8	0,6	
6	0,9	2,1	0,7	
7	0,6	2,4	0,8	
8	0,3	2,7	0,9	
9	0,0	3,0	1,0	

В каждую пробирку добавить по 2 капли крови, пробирки встряхнуть и оставить на 1 час.

Через час оценить степень гемолиза:

+ - начало гемолиза,

++ - частичный гемолиз,

+++ - полный гемолиз.

Результаты занесите в таблицу.

### **Выводы:**

Укажите область концентраций раствора NaCl, в которой возможен гемолиз.

Установите зависимость степени гемолиза эритроцитов от концентрации раствора NaCl.

Объясните, какой процесс может протекать в 9-й пробирке.

### **Литература:**

1. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов: учебник для вузов / Ю.А. Ершов, В.А. Попков, А.С. Берлянд; Под. ред. Ю.А. Ершова. – 10-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во Юрайт, 2014. – 560 с. – Серия: Бакалавр. Базовый курс.
2. Ершов Ю.А., Попков А.А., Берлянд А.С. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов. Под. ред. Ю.А. Ершова – М.: Высшая школа, 1993. С. 42-51.
3. Равич-Щербо М.И., Новиков В.В. Физическая и коллоидная химия. М.: Высшая школа, 1975, ч. 1, гл. II.
4. Ленский А.С. Введение в бионеорганическую и биофизическую химию. М.: Высшая школа, 1989, с.93-102, 112-125.

## **Занятие № 3**

**I. Тема:** Химическая термодинамика и её применение к биосистемам

**II. Тип занятия:** лабораторные работы

**III. Цель:** Сформировать знания химических закономерностей, определяющих направленность самопроизвольно протекающих химических реакций и необходимых

для понимания биоэнергетических и биохимических процессов в организме человека в норме и патологии.

**IV. Значимость темы:** Химическая термодинамика является теоретической основой биоэнергетики. У студентов должно сложиться чёткое представление о взаимосвязи между процессами обмена веществ и энергии в организме. Термодинамические закономерности протекания физико-химических процессов необходимы для дальнейшего изучения и понимания сущности биохимических реакций. Законы термодинамики позволяют будущему врачу получить ясное представление об энергетическом балансе живых систем, установить специфические особенности преобразования в процессе жизнедеятельности одних видов энергии в другие, получить объективные критерии, с помощью которых можно судить об осуществимости тех или иных реакций в человеческом организме. С позиций термодинамики рассматриваются такие важные для химии живых систем понятия, как буферное действие, гомеостаз и стационарное состояние.

#### V. Исходный уровень

1. Типы химических реакций: реакции соединения, разложения, обмена.
2. Тепловой эффект химических реакций.
3. Тепловой эффект при растворении.
4. Электролитическая диссоциация кислот, оснований, солей. Сильные и слабые электролиты.
5. Ионные уравнения.

#### VI. Содержание занятия

##### 1. Теория

1. Химическая термодинамика и её практическое значение.
2. Основные понятия термодинамики (определение, классификация, примеры):
  - термодинамическая система,
  - окружающая среда,
  - термодинамические параметры,
  - термодинамическое состояние,
  - термодинамический процесс.
3. Внутренняя энергия и энтальпия: определение понятий, взаимосвязь, влияние различных факторов, расчетные формулы.
4. Стандартная энтальпия простых и сложных веществ. Использование энтальпии для расчёта энергетической ценности пищевых продуктов.
5. Первое начало термодинамики: связь с законом сохранения энергии, формулировка.
6. Применение первого начала термодинамики к биосистемам.

##### 2. Задачи

1. Рассчитайте тепловой эффект реакции  $\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$ , если:  
 $\Delta H_{298}^{\circ} \text{обр} (\text{CaCO}_3) = -1206,9 \text{ кДж/моль}$ ,  
 $\Delta H_{298}^{\circ} \text{обр} (\text{CaO}) = -635,5 \text{ кДж/моль}$ ,  
 $\Delta H_{298}^{\circ} \text{обр} (\text{CO}_2) = -393,5 \text{ кДж/моль}$ .
2. Анаэробный гликолиз (превращение глюкозы в молочную кислоту без участия кислорода) протекает в организме человека в 11 стадий.

Составьте суммарное уравнение реакции для данного процесса.

Подтвердите корректность его написания формулировкой соответствующего закона.

Рассчитайте тепловой эффект реакции.

Назовите составные части выделившейся энергии и пути их использования.

Подтвердите Ваш ответ соответствующим уравнением.

Укажите название конечного продукта по ЗН ИЮПАК.

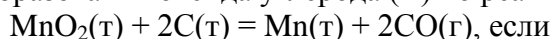
$\Delta H^{\circ}_{\text{обр}}(\text{гл.}) = -1274,41 \text{ кДж/моль}$ ;  $\Delta H^{\circ}_{\text{обр}}(\text{м.к.}) = -673 \text{ кДж/моль}$ .

3. \*Определите тепловой эффект реакции  $2\text{KClO}_3(\text{т}) = 2\text{KCl}(\text{т}) + 3\text{O}_2(\text{г})$ , если:

$$\Delta H^{\circ}_{298\text{обр}}(\text{KClO}_3) = -391,2 \text{ кДж/моль},$$

$$\Delta H^{\circ}_{298\text{обр}}(\text{KCl}) = -435,9 \text{ кДж/моль}.$$

4. Вычислите  $\Delta H^{\circ}_{298}$  образования оксида углерода (II) по реакции



$$\Delta H^{\circ}_{298(\text{р})} = 301 \text{ кДж}, \Delta H^{\circ}_{298\text{обр}}(\text{MnO}_2) = -522 \text{ кДж/моль}.$$

5. \*Рассчитайте тепловой эффект реакции  $\text{N}_2 + \text{O}_2 = 2\text{NO}$ , если известно:

$$1) 2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2 + 112,94 \text{ кДж},$$

$$2) \text{N}_2 + 2\text{O}_2 = 2\text{NO}_2 + 67,64 \text{ кДж}.$$

6. \*Определите энтальпию реакции  $4\text{KClO}_3 = 3\text{KClO}_4 + \text{KCl}$ , если известно:

$$1) \text{KClO}_3 = \text{KCl} + 3/2\text{O}_2, \quad \Delta H = -49,4 \text{ кДж},$$

$$2) \text{KClO}_4 = \text{KCl} + 2\text{O}_2, \quad \Delta H = 33 \text{ кДж}.$$

**Примечание:** Задачи, отмеченные звёздочкой (2, 4, 5), необязательны для решения (бонусные).

### Литература:

1. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов: учебник для вузов / Ю.А. Ершов, В.А. Попков, А.С. Берлянд; Под. ред. Ю.А. Ершова. – 10-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во Юрайт, 2014. – 560 с. – Серия: Бакалавр. Базовый курс.
2. Ершов Ю.А., Попков А.А., Берлянд А.С. и др. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов. Под. ред. Ю.А. Ершова – М.: Высшая школа, 1993. – 560 с.
3. Глинка Н.Л. Общая химия. Л.: Химия. 1979 и далее, глава VI.
4. Равич-Щербо М.И., Новиков В.В. Физическая и коллоидная химия. М.: Высшая школа, 1975, ч. 1, гл. 1.
5. Ленский А.С. Введение в бионеорганическую и биофизическую химию. М.: Высшая школа, 1989. – 256 с.

## Занятие № 4

- I. Тема: Второе начало термодинамики и его использование для прогнозирования направления самопроизвольно протекающих процессов**

## II. Тип занятия: лабораторные работы

**III. Цель:** Сформировать знания химических закономерностей, определяющих направленность самопроизвольно протекающих химических реакций и необходимых для понимания биоэнергетических и биохимических процессов в организме человека в норме и патологии.

**IV. Значимость темы:** Термодинамические закономерности протекания физико-химических процессов необходимы для дальнейшего изучения и понимания сущности биохимических реакций. Законы термодинамики позволяют будущему врачу установить специфические особенности преобразования в процессе жизнедеятельности одних видов энергии в другие, получить объективные критерии, с помощью которых можно судить об осуществимости тех или иных реакций в человеческом организме. С позиций термодинамики рассматриваются такие важные для химии живых систем понятия, как буферное действие, гомеостаз и стационарное состояние.

## V. Исходный уровень

1. Типы химических реакций: реакции соединения, разложения, обмена.
2. Тепловой эффект химических реакций.
3. Тепловой эффект при растворении.
4. Электролитическая диссоциация кислот, оснований, солей. Сильные и слабые электролиты.
5. Ионные уравнения.

## VI. Содержание занятия

### 1. Теория

1. Значение и сущность 2-го начала термодинамики. Необратимость естественных (самопроизвольных) процессов. Свободная и связанная энергия.
2. Энтропия как мера связанной энергии. Расчет энтропии веществ в изотермических и изобарных процессах (формулы, выводы), стандартная энтропия (определение, обозначение), расчет  $\Delta S$  химической реакции. Процессы в организме человека, протекающие с изменением энтропии.
3. Энергия Гиббса. Уравнение Гиббса.  $\Delta G$  как критерий самопроизвольного протекания изобарно-изотермических процессов. Экзергонические и эндергонические процессы: определение, возможность протекания в организме, примеры.

### 2. Задачи

1. Анаэробный гликолиз (превращение глюкозы в молочную кислоту без участия кислорода) протекает в организме человека в 11 стадий.

Составьте суммарное уравнение реакции для данного процесса.

Подтвердите корректность его написания формулировкой соответствующего закона.

Рассчитайте тепловой эффект реакции.

Назовите составные части выделившейся энергии и пути их использования.

Подтвердите Ваш ответ соответствующим уравнением.

Укажите название конечного продукта по ЗН ИЮПАК.

$$\Delta H^{\circ}_{\text{обр}} (\text{гл.}) = - 1274,41 \text{ кДж/моль}; \Delta H^{\circ}_{\text{обр}} (\text{м.к.}) = - 673 \text{ кДж/моль.}$$

2. *\*Рассчитайте*  $\Delta S^{\circ}_{298}$  реакции  $2\text{NO}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = 2\text{NO}_2(\text{г})$ , если:  
 $S^{\circ}_{298}(\text{NO}, \text{г}) = 210,6 \text{ Дж/моль}\cdot\text{К}$ ,  
 $S^{\circ}_{298}(\text{O}_2, \text{г}) = 205 \text{ Дж/моль}\cdot\text{К}$ ,  
 $S^{\circ}_{298}(\text{NO}_2, \text{г}) = 240,2 \text{ Дж/моль}\cdot\text{К}$ .
3. *\*Определите*  $\Delta G^{\circ}_{298}$  реакции  $\text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{CO} = 3\text{Fe} + 4\text{CO}_2$ , если:  
 $\Delta G^{\circ}_{298}(\text{Fe}_3\text{O}_4) = -1014 \text{ кДж/моль}$ ,  
 $\Delta G^{\circ}_{298}(\text{CO}) = -137,2 \text{ кДж/моль}$ ,  
 $\Delta G^{\circ}_{298}(\text{CO}_2) = -394 \text{ кДж/моль}$ .
- Установите* возможность самопроизвольного протекания процесса в стандартных условиях.
4. Установлено, что для гидролиза АТФ (при  $36^{\circ}\text{C}$  и физиологических значениях pH)  $\Delta H = -4800 \text{ ккал/моль}$ ,  $\Delta G = -7000 \text{ ккал/моль}$ .  
*Вычислите* величину  $\Delta S$  процесса (кДж/К) для указанных условий.  
*Сделайте* вывод об изменении энтропии (увеличивается или уменьшается).  
*Объясните* (исходя из полученного результата) как меняется при этом неупорядоченность системы.  
*Подтвердите* Ваш тезис соответствующей схемой реакции гидролиза.
5. В биологическом полимере (белке) имеет место следующее превращение:  
нативное состояние  $\rightleftharpoons$  денатурированное состояние.  
*Установите* знак  $\Delta S^{\circ}$  процесса, если  $\Delta G^{\circ} < 0$ , а  $\Delta H^{\circ} > 0$  (при  $t = 60^{\circ}\text{C}$ ).  
*Объясните*, что это означает с точки зрения структуры белка.

**Примечание:** Задачи, отмеченные звездочкой (2, 3), необязательны для решения (входят в рубежный контроль).

### Литература:

- Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов: учебник для вузов / Ю.А. Ершов, В.А. Попков, А.С. Берлянд; Под. ред. Ю.А. Ершова. – 10-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во Юрайт, 2014. – 560 с. – Серия: Бакалавр. Базовый курс.
- Ершов Ю.А., Попков А.А., Берлянд А.С. и др. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов. Под. ред. Ю.А. Ершова – М.: Высшая школа, 1993. – 560 с.
- Глинка Н.Л. Общая химия. Л.: Химия. 1979 и далее, глава VI.
- Равич-Щербо М.И., Новиков В.В. Физическая и коллоидная химия. М.: Высшая школа, 1975, ч. 1, гл. 1.
- Ленский А.С. Введение в бионеорганическую и биофизическую химию. М.: Высшая школа, 1989. – 256 с.

### Занятие № 5

- I. Тема: Химическая кинетика и её значение для изучения скоростей и механизмов биохимических процессов**

## II. Тип занятия: лабораторные работы

**III. Цель:** Сформировать знания кинетических закономерностей, определяющих скорость химических реакций и необходимых для понимания механизмов биологических процессов.

**IV. Значимость темы:** Химическая кинетика является основой для изучения скоростей и механизмов биохимических процессов. Знание химической кинетики позволяет делать выводы о механизме действия ферментов, химической природе их активных центров, а также о последовательности протекающих стадий, т.е. о механизме сложных реакций, протекающих в организме.

## V. Исходный уровень

1. Скорость химических реакций.
2. Зависимость скорости реакции от природы реагирующих веществ, концентрации, температуры.

## VI. Содержание занятия

### 1. Теория

1. Предмет химической кинетики. Химическая кинетика как основа для изучения скоростей и механизмов биохимических процессов.
2. Классификация химических реакций. Реакции обратимые и необратимые, гомогенные и гетерогенные, простые и сложные, последовательные, цепные, сопряженные: определение, примеры.
3. Скорость химической реакции: определение, средняя и истинная скорости.
4. Зависимость скорости реакции от концентрации реагирующих веществ (закон действующих масс).
5. Молекулярность элементарного акта реакции. Определение молекулярности сложной реакции.
6. Порядок реакции. Кинетические уравнения реакции нулевого, первого и второго порядков.
7. Зависимость скорости реакции от температуры: правило Вант-Гоффа, особенности температурного коэффициента для биохимических процессов, уравнение Аррениуса.

### 2. Задачи

1. Рассчитайте изменение скорости реакции  $2\text{NO}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = 2\text{NO}_2(\text{г})$  при разбавлении смеси реагирующих веществ в 3 раза.
2. \*Рассчитайте изменение скорости газовой реакции  $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$  при увеличении давления в 3 раза.
3. Температурный коэффициент некоторой газовой реакции равен 3. Рассчитайте изменение скорости этой реакции при понижении температуры реакционной смеси от  $140^\circ\text{C}$  до  $100^\circ\text{C}$ .

**Примечание:** Задача, отмеченная звездочкой, необязательна для решения (бонусная).

### 3. Лабораторные работы

# 1. ЗАВИСИМОСТЬ СКОРОСТИ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ РЕАГИРУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

**Цель работы:** Изучить зависимость скорости разложения тиосульфата натрия от его концентрации.

## Теоретическая часть.

Зависимость скорости химической реакции от концентрации реагирующих веществ изучается на примере взаимодействия тиосульфата натрия с раствором серной кислоты.

Эта реакция протекает в три стадии:

- 1)  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4$
- 2)  $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3 = \text{H}_2\text{SO}_3 + \text{S}$
- 3)  $\text{H}_2\text{SO}_3 = \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$ .

Скорость всего процесса определяется скоростью наиболее медленной второй реакции, т.е. реакцией самопроизвольного разложения тиосерной кислоты.

Так как разложение тиосерной кислоты сопровождается выделением эквивалентного количества коллоидной серы, то по плотности её суспензии можно судить о количестве разложившейся серной кислоты, и, следовательно, тиосульфата натрия.

**Ход работы.** В пять пробирок налейте из бюреток 0,1 М раствор  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  и воду в объемах, указанных в таблице.

В другие 5 пробирок налейте из бюретки по 5 мл 1 М раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

Объедините попарно приготовленные растворы  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (первый раствор приливайте ко второму) и отсчитайте время до начала помутнения содержимого каждой пробирки.

Результаты опыта запишите в таблицу.

№ пробирки	Объем раствора, мл			Конечная концентрация $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , моль/л	Время до начала помутнения, сек	$V_{\text{усл}}$ , сек
	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	$\text{H}_2\text{O}$	$\text{H}_2\text{SO}_4$			
1	1	4	5	0,01		
2	2	3	5	0,02		
3	3	2	5	0,03		
4	4	1	5	0,04		
5	5	0	5	0,05		

Составьте суммарное уравнение изучаемой реакции.

Установите её молекулярность.

Напишите кинетическое уравнение реакции взаимодействия тиосульфата натрия с серной кислотой.

Рассчитайте условную скорость реакции разложения тиосульфата натрия ( $V_{\text{усл}}$ ) по уравнению:  $V_{\text{усл}} = 1/t$ , где  $t$  – время до начала помутнения, сек.

Постройте график зависимости условной скорости реакции от концентрации  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ .

**Вывод:**

## Литература:

1. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов: учебник для вузов / Ю.А. Ершов, В.А. Попков, А.С. Берлянд; Под. ред. Ю.А. Ершова. – 10-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во Юрайт, 2014. – 560 с. – Серия: Бакалавр. Базовый курс.

2. Ершов Ю.А., Попков А.А., Берлянд А.С. и др. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов. Под. ред. Ю.А. Ершова – М.: Высшая школа, 1993. С. 32-42, 391-416.
3. Глинка Н.Л. Общая химия. Л.: Химия. 1979 и далее, глава VI.
4. Равич-Щербо М.И., Новиков В.В. Физическая и коллоидная химия. М.: Высшая школа, 1975, ч. 1, гл. VI, с. 101-117.

## Занятие № 6

### I. Тема: Химическое равновесие

### II. Тип занятия: лабораторные работы

**III. Цель:** Сформировать знания кинетических закономерностей, определяющих скорость химических реакций и необходимых для понимания механизмов биологических процессов, в том числе равновесных.

**IV. Значимость темы:** Знание темы позволяет понять почему в живом организме многие реакции не достигают стадии динамического равновесия.

### V. Исходный уровень

1. Скорость химических реакций.
2. Зависимость скорости реакции от природы реагирующих веществ, концентрации, температуры.
3. Обратимость химических реакций.
4. Химическое равновесие и условия его смещения.

### VI. Содержание занятия

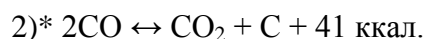
#### 1. Теория

1. Химическое равновесие. Константа химического равновесия.
2. Уравнение изотермы химической реакции.
3. Прогнозирование смещения химического равновесия (принцип Ле-Шателье).

#### 2. Задачи

1. Объясните влияние температуры на равновесное состояние обратимых реакций:
  - 1)  $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \leftrightarrow 2\text{SO}_3 \quad \Delta H_p = -196,6 \text{ кДж}$ ,
  - 2)\*  $\text{N}_2 + \text{O}_2 \leftrightarrow 2\text{NO} \quad \Delta H_p = 180,7 \text{ кДж}$ .
2. Объясните влияние давления на равновесное состояние обратимых реакций:
  - 1)  $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \leftrightarrow 2\text{SO}_3$ ,
  - 2)\*  $\text{N}_2 + \text{O}_2 \leftrightarrow 2\text{NO}$ .
3. Объясните влияние концентрации CO на смещение равновесия реакций:
  - 1)  $\text{COCl}_2 \leftrightarrow \text{CO} + \text{Cl}_2 - 27 \text{ ккал}$ ,





**Примечание:** Задания, отмеченные звездочкой, необязательны для решения (бонусные).

### 3. Лабораторные работы

#### 1. ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ НА СМЕЩЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ

**Цель работы:** Изучить влияние концентрации веществ, участвующих в обратимой реакции образования тиоцианата железа (III), на смещение химического равновесия.

##### Теоретическая часть.

Направление смещения химического равновесия регламентируется принципом Ле-Шателье.

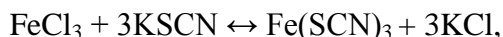
Его формулировка: если на систему, находящуюся в состоянии химического равновесия оказать какое-либо воздействие (изменить температуру, давление или концентрацию), то равновесие сдвигается в сторону протекания той реакции, которая ослабляет это воздействие.

Для каждого из трёх факторов существует частная формулировка принципа Ле-Шателье.

Влияние концентрации. Увеличение концентрации одного из исходных веществ или уменьшение концентрации одного из продуктов реакции смещает равновесие в сторону прямой реакции.

И наоборот, уменьшение концентрации одного из исходных веществ или увеличение концентрации одного из продуктов реакции смещает равновесие в сторону обратной реакции.

Влияние концентрации на смещение химического равновесия изучается на примере обратимой реакции



в которой участвующие вещества имеют следующую окраску: KSCN и KCl – бесцветные, Fe(SCN)<sub>3</sub> – красного цвета, FeCl<sub>3</sub> – желтого. При изменении концентрации одного из реагирующих веществ окраска раствора меняется, что указывает на направление смещения равновесия.

**Ход работы:** К 20 мл воды в небольшом стакане прибавьте по несколько капель насыщенных растворов FeCl<sub>3</sub> и KSCN до появления розового цвета. Полученный раствор разлейте в 4 пробирки. В первую добавьте несколько капель концентрированного раствора FeCl<sub>3</sub>, во вторую – несколько капель концентрированного раствора KSCN, в третью – немного кристаллического KCl, четвертую оставьте для сравнения.

Результаты внесите в таблицу.

№ пробирки	Добавленный раствор	Изменение интенсивности окраски раствора (увеличение или уменьшение)	Направление смещения равновесия (указывается стрелками)
1	FeCl <sub>3</sub>		
2	KSCN		
3	KCl		
4	-		

**Результаты и их обсуждение:**

Напишите уравнение изучаемой реакции.

Укажите цвета, участвующих в реакции веществ, под соответствующими формулами.

Объясните изменение интенсивности окраски раствора тиоцианата железа (III) при добавлении указанных веществ.

**Вывод:**

## 2. ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА СМЕЩЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ

**Цель работы:** Изучить влияние температуры на смещение равновесия реакции взаимодействия йода с крахмалом.

**Теоретическая часть.**

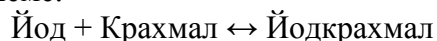
При повышении температуры равновесие обратимого процесса смещается в сторону прохождения той реакции, которая ослабляет данное воздействие, т.е. будет снижать температуру.

Снижение температуры происходит за счет поглощения энергии, следовательно, будет протекать эндотермическая реакция.

Аналогичные рассуждения приведут к тому, что понижение температуры приведет к смещению равновесия в сторону экзотермической реакции.

Следовательно, повышение температуры смещает равновесие в сторону эндотермической реакции, а понижение температуры – в сторону экзотермической реакции. Данное положение является частной формулировкой принципа Ле-Шателье для температуры.

Влияние температуры на смещение химического равновесия изучается на примере реакции взаимодействия йода с крахмалом, в результате чего образуется вещество сложного состава синего цвета по схеме:



**Ход работы:** В 2 пробирки налейте по 4-5 мл раствора крахмала и добавьте несколько капель 0,1 М раствора йода до получения бледно-синего цвета.

Первую пробирку нагрейте, затем охладите, а вторую оставьте для сравнения.

**Результаты и их обсуждение:**

Укажите окраску раствора при нагревании и при охлаждении.

Объясните, в каком направлении смещается процесс при изменении температуры.

Установите тепловой эффект прямой и обратной химической реакции, согласовав смещение равновесия с изменением окраски раствора.

Напишите термохимическое уравнение изучаемой обратимой реакции.

**Вывод:**

### Литература:

1. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов: учебник для вузов / Ю.А. Ершов, В.А. Попков, А.С. Берлянд; Под. ред. Ю.А. Ершова. – 10-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во Юрайт, 2014. – 560 с. – Серия: Бакалавр. Базовый курс.
2. Ершов Ю.А., Попков А.А., Берлянд А.С. и др. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов. Под. ред. Ю.А. Ершова – М.: Высшая школа, 1993. С. 32-42, 391-416.

3. Глинка Н.Л. Общая химия. Л.: Химия. 1979 и далее, глава VI.
4. Равич-Щербо М.И., Новиков В.В. Физическая и коллоидная химия. М.: Высшая школа, 1975, ч. 1, гл. VI, с. 101-117.
5. Ленский А.С. Введение в бионеорганическую и биофизическую химию. М.: Высшая школа, 1989, с. 55-67, 70-73.

## Занятие № 7

### I. Тема: Буферные системы: классификация, состав, свойства

### II. Тип занятия: лабораторные работы

**III. Цель:** Сформировать знания состава, свойств и механизмов действия буферных систем организма для понимания для понимания их биологической роли.

**IV. Значимость темы:** Постоянство реакции среды живых организмов обеспечивается прежде всего наличием пяти кислотных буферных систем: гидрокарбонатной, фосфатной, белковой, гемоглобиновой и оксигемоглобиновой (система гемоглобин-оксигемоглобин).

### V. Исходный уровень

1. Химическое равновесие и прогнозирование его смещения. Принцип Ле-Шателье.
2. Автопротолиз воды. Константа автопротолиза воды.
3. Водородный и гидроксидный показатели. Соотношение между  $[H^+]$  и  $[OH^-]$ , рН и рОН.
4. Сильные и слабые электролиты. Степень диссоциации слабого электролита.

### VI. Содержание занятия

#### 1. Теория

1. Буферные системы: определение, состав, классификация.
2. Уравнение Гендерсона-Гассельбаха для расчета рН кислотных и основных буферных систем.
3. Механизм действия буферных систем при добавлении кислоты и щелочи (на примере ацетатной, аммиачной и белковой), разбавлении водой.
4. Буферная емкость и факторы на нее влияющие. Зона буферного действия.

#### 2. Задачи

1. \*Аммиачная буферная система состоит из двух составных частей.  
Классифицируйте её по составу и природе компонентов.  
Укажите интервал значений рН, внутри которого эта система обладает буферной емкостью.  
Напишите уравнения реакций, отражающих механизм её действия (ионная форма).  
Объясните, почему аммиачная буферная система не входит в состав крови.

2. К 7 мл 0,2 М раствора гидроксида аммония добавили 3 мл хлорида аммония той же концентрации.  
Укажите название полученного буферного раствора.  
Рассчитайте его рН.  
Определите цвет метилового красного в данном буфере, учитывая, что зона перемены окраски индикатора равна, рН: 4,2 – 6,3.  
 $K_d(\text{NH}_4\text{OH}) = 1,8 \cdot 10^{-5}$  моль/л;  $\lg 1,8 = 0,25$ ;  $\lg 3 = 0,48$ ;  $\lg 7 = 0,85$ .
3. Рассчитайте изменение рН фосфатной буферной системы при уменьшении концентрации кислотного компонента в 20 раз ( $\lg 20 = 1,3$ ).
4. \*Рассчитайте изменение рН аммиачной буферной системы при увеличении концентрации основного компонента в 10 раз.

**Примечание:** Задачи, отмеченные звездочкой, необязательны для решения (бонусные).

### 3. Лабораторные работы

#### 1. ПРИГОТОВЛЕНИЕ БУФЕРНЫХ РАСТВОРОВ

**Цель работы:** Освоить методику приготовления буферных растворов. Установить зависимость рН буферных растворов от различных факторов.

##### Теоретическая часть.

Буферными называются растворы, достаточно стойко поддерживающие на постоянном уровне концентрацию ионов  $\text{H}^+$ , а, следовательно, рН при добавлении к ним небольших количеств щелочей и сильных кислот, а также при разбавлении.

Буферные растворы препятствуют изменению концентрации ионов  $\text{H}^+$  только в определённом интервале значений рН, который называется зоной буферного действия.

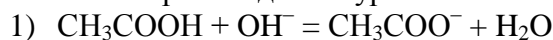
Компоненты буферного раствора, противодействующие изменению рН, называются буферной системой.

##### Пример:

Ацетатный буферный раствор состоит из уксусной кислоты, ацетата натрия и воды.

Ацетатная буферная система состоит из уксусной кислоты и ацетат-аниона.

Нейтрализация щелочей и сильных кислот происходит по уравнениям:



рН кислотных буферных растворов рассчитывается по уравнению Гендерсона–Гассельбаха, которое имеет два варианта:

$$\text{а) } \text{pH} = \text{p}K_{\text{к}} + \lg \frac{[\text{соль}]}{[\text{к} - \text{та}]}$$

$$\text{б) } \text{pH} = \text{p}K_{\text{к}} - \lg \frac{[\text{к} - \text{та}]}{[\text{соль}]}$$

Если компоненты буферного раствора имеют одинаковые молярные концентрации эквивалентов, то уравнение Гендерсона–Гассельбаха примет следующий вид:

$$\text{в) } \text{pH} = \text{p}K_{\text{к}} + \lg \frac{V_{\text{с}}}{V_{\text{к}}}.$$

Уравнение Гендерсона–Гассельбаха используется для приготовления буферных растворов.

**Ход работы:** В семь пробирок одинакового диаметра налейте 0,2 М растворы уксусной кислоты и ацетата натрия в объемах указанных в таблице 1.

№ пробирки	1	2	3	4	5	6	7
CH <sub>3</sub> COOH, мл	9	7	5	3	1	0,5	0,2
CH <sub>3</sub> COONa, мл	1	3	5	7	9	9,5	9,8
Цвет индикатора							
pH по индикатору							
Расчётное значение pH							

Прибавьте во все пробирки по 3 капли индикатора метилового красного. Встряхните каждую пробирку таким образом, чтобы произошло равномерное распределение окраски раствора по всему объёму. Окраску буферных растворов отметьте в таблице. Пользуясь таблицей 2, найдите значение pH для каждого раствора.

pH	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
Цвет	Красный	Оранжево-красный	Оранжевый	Оранжево-желтый	Желтый	Лимонно-желтый

Рассчитайте значения pH в каждой из семи пробирок, используя уравнение Гендерсона–Гассельбаха.

Укажите зону буферного действия ацетатной буферной системы.

Объясните, почему в 5, 6 и 7 пробирках индикатор метиловый красный имеет один и тот же цвет.

**Примечания:**

$K_a$  (CH<sub>3</sub>COOH) = 1,85·10<sup>-5</sup>; lg 1,85 = 0,27; lg 3 = 0,48; lg 5 = 0,70; lg 7 = 0,85; lg 9 = 0,95; lg 19 = 1,28; lg 49 = 1,69.

**Вывод:**

Укажите факторы, влияющие на pH буферного раствора.

**Литература:**

1. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов: учебник для вузов / Ю.А. Ершов, В.А. Попков, А.С. Берлянд; Под. ред. Ю.А. Ершова. – 10-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во Юрайт, 2014. – 560 с. – Серия: Бакалавр. Базовый курс.
2. Ершов Ю.А., Попков А.А., Берлянд А.С. и др. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов. Под. ред. Ю.А. Ершова – М.: Высшая школа, 1993. С. 108-119.
3. Равич-Щербо М.И., Новиков В.В. Физическая и коллоидная химия. М.: Высшая школа, 1975, ч. 1, гл. V, с. 90-100.
4. Ленский А.С. Введение в бионеорганическую и биофизическую химию. М.: Высшая школа, 1989, с. 151-160.

## Занятие № 8

**I. Тема:** Роль буферных систем в организме человека. Рубежный контроль № 1

**II. Тип занятия:** лабораторные работы

**III. Цель:** Сформировать знания механизмов действия буферных систем организма, их взаимосвязи и роли в поддержании кислотно-основного гомеостаза.

**IV. Значимость темы:** Кислотно-основное состояние организма человека поддерживается с помощью ряда физиологических и физико-химических механизмов. К последним относится буферное действие, ионный обмен и диффузия.

**V. Исходный уровень**

1. Химическое равновесие и прогнозирование его смещения. Принцип Ле-Шателье.
2. Автопротолиз воды. Константа автопротолиза воды.
3. Водородный и гидроксидный показатели. Соотношение между  $[H^+]$  и  $[OH^-]$ , рН и рОН.
4. Сильные и слабые электролиты. Степень диссоциации слабого электролита.
5. Амфолиты. ИЭТ.

**VI. Содержание занятия**

### 1. Теория

1. Буферные системы крови: состав, классификация, рН, механизм действия гидрокарбонатной, фосфатной и белковой буферных систем при взаимодействии с кислотами и щелочами (ионная форма).
2. Понятие о кислотно-основном состоянии организма: определение, механизмы, регуляция.
3. Щелочной резерв крови (% , ммоль/л), коррекция КОС при его нарушениях.
4. Механизм буферного действия системы гемоглобин-оксигемоглобин.

### 2. Задачи

1.  $V_{щ}$  ацетатного буферного раствора равна 0,05 моль/л.  
*Рассчитайте* объем (мл) 0,2 М раствора NaOH, который необходимо добавить к 50 мл буферного раствора, чтобы изменить его рН от 4,1 до 5,2.
2. *Рассчитайте*, приблизительно в каком интервале находятся зоны буферного действия ацетатного и аммиачного буферного растворов.  
 $K_d(CH_3COOH) = K(NH_4OH) = 1,8 \cdot 10^{-5}$  моль/л,  $\lg 1,8 = 0,25$ .
3. \*Концентрации кислотного и солевого компонентов фосфатной буферной системы относятся как 1:19.  
*Объясните*, будет ли рН данной буферной системы входить в зону буферного действия ( рН: 6,2 – 8,2).  
*Подтвердите* ваше предположение расчетами.

$$K_d(\text{H}_2\text{PO}_4^-) = 6,2 \cdot 10^{-8} \text{ моль/л}; \lg 6,2 = 0,79; \lg 19 = 1,28.$$

4. Концентрация ионов водорода в крови больного равняется  $2,46 \cdot 10^{-8}$  моль/л.  
Рассчитайте pH крови ( $\lg 2,46 = 0,39$ ).  
Назовите состояние, возникающее при данном нарушении КОС.  
Укажите, чем характеризуется это состояние с точки зрения протолитического гомеостаза.

**Примечание:** Задача, отмеченная звездочкой, необязательна для решения (бонусная).

### 3. Лабораторные работы

#### 1. ВЛИЯНИЕ РАЗБАВЛЕНИЯ НА PH БУФЕРНОГО РАСТВОРА.

**Цель работы:** Установить зависимость pH буферного раствора от разбавления его водой.

**Ход работы.** В пробирке приготовьте буферный раствор, состоящий из 5 мл 0,2 М раствора  $\text{CH}_3\text{COOH}$  и 5 мл 0,2 М раствора  $\text{CH}_3\text{COONa}$ . 2 мл этого раствора перенесите в другую пробирку, в которую добавьте 6 мл воды. В третью пробирку налейте 2 мл 0,2 М раствора уксусной кислоты и также добавьте 6 мл воды. Во все три пробирки прилейте по 2 капли индикатора метилового оранжевого. Встряхните каждую пробирку таким образом, чтобы произошло равномерное распределение окраски раствора по всему объёму. Сравните окраску растворов. Результаты внесите в таблицу.

№ пробирки	Исходные реактивы	Объем исходных реактивов, мл	Объем добавляемой воды, мл	Индикатор	Окраска раствора
1	$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{COONa}$	8	-	Метилоранжевый	
2	$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{COONa}$	2	6	Метилоранжевый	
3	$\text{CH}_3\text{COOH}$	2	6	Метилоранжевый	

**Вывод:**

Объясните постоянство pH буферных растворов, используя уравнение Гендерсона-Гассельбаха.

Объясните изменение pH раствора уксусной кислоты при разбавлении.

#### 2. ВЛИЯНИЕ КИСЛОТЫ И ЩЕЛОЧИ НА PH БУФЕРНОГО РАСТВОРА.

**Цель работы:** Изучить влияние кислоты и щелочи на pH буферного раствора.

**Теоретическая часть.**

При добавлении сильной кислоты к кислотному буферному раствору в реакцию вступает солевой компонент. При этом сильная кислота превращается в эквивалентное количество слабой кислоты, являющейся компонентом буферной системы.

При добавлении щелочи к кислотному буферному раствору срабатывает кислотный компонент. В результате реакции щёлочь превращается в эквивалентное количество воды, и

**Ход работы:** В трех пробирках приготовьте по 10 мл ацетатного буферного раствора. Для этого добавьте 5 мл 0,2 М раствора уксусной кислоты к 5 мл 0,2 М раствора ацетата натрия. В первую пробирку прибавьте 5 капель 0,1 М раствора соляной кислоты, во вторую – 5 капель 0,1 М раствора едкого натра, в третью – 5 капель воды. Во все пробирки внесите по 2 капли индикатора метилового красного. Встряхните каждую пробирку таким образом, чтобы произошло равномерное распределение окраски раствора по всему объёму. Сравните окраску растворов. Результаты впишите в таблицу.

№ пробирки	Исследуемый раствор	Добавляемый реактив	Индикатор	Окраска раствора
1	Ацетатная БС	HCl	Метилловый красный	
2	Ацетатная БС	NaOH	Метилловый красный	
3	Ацетатная БС	H <sub>2</sub> O	Метилловый красный	

**Результаты:**

Напишите уравнения реакций (молекулярная и ионная формы).

Объясните механизм действия ацетатной буферной системы.

**Вывод:**

Объясните полученные результаты, используя понятие «зона буферного действия».

**Литература:**

1. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов: учебник для вузов / Ю.А. Ершов, В.А. Попков, А.С. Берлянд; Под. ред. Ю.А. Ершова. – 10-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во Юрайт, 2014. – 560 с. – Серия: Бакалавр. Базовый курс.
2. Ершов Ю.А., Попков А.А., Берлянд А.С. и др. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов. Под. ред. Ю.А. Ершова – М.: Высшая школа, 1993. С. 108-119.
3. Равич-Щербо М.И., Новиков В.В. Физическая и коллоидная химия. М.: Высшая школа, 1975, ч. 1, гл. V, с. 90-100.
4. Ленский А.С. Введение в бионеорганическую и биофизическую химию. М.: Высшая школа, 1989, с. 151-160.

\*\*\*

**Рубежный контроль № 1**

**Сводные вопросы к контролю модуля № 1**

**«Основные закономерности протекания химических реакций в жидких средах организма»**



## 1. Теория

1. Коллигативные свойства разбавленных растворов неэлектролитов. Закон Рауля: формулировки, расчетные формулы.
2. Следствие из закона Рауля: понижение температуры замерзания раствора, повышение температуры кипения раствора.
3. Осмос. Осмотическое давление. Закон Вант-Гоффа для осмотического давления (электролиты, неэлектролиты).
4. Основные понятия термодинамики: термодинамическая система, термодинамические параметры, термодинамическое состояние, термодинамический процесс, внутренняя энергия, энтальпия (определение, классификация, примеры).
5. Расчет энтропии веществ в различных процессах (изотермический, изобарный, изохорный), стандартная энтропия, расчет  $\Delta S$  химической реакции.
6. Энергия Гиббса. Уравнение Гиббса.  $\Delta G$  как критерий самопроизвольного протекания изобарно-изотермических процессов.
7. Классификация химических реакций. Реакции обратимые и необратимые, гомогенные и гетерогенные, простые и сложные, последовательные, цепные, сопряженные: определение, примеры.
8. Зависимость скорости реакции от концентрации реагирующих веществ (закон действующих масс).
9. Прогнозирование смещения химического равновесия (принцип Ле-Шателье).
10. Механизм действия буферных систем при добавлении кислоты и щелочи (на примере ацетатной, аммиачной и белковой), разбавлении водой.
11. Буферная емкость и факторы на нее влияющие. Зона буферного действия.
12. Понятие о кислотно-основном состоянии организма: определение, механизмы, регуляция.

## 2. Задачи

1. Раствор содержит 20 г глюкозы в 100 г воды.  
Рассчитайте молярную долю растворителя и растворенного вещества.  
Вычислите давление насыщенного пара растворителя над раствором при температуре 28 °С, если давление пара чистой воды при этой же температуре равно 29,28 мм рт. ст.
2. Осмотическое давление раствора объемом 0,5 л, в котором содержится 40 г гемоглобина, при 4 °С равно 2634 Па.  
Установите молярную массу гемоглобина.
3. Температура кипения водного раствора NaOH 102,65 °С. Кажущаяся степень ионизации электролита равняется 70%.  
Установите, какую массу NaOH растворили в 100 г воды.
4. Рассчитайте  $\Delta S^{\circ}_{298}$  реакции  $2\text{NO}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = 2\text{NO}_2(\text{г})$ , если:  
 $S^{\circ}_{298}(\text{NO}, \text{г}) = 210,6 \text{ Дж/моль}\cdot\text{К}$ ,  
 $S^{\circ}_{298}(\text{O}_2, \text{г}) = 205 \text{ Дж/моль}\cdot\text{К}$ ,  
 $S^{\circ}_{298}(\text{NO}_2, \text{г}) = 240,2 \text{ Дж/моль}\cdot\text{К}$ .
5. Определите  $\Delta G^{\circ}_{298}$  реакции  $\text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{CO} = 3\text{Fe} + 4\text{CO}_2$ , если:  
 $\Delta G^{\circ}_{298}(\text{Fe}_3\text{O}_4) = -1014 \text{ кДж/моль}$ ,  
 $\Delta G^{\circ}_{298}(\text{CO}) = -137,2 \text{ кДж/моль}$ ,  
 $\Delta G^{\circ}_{298}(\text{CO}_2) = -394 \text{ кДж/моль}$ .

- Установите возможность самопроизвольного протекания процесса в стандартных условиях.
- Рассчитайте изменение скорости реакции  $2\text{NO}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = 2\text{NO}_2(\text{г})$  при увеличении концентрации исходных веществ в 2 раза.
  - Температурный коэффициент некоторой газовой реакции равен 2.  
Рассчитайте изменение скорости этой реакции при понижении температуры реакционной смеси от 120 °С до 90 °С.
  - Объясните влияние температуры на равновесное состояние обратимой реакции:  
1)  $\text{N}_2 + \text{O}_2 \leftrightarrow 2\text{NO} \quad \Delta H_p = 180,7 \text{ кДж}$ .
  - Объясните влияние давления на равновесное состояние обратимых реакций:  
1)  $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \leftrightarrow 2\text{SO}_3$ ,
  - Рассчитайте изменение рН фосфатной буферной системы при уменьшении концентрации кислотного компонента в 20 раз ( $\lg 20 = 1,3$ ).
  - $V_{\text{щ}}$  ацетатного буферного раствора равна 0,05 моль/л.  
Рассчитайте объем (мл) 0,2 М раствора NaOH, который необходимо добавить к 50 мл буферного раствора, чтобы изменить его рН от 4,1 до 5,2.
  - Концентрация ионов водорода в крови больного равняется  $2,46 \cdot 10^{-8}$  моль/л.  
Рассчитайте рН крови ( $\lg 2,46 = 0,39$ ).  
Назовите состояние, возникающее при данном нарушении КОС.  
Укажите, чем характеризуется это состояние с точки зрения протолитического гомеостаза.

### 3. Литература

- Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов: учебник для вузов / Ю.А. Ершов, В.А. Попков, А.С. Берлянд; Под. ред. Ю.А. Ершова. – 10-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во Юрайт, 2014. – 560 с. – Серия: Бакалавр. Базовый курс.
- Ершов Ю.А., Попков А.А., Берлянд А.С. и др. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов. Под. ред. Ю.А. Ершова – М.: Высшая школа, 1993. – 560 с.
- Глинка Н.Л. Общая химия. Л.: Химия. 1979 и далее.
- Равич-Щербо М.И., Новиков В.В. Физическая и коллоидная химия. М.: Высшая школа, 1975. – 254 с.
- Ленский А.С. Введение в бионеорганическую и биофизическую химию. М.: Высшая школа, 1989. – 256 с.

## Модуль 2. Основные типы химических равновесий и процессов в жизнедеятельности организма. Физико-химия дисперсных систем и растворов ВМС

## Занятие № 9

**I. Тема:** Комплексные соединения в организме человека и их применение в медицине

**II. Тип занятия:** лабораторные работы

**III. Цель:** Сформировать представление о единстве состава, структуры и свойств комплексных соединений как основы для понимания связи пространственного строения жизненно важных комплексов с их биологической активностью.

**IV. Значимость темы:** Теория лигандообменных равновесий формирует предпосылки для изучения метаболических реакций с участием металлоферментов и других соединений, содержащих в своем составе ионы металлов. Она даёт понимание причин нарушения металло-лигандного гомеостаза и подсказывает пути коррекции этого вида патологии. Реакции образования комплексных соединений лежат в основе хелатотерапии.

**V. Исходный уровень**

1. Строение электронных оболочек атомов и ионов.
2. Типы химических связей: ковалентная (полярная, неполярная), ионная.
3. Донорно-акцепторный механизм образования ковалентной связи.
4. Основные классы неорганических соединений: кислоты, основания, соли.
5. Формулы и заряды анионов:  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{CN}^-$ ,  $\text{SCN}^-$ ,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COO}^-$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ .
6. Константа диссоциации (ионизации) слабого электролита как частный случай константы химического равновесия.
7. Конкуренция за катион или анион в протолитических и гетерогенных равновесиях.
8. Основные принципы номенклатуры неорганических соединений.
9. Общие понятия о комплексных соединениях.

**VI. Содержание занятия**

### I. Теория

1. Комплексные соединения и комплексные частицы.
2. Координационная теория Вернера. Структура комплексных соединений.
3. Пространственное строение комплексных частиц.
4. Внутриклеточные соединения: определение, примеры. Роль процессов хелатирования в организме человека и их значение в медицине.
5. Константы нестойкости и устойчивости комплексных частиц.
6. Биоклеточные соединения: гемоглобин и его производные, карбоангидраза, витамин  $\text{B}_{12}$  (пространственное строение, функции, электронное строение и тип гибридизации комплексообразователя). Связь конфигурации биоклеточных комплексов с их биологической функцией.
7. Термодинамические принципы хелатотерапии.
8. Металло-лигандный гомеостаз и причины его нарушения.

### 2. Задачи

1. При взаимодействии хлорида железа (II) с цианидом калия образуется комплексное соединение с координационным числом комплексообразователя равным шести.  
Составьте соответствующее уравнение реакции.  
Напишите уравнения реакций первичной и вторичной диссоциации полученного комплексного продукта.  
Напишите выражение константы нестойкости.  
Рассчитайте координационное число комплексообразователя.
2. Составьте формулу комплексной частицы состоящей из трехзарядного кобальта, четырех молекул воды и двух хлорид-анионов.  
Рассчитайте её заряд.  
Укажите комплексообразователь и лиганды.  
Напишите уравнение реакции диссоциации предложенного Вами комплекса.  
Напишите выражение константы нестойкости.  
Назовите ионы, которые могут входить во внешнюю сферу соединения с данным комплексом.  
Предложите примеры возможных комплексных соединений с указанными Вами ионами.
3. Напишите структурную формулу комплексного соединения, имеющего название диглицинатомедь.  
Объясните причину отсутствия у него внешней сферы.  
Классифицируйте лиганд, входящий в состав данного комплекса, по числу образуемых им связей и его свойствам.
4. Напишите структурную формулу трилона Б.  
Объясните причину проявления им дентатности равной 4 и 6.  
Приведите примеры ионов, с которыми реализуется каждый вид дентатности.  
Напишите уравнение реакции взаимодействия трилона Б с катионом кальция.  
Укажите медицинское значение данного процесса.
5. \*Определите заряд комплексообразователя и его координационное число в комплексном ионе  $[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_2(\text{OH})_2]^{3-}$ .  
Изобразите пространственное строение комплекса.  
Составьте уравнение реакции его диссоциации.  
Напишите выражение константы нестойкости.

**Примечание:** Задача, отмеченная звездочкой, необязательна для решения (бонусная).

### 3. Тестовые задания для входного контроля

1. Установите соответствие:

Вид лигандов	Примеры лигандов	
А. Монодентатные	1. $\text{NH}_3$	5. $\text{CH}_3\text{COO}^-$
Б. Дидентатные	2. $\text{H}_2\text{O}$	6. $\text{OH}^-$
	3. $\text{NH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-NH}_2$	7. $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$
	4. $\text{NH}_2\text{-CH}_2\text{-COO}^-$	8. $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$

2. Координационное число равно шести в соединении:

- а)  $K_3[Co(C_2O_4)_2(OH)_2]$  г)  $[Cd(H_2O)_4]Cl_2$   
 б)  $Na_3[Co(NH_3)_2(NO_2)_2(SO_3)_2]$  д)  $[Pt(NH_3)_2(H_2O)_2(S_2O_3)_2]$   
 в)  $K_2[CuCl_4]$

3. Константа нестойкости – мера устойчивости:

- а) нейтрального комплекса в) комплексной частицы  
 б) комплексного иона г) комплексного соединения

4. Комплексообразователем в гемоглобине и его производных является:

- а)  $Fe^{2+}(sp^3)$  б)  $Fe^{2+}(dsp^2)$  в)  $Fe^{2+}(d^2sp^3)$  г)  $Fe^{3+}(dsp^2)$  д)  $Fe^{3+}(d^2sp^3)$

5. Комплексообразователем в витамине  $B_{12}$  является:

- а)  $Co^{2+}(sp^3)$  б)  $Co^{2+}(dsp^2)$  в)  $Co^{2+}(d^2sp^3)$  г)  $Co^{3+}(dsp^2)$  д)  $Co^{3+}(d^2sp^3)$

6. Причинами нарушения металло-лигандного гомеостаза являются:

- а) дефицит эссенциальных микроэлементов  
 б) дефицит микроэлементов, являющихся комплексообразователями  
 в) избыток эссенциальных микроэлементов  
 г) избыток токсических микроэлементов  
 д) избыток лигандов, конкурирующих с биолигандами

7. Связывание токсических металлов (детоксикация) протекает по уравнению:

- а)  $M_B L_B + M_T = M_T L_B + M_B$  г)  $M_T L_B + L_D = M_T L_D + L_B$   
 б)  $M_T L_B + M_B = M_B L_B + M_T$  д)  $M_T L_D + L_B = M_T L_B + L_D$   
 в)  $M_T L_D + L_B = M_T L_B + L_D$

8. Основные принципы хелатотерапии выражаются соотношениями:

- а)  $K_H(M_T L_D) < K_H(M_T L_B)$  г)  $K_H(M_B L_D) < K_H(M_T L_B)$   
 б)  $K_H(M_T L_B) < K_H(M_T L_D)$  д)  $K_H(M_B L_B) < K_H(M_B L_D)$   
 в)  $K_H(M_B L_D) < K_H(M_B L_B)$

9. Для соединения  $[Ag(NH_3)_2]Cl$  верным является выражение

- а)  $K_H = \frac{[Ag(NH_3)_2]^+}{[Ag^+] \cdot [NH_3]^2}$   
 б)  $K_H = \frac{[Ag^+] \cdot [NH_3]^2}{[Ag(NH_3)_2]^+}$   
 в)  $K_H = \frac{[Ag^+] + [NH_3]^2}{[Ag(NH_3)_2]^+}$   
 г)  $K_H = \frac{[Ag(NH_3)_2]^+}{[Ag^+] + 2[NH_3]^2}$

$$\text{д) } K_n = \frac{[Ag^+] \cdot [NH_3]^2 \cdot [Cl^-]}{[Ag(NH_3)_2Cl]}$$

10. Для соединения  $[Ag(NH_3)_2]Cl$  верным является выражение

$$\text{а) } K_n = \frac{[Ag^+] \cdot [NH_3]^2}{[Ag(NH_3)_2]^+}$$

$$\text{б) } K_n = \frac{[Ag(NH_3)_2]^+}{[Ag^+] \cdot [NH_3]^2}$$

$$\text{в) } K_n = \frac{[Ag^+] + [NH_3]^2}{[Ag(NH_3)_2]^+}$$

$$\text{г) } K_n = \frac{[Ag(NH_3)_2]^+}{[Ag^+] + 2[NH_3]^2}$$

$$\text{д) } K_n = \frac{[Ag(NH_3)_2Cl]}{[Ag^+] \cdot [NH_3]^2 \cdot [Cl^-]}$$

#### 4. Лабораторные работы

##### 1. ПОЛУЧЕНИЕ СУЛЬФАТА ТЕТРААММИНМЕДИ (II)

К 3 каплям раствора сульфата меди (II) прибавьте 2 капли раствора аммиака. Выпадает осадок основной соли  $(CuOH)_2SO_4$ .

Напишите уравнение реакции. Укажите её эффект.

К полученному осадку добавьте по каплям избыток раствора аммиака.

Отметьте происходящие изменения.

Напишите уравнение реакции. Укажите её эффект.

Напишите выражение константы нестойкости комплексного иона.

##### 2. ПОЛУЧЕНИЕ ХЛОРИДА ДИММИНСЕРЕБРА (I)

К 1 капле раствора нитрата серебра прибавьте 2 капли раствора хлорида натрия. Выпадает осадок.

Напишите уравнение реакции. Укажите её эффект.

К полученному осадку прибавьте концентрированный раствор аммиака до полного его растворения.

Напишите уравнение реакции. Укажите её эффект.

Напишите выражение константы нестойкости комплексного иона.

##### 3. ПОЛУЧЕНИЕ ТЕТРАЙДОПЛЮМБАТА (II) КАЛИЯ

К 2-3 каплям раствора нитрата свинца (II) прибавьте 2 капли раствора йодида калия. Выпадает осадок.

Напишите уравнение реакции. Укажите её эффект.

Осадок разделите на 2 пробирки.

В первую добавьте избыток KI до полного растворения осадка.

Напишите уравнение реакции. Укажите её эффект.

Напишите выражение  $K_n$  и  $K_y$ .

Во вторую пробирку прибавьте 5-6 капель воды.  
Смесь нагрейте до полного растворения осадка, затем охладить водой под краном.  
Осадок  $PbI_2$  выпадает в виде золотисто-желтых чешуек.

### **Литература:**

1. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов: учебник для вузов / Ю.А. Ершов, В.А. Попков, А.С. Берлянд; Под. ред. Ю.А. Ершова. – 10-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во Юрайт, 2014. – 560 с. – Серия: Бакалавр. Базовый курс.
2. Ершов Ю.А., Попков А.А., Берлянд А.С. и др. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов. Под. ред. Ю.А. Ершова – М.: Высшая школа, 1993. С. 191-203.
3. Глинка Н.Л. Общая химия. Л.: Химия. 1979 и далее, глава XVIII.
4. Ленский А.С. Введение в бионеорганическую и биофизическую химию. М.: Высшая школа, 1989, с. 219-227.

## **Занятие № 10**

### **I. Тема: Поверхностные явления. Адсорбция**

### **II. Тип занятия:** лабораторные работы

**III. Цель:** Сформировать знания основ теории поверхностных явлений на подвижных и неподвижных границах раздела фаз. Приобрести практические навыки по определению поверхностного натяжения жидкостей с помощью сталагмометра.

**IV. Значимость темы:** Знания материала этого раздела дают ключ к пониманию сущности процессов адсорбции, играющей значительную роль в жизнедеятельности. Они являются физико-химической основой адсорбционной терапии, гемосорбции, применения в медицине ионитов. Здесь же изучается строение биомембран.

### **V. Исходный уровень**

1. Законы химической термодинамики.
2. Теория электролитической диссоциации.
3. Адсорбция.

### **VI. Содержание занятия**

#### **I. Теория**

1. Адсорбционные процессы и равновесия на подвижных границах раздела фаз. Поверхностная энергия Гиббса и поверхностное натяжение.
2. Поверхностно-активные и поверхностно-неактивные вещества.
3. Ориентация молекул в поверхностном слое и структура биомембран.
4. Адсорбция на поверхности раздела жидкость/газ. Уравнение Гиббса. Изменение поверхностной активности в гомологических рядах (правило Дюкло-Граубе).

- Адсорбция на поверхности раздела твердое тело/газ. Физическая адсорбция и хемосорбция. Уравнение Ленгмюра.
- Адсорбция на поверхности раздела твердое тело/раствор. Избирательная адсорбция. Правило Пескова-Фаянса. Применение ионитов в медицине.

## 2. Задачи

- \*В 1 л раствора содержится 18 г масляной кислоты. Поверхностное натяжение раствора масляной кислоты равно  $6,24 \cdot 10^{-3}$  Дж/м<sup>2</sup>, а поверхностное натяжение воды –  $7,35 \cdot 10^{-3}$  Дж/м<sup>2</sup>.  
Вычислите величину адсорбции (моль/м<sup>2</sup>) при 15 °С.  
 $R = 8,31$  Дж/моль·К;  $M_{C_{17}H_{33}O_2} = 72$  г/моль.
- Для некоторого процесса адсорбции  $\Gamma_{\infty} = 7 \cdot 10^{-10}$  моль/м<sup>2</sup>,  $K = 0,935$ .  
Вычислите величину адсорбции при концентрации адсорбтива 0,05 моль/л.  
Изобразите изотерму адсорбции.  
Объясните, какому участку графика соответствует условие данной задачи.
- Число капель раствора, вытекающего из сталагмометра при данной температуре, равно 111. Число капель воды в тех же условиях 57. Поверхностное натяжение воды равно 0,0733 н/м.  
Вычислите поверхностное натяжение раствора, если его плотность равна 888 кг/м<sup>3</sup>, плотность воды 1000 кг/м<sup>3</sup>.

**Примечание:** Задача, отмеченная звездочкой, необязательна для решения (бонусная).

## 3. Лабораторные работы

### 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ СТАЛАГМОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

**Цель работы:** Получить навык определения поверхностного натяжения водных растворов сталагмометрическим методом. Установить зависимость между строением веществ и их поверхностным натяжением.

#### Теоретическая часть.

Избыточная свободная энергия молекул поверхностного слоя, приходящаяся на 1 см<sup>2</sup> поверхности раздела фаз, называется поверхностным натяжением ( $\sigma$ ).

Для определения поверхностного натяжения часто используется простой, но достаточно точный сталагмометрический метод.

Принцип метода основан на том, что в момент отрыва капли от капилляра ее масса равна силе поверхностного натяжения.

Практически удобнее определять не массу капли, а ее объем или число капель известного объема.

Применяют сравнительный метод для определения поверхностного натяжения жидкости. Он заключается в том, что подсчитывают число капель эталонной жидкости (как правило воды), поверхностное натяжение которой известно ( $\sigma_o$ ), и число капель исследуемой жидкости ( $n_x$ ) с поверхностным натяжением ( $\sigma_x$ ).

Зная, что

$$\frac{\sigma_x}{\sigma_o} = \frac{n_o}{n_x} \text{ находят}$$



$$\sigma_x = \sigma_o \cdot \frac{n_o}{n_x}, \text{ где}$$

$\sigma_o$  – поверхностное натяжение воды,

$n_o$  – число капель воды,

$n_x$  – число капель исследуемой жидкости.

**Ход работы.** Сталагмометр закрепить вертикально в штативе над стаканчиком, с помощью груши поднять выше верхней отметки жидкость с известным поверхностным натяжением (воду), позволить ей медленно, по каплям вытечь.

Когда нижний край мениска стекающей жидкости коснется верхней метки, начинать счет капель и продолжать его до тех пор, пока мениск жидкости не достигнет нижней метки.

Измерение произвести три раза и рассчитать среднее значение.

Таким же образом наполнить предварительно промытый исследуемой жидкостью сталагмометр и считать число капель исследуемой жидкости так, как это делалось для стандартной жидкости.

Определение проводить в следующей последовательности: вода, этанол, бутанол, желчные кислоты.

Результаты занести в таблицу:

№ опыта	Исследуемая жидкость	Число капель	$\sigma$ , Дж/м <sup>2</sup>
1	Вода		
2	Этанол		
3	Бутанол		
4	Желчные кислоты		

### Выводы:

1. Установите, к какой из трёх групп по величине поверхностного натяжения относятся исследуемые вещества.
2. Объясните разницу в поверхностном натяжении этанола и бутанола, используя правило Дюкло – Траубе.

### Литература:

1. М.И. Равич-Щербо, В. В. Новиков. Физическая и коллоидная химия. М.: Высшая школа, 1975. С. 132–174; 179–187.
2. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов: учебник для вузов / Ю.А. Ершов, В.А. Попков, А.С. Берлянд; Под. ред. Ю.А. Ершова. – 10-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во Юрайт, 2014. – 560 с. – Серия: Бакалавр. Базовый курс.
3. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов. Под ред. Ю.А. Ершова. – М.: Высшая школа, 1993. С. 432–446; 491–526.
4. Н.Л. Глинка. Общая химия. Л.: Химия, 1979 (и далее). Гл. X.

## Занятие № 11

**I. Тема:** Химические свойства и биологическая роль биогенных элементов

**II. Тип занятия:** лабораторные работы

**III. Цель:** Сформировать представление о единстве взаимосвязи электронного строения химических элементов и их свойств как основы для понимания роли биогенных элементов в организме человека.

**IV. Значимость темы:** Этот раздел изучает химические свойства элементов s-, p-, d-блоков в зависимости от их положения в периодической системе, содержание и распределение биогенных элементов в организме, биологическую роль и применение соединений этих элементов в медицине. Знание этих свойств необходимо для обоснования сущности процессов, протекающих в организме. Большая часть материала этого раздела изучается самостоятельно.

**V. Исходный уровень**

1. Строение электронных оболочек атомов и ионов.
2. Классификация химических элементов по заполняемости электронами внешних подуровней (s-, p-, d-блоки).
3. Типы химических связей: ковалентная (полярная, неполярная), ионная.
4. Основные химические свойства металлов и неметаллов.
5. Окислительно-восстановительные реакции.

**VI. Содержание занятия**

### 1. Теория

1. Понятие биогенности химических элементов. Классификация химических элементов по степени важности для процессов жизнедеятельности. Биогенные элементы в периодической системе.
2. Концентрирование биогенных элементов живыми системами.
3. Классификация биогенных элементов по их содержанию в организме и по функциональной роли.
4. Биологическая роль натрия, калия, кальция, магния.
5. Химическое сходство и биологический антагонизм (натрий-калий, магний-кальций).
6. Железо, кобальт, хром, марганец, цинк, медь, молибден в организме: содержание, биологическая роль.

### 2. Упражнения

1. Аналитические реакции катионов d-элементов:
  - а) на  $\text{Cu}^{2+}$  с избытком гидроксида аммония,
  - б) на  $\text{Cr}^{3+}$  с пероксидом водорода в щелочной среде при нагревании,
  - в) на  $\text{Mn}^{2+}$  со щавелевой кислотой,
  - г) на  $\text{Zn}^{2+}$  со щелочами,
  - д) на  $\text{Fe}^{3+}$  с гексацианоферратом (II) калия,
  - е) на  $\text{Fe}^{3+}$  с тиоцианатом калия,
  - ж) на  $\text{Fe}^{2+}$  с гексацианоферратом (III) калия,
  - з) на  $\text{Co}^{2+}$  со щелочами.

Укажите эффект реакций.

В окислительно-восстановительных реакциях коэффициенты расставляются с применением метода электронного баланса.

2. Аналитические реакции анионов и катионов p-элементов:

- а)  $\text{CN}^-$  (с нитратом серебра),
- б)  $\text{Pb}^{+2}$  (с хроматом калия),
- в)  $\text{NO}_2^-$  (с перманганатом калия в кислой среде),
- г)  $\text{NO}_3^-$  (с медью и серной кислотой),
- д)  $\text{AsO}_4^{3-}$  (реакция Марша),

Укажите эффект реакций.

В окислительно-восстановительных реакциях коэффициенты расставляются с применением метода электронного баланса.

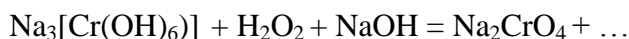
### 3. Лабораторные работы

#### 1. АНАЛИТИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ КАТИОНОВ d-ЭЛЕМЕНТОВ.

**Цель:** Приобрести системные знания о химических свойствах d-элементов и их соединений. Сформировать представления о роли биогенных d-элементов в живом организме.

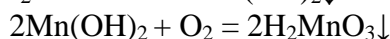
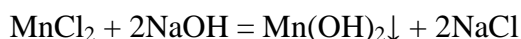
**1.1. Качественная реакция на катион  $\text{Cr}^{+3}$  окислением его в  $\text{CrO}_4^{-2}$  пероксидом водорода в щелочной среде.**

К 4-5 каплям раствора соли хрома (III) прибавить 4-5 капель раствора едкого натра, чтобы выпавший осадок  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  растворился с образованием комплексной соли:  $\text{Na}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6]$ . Напишите уравнения реакций. К раствору прилить 5-6 капель 3% раствора пероксида водорода. Смесь нагревают до тех пор пока раствор из зеленого (цвет комплексного иона) не станет желтым (цвет  $\text{CrO}_4^{-2}$ ). Допишите уравнение реакции и подберите коэффициенты в нем.



**1.2. Качественная реакция на катион  $\text{Mn}^{+2}$  со щавелевой кислотой  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$**

К 5-6 каплям раствора марганца добавить 2-3 капли раствора едкого натра. Смесь тщательно перемешать стеклянной палочкой до образования бурого осадка марганцовистой кислоты.



К бурому осадку прибавить 3-4 капли раствора щавелевой кислоты (не встряхивать). Образуется раствор комплексного соединения марганца розового цвета



**1.3. Качественная реакция на катион  $\text{Fe}^{2+}$  с калий гексацианоферратом  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$**

К 5-6 каплям раствора соли  $\text{Fe}^{2+}$  прибавить 2-3 капли  $\text{HCl}$  или  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (для подавления гидролиза соли) и 2-3 капли реактива. Тотчас выпадает темно-синий осадок турбулевой сини  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2$ .

Напишите ионное и молекулярное уравнения реакций, укажите название образующегося комплексного соединения.

**1.4. Качественная реакция на катион  $\text{Fe}^{3+}$  с тиоцианатом калия  $\text{KSCN}$**

К 4-5 каплям раствора соли  $\text{Fe}^{3+}$  добавить 2-3 капли соляной кислоты (во избежание выпадения осадка  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ) и 6-7 капель раствора реактива. Образуется растворимое в воде комплексное соединение железа кроваво-красного цвета (реакция специфична). Напишите ионное и молекулярное уравнения реакции.

### 1.5. Качественная реакция на катион $Zn^{2+}$ с едкой щелочью

К 4-5 каплям раствора соли  $Zn^{2+}$  добавить по каплям раствор щелочи до образования белого аморфного осадка гидроксида цинка. Полученный осадок разделить на 2 части: в одну добавить раствор кислоты, а в другую раствор щелочи до полного растворения осадка. Учитывая гидратацию иона  $Zn^{2+}$  в растворе, напишите ионные и молекулярные уравнения реакций, укажите названия этих соединений. Эта реакция подтверждает кислотно – основные (амфотерные) свойства гидроксида цинка.

### 1.6. Качественная реакция на катион $Cu^{2+}$ с гексацианоферратом (II) калия

К 4-5 каплям раствора соли  $Cu^{2+}$  добавить 6-7 капель реактива. Образуется красно-бурый осадок  $Cu_2[Fe(CN)_6]$ .

Напишите ионное и молекулярное уравнения реакций, укажите название образующегося комплексного соединения.

## 2. АНАЛИТИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ АНИОНОВ И КАТИОНОВ p-ЭЛЕМЕНТОВ.

**Цель:** Приобрести системные знания о химических свойствах p-элементов и их соединений. Сформировать представления о роли биогенных p-элементов в живом организме.

### 1.1. Качественная реакция на анион $CO_3^{2-}$ с кислотами

К 5-6 каплям раствора  $Na_2CO_3$  прибавить столько же капель 2М раствора  $HCl$ . Пробирку быстро закрыть пробкой с притертой пипеткой, в которой находится 1-2 капли известковой или баритовой воды. Наблюдается помутнение раствора  $Ca(OH)_2$  или  $Ba(OH)_2$

Напишите ионные и молекулярные уравнения реакций.

### 1.2. Качественная реакция на анион $PO_4^{3-}$ с нитратом серебра

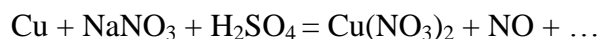
К 4-5 каплям раствора  $Na_2HPO_4$  прибавить столько же капель раствора  $AgNO_3$ . Наблюдается выпадение желтого осадка  $Ag_3PO_4$ .

Напишите ионные и молекулярные уравнения реакций.

### 1.3. Качественная реакция на анион $NO_3^-$ с медью и серной кислотой

К 4-5 каплям раствора соли  $NO_3^-$  добавить 5-6 капель конц.  $H_2SO_4$  и кусочек меди. Смесь нагреть (под тягой!) и наблюдать выделение азота (IV), который образуется окислением оксида азота (II), выделяющегося при реакции.

Допишите уравнение реакции



Напишите уравнение реакции окисления оксида азота (II) до оксида азота (IV).

### 1.4. Качественная реакция на анион $SO_4^{2-}$ с хлоридом бария

К 4-5 каплям раствора соли  $SO_4^{2-}$  ( или серной кислоты) прибавить столько же капель раствора хлорида бария. Выпадает белый осадок  $BaSO_4$ , нерастворимый в разбавленных соляной и азотной кислотах.

Напишите ионные и молекулярные уравнение реакций.

### 1.5. Качественная реакция на анион на галогенидион с нитратом серебра

К 4-5 каплям раствора соли, содержащей  $Cl^-$  прибавить столько же капель раствора азотнокислого серебра. Выпадает творожистый осадок  $AgCl$  белого цвета. Если взять раствор соли анионов  $Br^-$  или  $I^-$ , то выпадает осадок  $AgBr$  ( $AgI$ ) бледно-желтого цвета.

AgCl в отличие от AgBr и AgI растворяется в 10% растворе  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  с образованием комплексного соединения: хлорида диаминсеребра (I).  
Напишите ионные и молекулярные уравнение реакций.

**Примечания:**

1. Для реакций обмена уравнения напишите в молекулярном и ионном (полное, сокращенное) виде.
2. Коэффициенты в окислительно-восстановительных реакциях расставьте, используя метод электронного баланса.
3. Укажите эффект всех реакций.

**Литература:**

1. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов: учебник для вузов / Ю.А. Ершов, В.А. Попков, А.С. Берлянд; Под. ред. Ю.А. Ершова. – 10-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во Юрайт, 2014. – 560 с. – Серия: Бакалавр. Базовый курс.
2. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов. Под ред. Ю.А. Ершова. – М.: Высшая школа, 1993. – Ч. 2., гл. 8.
3. В.Д. Пономарёв. Аналитическая химия (в двух частях). – М.: Высшая школа, 1982. Ч.1. Качественный анализ. – С. 219-225, 228-230.
4. К.А. Селезнёв. Аналитическая химия. – М.: Высшая школа, 1966. – С. 99, 101-103, 106, 124.

**Занятие № 12**

**I. Тема:** Дисперсные системы: классификация, свойства, получение, очистка. Коллоиды в организме человека

**II. Тип занятия:** лабораторные работы

**III. Цель:** Сформировать знания теоретических основ коллоидно-дисперсных систем.

**IV. Значимость темы:** Актуальность изучения данного раздела объясняется тем, что многие жидкости и плотные ткани организма человека относятся к дисперсным системам. Здесь же рассматриваются широко применяемые в медицине методы диализа и электродиализа, излагаются физико-химические принципы функционирования искусственной почки, даются понятия о взаимной коагуляции, коллоидной защите и пептизации и о значении этих явлений в медицине.

**V. Исходный уровень**

1. Законы химической термодинамики.
2. Интерференция, дифракция.
3. Истинные растворы и их свойства: устойчивость, диффузия, осмотическое давление.

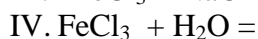
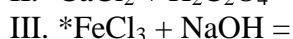
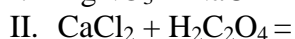
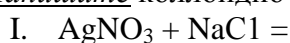
## VI. Содержание занятия

### 1. Теория

1. Дисперсные системы: определение, классификация (по степени дисперсности, по агрегатному состоянию фаз), примеры.
2. Получение коллоидных растворов. Дисперсионные методы: механический, ультразвуковой, пептизации. Конденсационные методы: физические (замены растворителя), химические (гидролиза, двойного обмена).
3. Формулы мицелл золей, полученных химическими конденсационными методами.
4. Строение мицеллы. Электростатический и электрокинетический потенциалы: места возникновения, свойства, зависимость от различных факторов.

### 2. Задачи

1. Напишите коллоидно-химические формулы мицелл золей, полученных по реакциям:



Приведите их строение.

Назовите методы их получения.

Примечание:

- 1) В вариантах I – III необходимо написать формулы мицелл в избытке каждого из исходных веществ.

**Примечание:** Задача, отмеченная звездочкой, необязательна для решения (бонусная).

### 3. Лабораторные работы

#### 1. ПОЛУЧЕНИЕ ЗОЛЯ КАНИФОЛИ МЕТОДОМ ЗАМЕНЫ РАСТВОРИТЕЛЯ

**Цель работы:** Изучить физический метод конденсации, получения коллоидных растворов. Установить факторы, влияющие на условия его получения.

##### Теоретическая часть.

Метод замены растворителя относится к конденсационным методам получения коллоидных растворов, т.е. к методам, условия которых способствуют объединению частиц дисперсной фазы (атомов, молекул) до агрегатов соответствующей степени дисперсности ( $10^{-7} - 10^{-9}$  м).

Этим методом коллоидный раствор можно получить из истинного раствора, добавив к нему большой объем нового растворителя, в котором частицы растворённого вещества нерастворимы или плохо растворимы. Третьим условием должна быть хорошая растворимость растворителей друг в друге.

Таким образом, для получения коллоидного раствора методом замены растворителя необходимы следующие условия:

1. Объем истинного раствора должен быть намного меньше объема нового растворителя.
2. Дисперсная фаза должна быть плохо растворима в новом растворителе.
3. Оба растворителя должны хорошо смешиваться друг с другом.

Методом замены растворителя получают высокодисперсные коллоидные растворы многих веществ: серы, фосфора, канифоля и др.

**Ход работы:** В пробирку с 10 мл дистиллированной воды, прилить несколько капель 2 % спиртового раствора канифоли. Смесь тщательно перемешать. Образование коллоидного раствора можно установить по появлению опалесценции. Конденсация коллоидных частиц происходит из спиртового раствора канифоли, плохо растворимой в воде.

**Вывод:**

## 2. ПОЛУЧЕНИЕ ЗОЛЯ ГИДРОКСИДА ЖЕЛЕЗА (III) МЕТОДОМ ГИДРОЛИЗА

**Цель работы:** Получить золь гидроксида железа методом химической конденсации.

### **Теоретическая часть.**

Методы химической конденсации основаны на конденсационном выделении новой фазы из пересыщенного раствора. В отличие от физических методов, вещество, образующее дисперсную фазу, появляется в результате химической реакции. Реакция окисления, гидролиза, диссоциации, двойного обмена и другие приводят к образованию дисперсных систем.

**Ход работы:** В пробирку налейте 10 мл воды и нагрейте её до кипения. В кипящую воду внесите 1 мл 2 % раствора хлорида железа (III). Содержимое пробирки разделите на 2 части. К одной половине золя добавьте 1 мл 1 % раствора сульфата калия. Через некоторое время наблюдается коагуляция золя, с последующей седиментацией. От добавленного электролита золь коагулирует.

Напишите уравнение гидролиза хлорида железа (III).

Напишите уравнение реакции образования иона-стабилизатора.

Напишите коллоидно-химическую формулу мицеллы хлорида железа (III).

Приведите строение мицеллы хлорида железа (III).

Назовите ион-коагулянт, содержащийся в сульфате калия.

Объясните механизм коагуляции.

**Вывод:**

### **Литература:**

1. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов: учебник для вузов / Ю.А. Ершов, В.А. Попков, А.С. Берлянд; Под. ред. Ю.А. Ершова. – 10-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во Юрайт, 2014. – 560 с. – Серия: Бакалавр. Базовый курс.
2. Ершов Ю.А., Попков А.А., Берлянд А.С. и др. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов. Под. ред. Ю.А. Ершова – М.: Высшая школа, 1993. С. 491-526.
3. Равич-Щербо М.И., Новиков В.В. Физическая и коллоидная химия. М.: Высшая школа, 1975. С. 132-152, 175-187.
4. Глинка Н.Л. Общая химия. Л.: Химия. 1979 и далее, глава X.

## I. Тема: Устойчивость и коагуляция дисперсных систем

## II. Тип занятия: лабораторные работы

III. Цель: Сформировать знания теоретических основ коллоидно-дисперсных систем.

IV. Значимость темы: Актуальность изучения данного раздела объясняется тем, что многие жидкости и плотные ткани организма человека относятся к дисперсным системам. Здесь же рассматриваются широко применяемые в медицине методы диализа и электродиализа, излагаются физико-химические принципы функционирования искусственной почки, даются понятия о взаимной коагуляции, коллоидной защите и пептизации и о значении этих явлений в медицине.

## V. Исходный уровень

1. Законы химической термодинамики.
2. Интерференция, дифракция.
3. Истинные растворы и их свойства: устойчивость, диффузия, осмотическое давление.

## VI. Содержание занятия

### 1. Теория

1. Устойчивость дисперсных систем. Виды устойчивости коллоидных растворов: кинетическая (седиментационная), агрегативная и конденсационная. Факторы устойчивости.
2. Коагуляция. Виды коагуляции: скрытая и явная. Порог коагуляции, пороговая концентрация. Седиментация.
3. Правило Шульце-Гарди. Взаимная коагуляция.
4. Биологическое значение коагуляции. Коллоидная защита и пептизация, значение этих явлений в медицине.

### 2. Задачи

1. Имеются 3 коллоидных раствора: гидроксида железа (III), полученного гидролизом  $\text{FeCl}_3$ , иодида серебра, полученного в избытке KI, и иодида серебра, полученного в избытке  $\text{AgNO}_3$ .  
Предложите два варианта взаимной коагуляции.  
Объясните, используя формулы мицелл.
2. Пороговая концентрация  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  для коллоидного раствора гидроксида алюминия равняется 0,63 ммоль/л.  
Рассчитайте объем 0,01М раствора дихромата калия, вызывающего видимую коагуляцию 200 мл золя.  
Установите заряд гранулы, учитывая, что коагулирующим действием обладает дихромат-анион.  
Объясните, используя формулы мицелл.
3. \*Известны пороговые концентрации следующих электролитов, ммоль/л:  $\text{KNO}_3$  – 50;  $\text{CaCl}_2$  – 0,715;  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  – 43;  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  – 49;  $\text{MgSO}_4$  – 0,81;  $\text{AlCl}_3$  – 0,099.



Установите заряд гранулы исследуемого коллоидного раствора, применяя правило Шульце-Гарди.

**Примечание:** Задача, отмеченная звездочкой, необязательна для решения (бонусная).

### 3. Лабораторные работы

#### 1. ЭФФЕКТ ФАРАДЕЯ-ТИНДАЛЯ

**Цель работы:** Изучить оптические свойства коллоидных систем.

##### **Теоретическая часть.**

Исследование оптических свойств коллоидных систем имеет большое значение для изучения их структур, определения размеров и формы частиц, а также их концентрации. При боковом освещении коллоидных растворов узким пучком света наблюдается характерное переливчатое (обычно голубых оттенков) свечение, называемое опалесценцией, в виде конуса, называемого конусом Тиндаля. Явление это обусловлено светорассеянием в коллоидных растворах, которое вызвано явлением дифракции, т.е. лучи света огибают коллоидные частицы и изменяют свое направление.

**Ход работы:** В химически чистый стакан налейте 50 мл дистиллированной воды. Осветите узким пучком света сбоку и наблюдайте «оптическую» пустоту воды. Затем в этот стакан прибавьте 5 капель спиртового раствора канифоли, перемешайте стеклянной палочкой и снова наблюдайте при боковом освещении. Нарисуйте конус Тиндаля.

**Вывод:**

#### 2. ВЗАИМНАЯ КОАГУЛЯЦИЯ ЗОЛЕЙ

**Цель работы:** Изучить коагуляцию золей.

**Теоретическая часть.** Если к золю с отрицательно заряженными частицами добавить золь с положительно заряженными частицами, то произойдет их взаимная коагуляция. На многих водоочистных станциях к воде, содержащей отрицательно заряженные органические смеси, добавляют положительно заряженные золи гидроксида алюминия или железа, после взаимной коагуляции образовавшиеся хлопья легко отфильтровываются на песчаных фильтрах.

**Ход работы:** В пяти пробирках смешать золи гидроксида железа и берлинской лазури в количествах, указанных в таблице:

№ пробирки	Кол-во золя гидроксида железа, мл	Кол-во золя берлинской лазури, мл	Степень коагуляции	Окраска жидкости над осадком
1	4,5	0,5		
2	4,0	1,0		
3	2,5	2,5		
4	1,0	4,0		
5	0,5	4,5		

Через 30 мин записать в таблицу результаты коагуляции: (+неполная, +++ полная) и цвет жидкости над осадком.

**Вывод:**

## **Литература:**

1. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов: учебник для вузов / Ю.А. Ершов, В.А. Попков, А.С. Берлянд; Под. ред. Ю.А. Ершова. – 10-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во Юрайт, 2014. – 560 с. – Серия: Бакалавр. Базовый курс.
2. Ершов Ю.А., Попков А.А., Берлянд А.С. и др. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов. Под. ред. Ю.А. Ершова – М.: Высшая школа, 1993. С. 491-526.
3. Равич-Щербо М.И., Новиков В.В. Физическая и коллоидная химия. М.: Высшая школа, 1975. С. 132-152, 175-187.
4. Глинка Н.Л. Общая химия. Л.: Химия. 1979 и далее, глава X.

## **Занятие № 14**

- I. Тема: Растворы ВМС. Свойства биополимеров. Рубежный контроль № 2**
- II. Тип занятия:** лабораторные работы
- III. Цель:** Сформировать представление о единстве состава, структуры и свойств высокомолекулярных соединений организма человека.
- IV. Значимость темы:** Здесь рассматриваются важные для процессов жизнедеятельности свойства биополимеров. Фактический материал по химии ВМС даёт врачу понимание многих явлений, происходящих в живом организме. Врачу необходимы ясные представления о законах, управляющих такими процессами, как набухание и растворение биополимеров, высаливание, застудневание, вязкое течение, мембранное равновесие. Теоретически объясняется аномальная вязкость растворов ВМС, в частности вязкость крови и других биологических жидкостей.
- V. Исходный уровень**
  1. Строение электронных оболочек атомов и ионов.
  2. Типы химических связей: ковалентная (полярная, неполярная), ионная.
- VI. Содержание занятия**

### **1. Теория**

1. Механизм набухания и растворения ВМС. Факторы, влияющие на набухание: температура, рН, электролиты.
2. Аномальная вязкость растворов ВМС. Вязкость крови.
3. Осмотическое давление растворов биополимеров. Онкотическое давление плазмы крови.
4. Полиэлектролиты. Изоэлектрическая точка и методы ее определения.

5. Устойчивость растворов биополимеров. Высаливание биополимеров из растворов: определение, механизм и факторы, определяющие этот процесс (температура, электролиты, неэлектролиты).
6. Застудневание растворов ВМС: механизм и факторы процесса (форма макромолекул, температура, концентрация, рН, электролиты). Свойства студней: тиксотропия и синерезис.

## 2. Задачи.

1. Объясните, как заряжаются молекулы альбумина плазмы крови при  $\text{pH} < 4,64$  и при  $\text{pH} > 4,64$ .  
Напишите соответствующие схемы реакций.  $\text{ИЭТ}_{\text{альбумина}} = 4,64$ .
2. ИЭТ гемоглобина и альбумина плазмы крови соответственно равны 6,8 и 4,64.  
Укажите направление перемещения указанных ВМС при электрофорезе в буферной системе с  $\text{pH} = 5,1$ .
3. \*Желатин помещен в 0,01М раствор  $\text{HCl}$ .  
Определите знак заряда молекул ВМС, если  $\text{ИЭТ} = 4,7$ .

**Примечание:** Задача, отмеченная звездочкой, необязательна для решения (бонусная).

## 3. Тестовые задания для входного контроля

1. Установите соответствие:

Вид растворов

- А. Растворы ВМС
- Б. Коллоидные растворы

Характеристика растворов

1. Термодинамически устойчивы
2. Термодинамически неустойчивы
3. Устойчивость связана, в основном, с наличием ДЭС
4. Устойчивость определяется, в основном, сольватной оболочкой
5. Большая удельная поверхность раздела с растворителем
6. Нет четко выраженной поверхности раздела с растворителем

2. Установите соответствие:

Вид растворов

- А. Растворы ВМС
- Б. Коллоидные растворы

Характеристика растворов

1. Частицы лиофобны
2. Частицы лиофильны
3. Размер частиц 1 – 100 нм
4. Размер частиц больше 100 нм
5. Концентрация  $\leq 1\%$
6. Концентрация  $\approx 10 - 15\%$

3. Частицы белка в растворе имеют положительный заряд, если

- а)  $\text{pH} < 7$
- б)  $\text{pH} > 7$
- в)  $\text{pH} = 7$
- г)  $\text{pH} < \text{ИЭТ}$
- д)  $\text{pH} > \text{ИЭТ}$

4. Частицы белка в растворе имеют отрицательный заряд, если

- а)  $\text{pH} < 7$
- б)  $\text{pH} > 7$
- в)  $\text{pH} = 7$
- г)  $\text{pH} < \text{ИЭТ}$
- д)  $\text{pH} > \text{ИЭТ}$

5. Набуханию белка в воде способствуют условия

- 1)  $\text{pH} \neq \text{ИЭТ}$
- 2)  $\text{pH} = \text{ИЭТ}$
- 3) низкая температура
- 4) высокая температура
- 5) плохо гидратирующиеся ионы
- 6) хорошо гидратирующиеся ионы
- 7) полярность растворителя и вещества сильно отличаются
- 8) полярность растворителя и вещества примерно одинаковы

- а) 1,3,5,7    б) 1,3,5,8    в) 1,4,5,8    г) 1,4,6,8    д) 2,3,6,7

6. Лиотропный ряд для процесса набухания имеет вид

- а)  $\text{SO}_4^{2-} > \text{F}^- > \text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^{3-} > \text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6^{2-} > \text{CH}_3\text{COO}^- > \text{Cl}^- > \text{NO}_3^- > \text{Br}^- > \text{I}^- > \text{CNS}^-$
- б)  $\text{SO}_4^{2-} > \text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6^{2-} > \text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^{3-} > \text{F}^- > \text{CH}_3\text{COO}^- > \text{Cl}^- > \text{NO}_3^- > \text{Br}^- > \text{I}^- > \text{CNS}^-$
- в)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^{3-} > \text{SO}_4^{2-} > \text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6^{2-} > \text{F}^- > \text{CH}_3\text{COO}^- > \text{Cl}^- > \text{NO}_3^- > \text{Br}^- > \text{I}^- > \text{CNS}^-$
- г)  $\text{CNS}^- > \text{I}^- > \text{Br}^- > \text{NO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{CH}_3\text{COO}^- > \text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6^{2-} > \text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^{3-} > \text{F}^- > \text{SO}_4^{2-}$
- д)  $\text{CNS}^- > \text{I}^- > \text{Br}^- > \text{NO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{CH}_3\text{COO}^- > \text{F}^- > \text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^{3-} > \text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6^{2-} > \text{SO}_4^{2-}$

7. Застудневанию способствуют условия

- 1)  $\text{pH} = \text{ИЭТ}$
- 2)  $\text{pH} \neq \text{ИЭТ}$
- 3) низкая температура
- 4) высокая температура
- 5) низкая концентрация
- 6) высокая концентрация
- 7) линейная форма макромолекул
- 8) сферическая форма макромолекул
- 9) ионы с низкой степенью гидратации
- 10) ионы с высокой степенью гидратации

- а) 1,3,6,7,9    б) 1,3,6,7,10    в) 1,3,6,8,10    г) 2,3,6,7,10    д) 2,4,5,7,9

8. Лиотропный ряд для процесса застудневания имеет вид

- а)  $\text{SO}_4^{2-} > \text{F}^- > \text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^{3-} > \text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6^{2-} > \text{CH}_3\text{COO}^- > \text{Cl}^- > \text{NO}_3^- > \text{Br}^- > \text{I}^- > \text{CNS}^-$   
 б)  $\text{SO}_4^{2-} > \text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6^{2-} > \text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^{3-} > \text{F}^- > \text{CH}_3\text{COO}^- > \text{Cl}^- > \text{NO}_3^- > \text{Br}^- > \text{I}^- > \text{CNS}^-$   
 в)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^{3-} > \text{SO}_4^{2-} > \text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6^{2-} > \text{F}^- > \text{CH}_3\text{COO}^- > \text{Cl}^- > \text{NO}_3^- > \text{Br}^- > \text{I}^- > \text{CNS}^-$   
 г)  $\text{CNS}^- > \text{I}^- > \text{Br}^- > \text{NO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{CH}_3\text{COO}^- > \text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6^{2-} > \text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^{3-} > \text{F}^- > \text{SO}_4^{2-}$   
 д)  $\text{CNS}^- > \text{I}^- > \text{Br}^- > \text{NO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{CH}_3\text{COO}^- > \text{F}^- > \text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^{3-} > \text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6^{2-} > \text{SO}_4^{2-}$

9. Высаливанию способствуют

- 1) низкая температура
- 2) высокая температура
- 3) любые неэлектролиты
- 4) водоотнимающие неэлектролиты
- 5) ионы с низкой степенью гидратации
- 6) ионы с высокой степенью гидратации

- а) 1,3,6      б) 1,4,5      в) 1,4,6      г) 2,4,5      д) 2,4,6

10. Лиотропный ряд для процесса высаливания имеет вид

- а)  $\text{SO}_4^{2-} > \text{F}^- > \text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^{3-} > \text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6^{2-} > \text{CH}_3\text{COO}^- > \text{Cl}^- > \text{NO}_3^- > \text{Br}^- > \text{I}^- > \text{CNS}^-$   
 б)  $\text{SO}_4^{2-} > \text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6^{2-} > \text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^{3-} > \text{F}^- > \text{CH}_3\text{COO}^- > \text{Cl}^- > \text{NO}_3^- > \text{Br}^- > \text{I}^- > \text{CNS}^-$   
 в)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^{3-} > \text{SO}_4^{2-} > \text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6^{2-} > \text{F}^- > \text{CH}_3\text{COO}^- > \text{Cl}^- > \text{NO}_3^- > \text{Br}^- > \text{I}^- > \text{CNS}^-$   
 г)  $\text{CNS}^- > \text{I}^- > \text{Br}^- > \text{NO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{CH}_3\text{COO}^- > \text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6^{2-} > \text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^{3-} > \text{F}^- > \text{SO}_4^{2-}$   
 д)  $\text{CNS}^- > \text{I}^- > \text{Br}^- > \text{NO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{CH}_3\text{COO}^- > \text{F}^- > \text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^{3-} > \text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6^{2-} > \text{SO}_4^{2-}$

#### 4. Лабораторные работы

##### 1. ВЛИЯНИЕ pH НА НАБУХАНИЕ ВМС

**Цель работы:** Изучить набухание ВМС при действии реагентов с различными значениями pH среды.

**Теоретическая часть.** На набухание амфотерных веществ большое влияние оказывает pH среды. Влияние pH на набухание хорошо изучено для белков и белковых веществ. Кривая набухания как функция pH проходит через минимум, который лежит в области ИЭТ. Например, для желатина он находится при  $\text{pH} = 4,7$ . Появление опухолей при ожоге крапивой или укуса муравья объясняется повышением набухания тканей вследствие локального изменения pH.

**Ход работы:** в три мерные пробирки поместить по 0,5г порошка желатина (высота порошка 1см), в 1-ю – прилить 8мл 0,1М р-ра HCl, во 2-ю – 8мл 0,1М р-ра CH<sub>3</sub>COOH, в 3-ю – 4мл 0,1М р-ра CH<sub>3</sub>COONa. Содержимое пробирок тщательно перемешать и оставить на час. Через час замерить высоту набухания желатина. Результаты записать в лабораторный журнал по форме:

№ пробирки	Высота слоя сух. Желатина, $h_1$	Добавляемый реактив	Время набухания, мин	Высота слоя набухшего желатина, $h_2$	Набухание, $\Delta h = h_2 - h_1$
1	1 см	HCl	60		
2	1 см	NaOH	60		
3	1 см	CH <sub>3</sub> COOH+ CH <sub>3</sub> COONa	60		

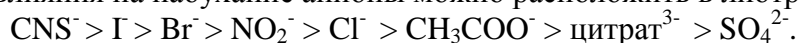
**Вывод:**

## 2. ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОЛИТОВ НА НАБУХАНИЕ ВМС

**Цель работы:** Изучить влияние анионов на процесс набухания желатина.

**Теоретическая часть.**

Влияние электролитов на набухание ВМС хорошо изучено для белков и белковых веществ. На процесс набухания наибольшее влияние оказывают анионы. По интенсивности влияния на набухание анионы можно расположить в лиотропный ряд:



Ионы, стоящие слева от  $\text{Cl}^-$ , усиливают набухание, расположенные справа – тормозят этот процесс.

**Ход работы.** В четыре пробирки поместить по 0,5 г желатина (высота желатина 1 см). В 1-ю – прилить 6 мл 0,5М р-ра  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , во 2-ю – 8мл 0,5М р-ра  $\text{KCl}$ , в 3-ю - 8мл 0,5М р-ра  $\text{KBr}$ , в 4-ю - 8мл 0,5М р-ра  $\text{NH}_4\text{CNS}$ . Содержимое пробирок тщательно перемешать и оставить на час. Через час измерить высоту набухания желатина. Результаты записать.

**Вывод:**

## 3. ВЛИЯНИЕ КИСЛОТ И ЩЕЛОЧЕЙ НА ЗАСТУДНЕВАНИЕ

**Цель работы:** Изучить скорость застудневания раствора желатина при действии кислот и щелочей.

**Теоретическая часть.** На застудневание растворов оказывает влияние рН раствора, легче всего оно протекает при рН, отвечающем изоэлектрическому состоянию.

**ХОД РАБОТЫ:** в три пробирки налить по 5мл теплого 3%-го желатина и прилить в 1-ю – 1 мл дистиллированной воды, во 2-ю – 1мл 0.1М р-ра  $\text{HCl}$ , в 3-ю – 1мл 0.1М р-ра  $\text{NaOH}$ . Содержимое пробирок перемешать, пробирки поместить в кружку с водой, температура которой  $40^\circ\text{C}$ , затем охладить их до  $10^\circ\text{C}$  и отметить время застудневания. Результаты измерений записать в журнал:

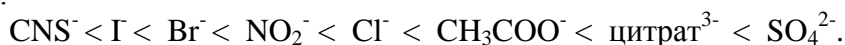
№ пробирки	Исследуемый раствор	Добавляемый раствор	Время застудневания
1	Желатин	Дист. вода	
2	Желатин	$\text{HCl}$	
3	Желатин	$\text{NaOH}$ .	

**Вывод:**

## 4. ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОЛИТОВ НА ЗАСТУДНЕВАНИЕ

**Цель работы:** Изучить влияние различных электролитов на застудневание желатина.

**Теоретическая часть.** Электролиты оказывают существенное влияние на скорость застудневания. Ионы одних электролитов ускоряют, других – замедляют процесс застудневания. Действие ионов на застудневание связано с их расположением в лиотропном ряду: чем выше гидратирующая способность иона, тем сильнее он ускоряет застудневание:



Ионы расположены в порядке усиления их действия на застудневание.

**Ход работы.** В пять пробирок отмерить по 2,5 мл теплого 6%-го р-ра желатина и прилить в них по 2,5мл 1М растворов: в 1-ю -  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , во 2-ю –  $\text{KCl}$ , в 3-ю –  $\text{KI}$ , в 4-ю -  $\text{NH}_4\text{CNS}$ , в 5-ю (для сравнения) – дистиллированной воды. Наблюдать за процессом застудневания постоянно. Результаты записать в журнал:

№ пробирки	Исследуемый раствор	Добавляемый раствор	Время застудневания
1	Желатин	$K_2SO_4$	
2	Желатин	KCl	
3	Желатин	KI	
4	Желатин	$NH_4CNS$	
5	Желатин	дистиллированная вода	

**Вывод:**

### **Литература:**

5. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов: учебник для вузов / Ю.А. Ершов, В.А. Попков, А.С. Берлянд; Под. ред. Ю.А. Ершова. – 10-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во Юрайт, 2014. – 560 с. – Серия: Бакалавр. Базовый курс.
6. Ершов Ю.А., Попков А.А., Берлянд А.С. и др. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов. Под. ред. Ю.А. Ершова – М.: Высшая школа, 1993. С. 526-541, 543-545.
7. Равич-Щербо М.И., Новиков В.В. Физическая и коллоидная химия. М.: Высшая школа, 1975. С. 196-224.

\*\*\*

### **Тема: Рубежный контроль № 2**

#### **Сводные вопросы к контролю модуля № 2**

#### **«Основные типы химических равновесий и процессов в жизнедеятельности организма. Физико-химия дисперсных систем и растворов ВМС»**

#### **1. Теория**

6. Координационная теория Вернера.
7. Константы нестойкости и устойчивости комплексных частиц.
8. Ориентация молекул в поверхностном слое и структура биомембран.
9. Адсорбция на поверхности раздела жидкость/газ. Уравнение Гиббса. Изменение поверхностной активности в гомологических рядах (правило Дюкло-Траубе).
10. Адсорбция на поверхности раздела твердое тело/газ. Физическая адсорбция и хемосорбция. Уравнение Ленгмюра.
11. Получение коллоидных растворов. Дисперсионные методы: механический, ультразвуковой, пептизации. Конденсационные методы: физические (замены растворителя), химические (гидролиза, двойного обмена).
12. Устойчивость дисперсных систем. Виды устойчивости коллоидных растворов: кинетическая (седиментационная), агрегативная и конденсационная. Факторы устойчивости.
13. Коагуляция. Виды коагуляции: скрытая и явная. Порог коагуляции, пороговая концентрация. Седиментация.
14. Полиэлектролиты. Изоэлектрическая точка и методы ее определения.

15. Застуднение растворов ВМС: механизм и факторы процесса (форма макромолекул, температура, концентрация, рН, электролиты). Свойства студней: тиксотропия и синерезис.

## 2. Задачи

5. Определите заряд комплексообразователя и его координационное число в комплексном ионе  $[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_2(\text{OH})_2]^{3-}$ .  
Назовите этот ион.  
Напишите выражение константы нестойкости.
6. Напишите формулу комплексного соединения, имеющего название: хлорид гексаамминхрома (III).  
Напишите выражение константы нестойкости.
7. Напишите выражение константы нестойкости для соединения: тринитротриамминкобальт.  
Классифицируйте его по заряду внутренней сферы и по природе лигандов.
8. Для некоторого процесса адсорбции  $\Gamma_\infty = 7 \cdot 10^{-10}$  моль/м<sup>2</sup>,  $K = 0,935$ .  
Вычислите величину адсорбции при концентрации адсорбтива 0,05 моль/л.  
Изобразите изотерму адсорбции.  
Объясните, какому участку графика соответствует условие данной задачи.
9. Напишите коллоидно-химические формулы мицелл золей, полученных по реакциям:  
V.  $\text{AgNO}_3 + \text{NaCl} =$   
VI.  $\text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 =$   
VII.  $\text{FeCl}_3 + \text{H}_2\text{O} =$   
Приведите их строение.  
Назовите методы их получения.  
Примечание:  
1) В вариантах I – II необходимо написать формулы мицелл в избытке каждого из исходных веществ.
10. Имеются 3 коллоидных раствора: гидроксида железа (III), полученного гидролизом  $\text{FeCl}_3$ , иодида серебра, полученного в избытке KI, и иодида серебра, полученного в избытке  $\text{AgNO}_3$ .  
Предложите два варианта взаимной коагуляции.  
Объясните, используя формулы мицелл.
11. Пороговая концентрация  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  для коллоидного раствора гидроксида алюминия равняется 0,63 ммоль/л.  
Рассчитайте объем 0,01М раствора дихромата калия, вызывающего видимую коагуляцию 200 мл золя.  
Установите заряд гранулы, учитывая, что коагулирующим действием обладает дихромат-анион.  
Объясните, используя формулы мицелл.
12. Объясните, как заряжаются молекулы альбумина плазмы крови при  $\text{pH} < 4,64$  и при  $\text{pH} > 4,64$ .  
Напишите соответствующие схемы реакций.  $\text{ИЭТ}_{\text{альбумина}} = 4,64$ .

## 3. Литература



6. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов: учебник для вузов / Ю.А. Ершов, В.А. Попков, А.С. Берлянд; Под. ред. Ю.А. Ершова. – 10-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во Юрайт, 2014. – 560 с. – Серия: Бакалавр. Базовый курс.
7. Ершов Ю.А., Попков А.А., Берлянд А.С. и др. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов. Под. ред. Ю.А. Ершова – М.: Высшая школа, 1993. – 560 с.
8. Глинка Н.Л. Общая химия. Л.: Химия. 1979 и далее.
9. Равич-Щербо М.И., Новиков В.В. Физическая и коллоидная химия. М.: Высшая школа, 1975. – 254 с.
10. Ленский А.С. Введение в бионеорганическую и биофизическую химию. М.: Высшая школа, 1989. – 256 с.

## **Занятие № 15**

- I. Тема: Предэкзаменационное тестирование**
- II. Цель: Систематизация знаний. Подготовка к экзаменам.**

### **ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ для проверки знаний по дисциплине «Химия»**

#### **Модуль I. Основные закономерности протекания химических реакций в жидких средах организма**

##### **1. Химическая термодинамика и её применение к биосистемам**

1. # Химическая термодинамика изучает
  - а) скорости реакций
  - б) механизмы реакций
  - в) тепловые эффекты
  - г) превращения энергии
  - д) термохимические процессы
2. \*Открытые термодинамические системы обмениваются с окружающей средой
  - а) энергией
  - б) веществом
  - в) связанной энергией
  - г) свободной энергией
  - д) внутренней энергией
3. # Закрытые термодинамические системы обмениваются с окружающей средой
  - а) энергией

- б) веществом
  - в) связанной энергией
  - г) свободной энергией
  - д) внутренней энергией
4. \*Открытой термодинамической системой является
- а) клетка (животная или растительная)
  - б) популяция
  - в) биоценоз
  - г) биосфера
  - д) химическая реакция, идущая в термостате
5. # Закрытой термодинамической системой является
- а) клетка (животная или растительная)
  - б) популяция
  - в) биоценоз
  - г) биосфера
  - д) химическая реакция, идущая в термостате
6. # Изолированной термодинамической системой является
- а) клетка (животная или растительная)
  - б) популяция
  - в) биоценоз
  - г) биосфера
  - д) химическая реакция, идущая в термостате
7. \*Являются гомогенными системами
- а) кровь
  - б) лимфа
  - в) эритроциты
  - г) плазма крови
  - д) спинномозговая жидкость
8. \*Являются гетерогенными системами
- а) кровь
  - б) лимфа
  - в) эритроциты
  - г) плазма крови
  - д) спинномозговая жидкость
9. # Для живых организмов характерно состояние
- а) стационарное
  - б) равновесное
  - в) неравновесное
  - г) абсолютное равновесное
  - д) относительное равновесное
10. ^ Энтальпия, энтропия, внутренняя энергия, свободная энергия и энергия Гиббса обозначаются, соответственно, символами
- а) U
  - б) H
  - в) G

- г) S
- д) F
- 11.\* Являются параметрами состояния
  - а) масса
  - б) вязкость
  - в) давление
  - г) энтропия
  - д) энтальпия
- 12.\* Являются параметрами состояния
  - а) энтропия
  - б) энтальпия
  - в) плотность
  - г) температура
  - д) концентрация
- 13.\* Являются функциями состояния
  - а) масса
  - б) вязкость
  - в) давление
  - г) энтропия
  - д) энтальпия
- 14.\* Являются функциями состояния
  - а) плотность
  - б) концентрация
  - в) энергия Гиббса
  - г) свободная энергия
  - д) внутренняя энергия
- 15.# Процессы, протекающие в организме человека, являются
  - а) изобарными
  - б) изохорными
  - в) изотермическими
  - г) изобарно-изотермическими
  - д) изохорно-изотермическими
- 16.# Энергия, зависящая только от термодинамического состояния системы, называется
  - а) энтальпией
  - б) энергией Гиббса
  - в) связанной энергией
  - г) свободной энергией
  - д) внутренней энергией
- 17.# Энергия, которой обладает система, находящаяся при постоянном давлении, называется
  - а) энтропией
  - б) энтальпией
  - в) энергией Гиббса
  - г) свободной энергией

- д) внутренней энергией
- 18.# Энергия Гиббса – это часть
- а) энтальпии, которая может переходить в работу
  - б) энтальпии, которая не может переходить в работу
  - в) свободной энергии, которая может переходить в работу
  - г) внутренней энергии, которая может переходить в работу
  - д) внутренней энергии, которая не может переходить в работу
- 19.# При синтезе белка неупорядоченность системы снижается, следовательно
- а) энтропия уменьшается
  - б) энтропия увеличивается
  - в) энтальпия уменьшается
  - г) энтальпия увеличивается
  - д) энергия Гиббса уменьшается
- 20.# При денатурации белка неупорядоченность системы возрастает, следовательно
- а) энтропия уменьшается
  - б) энтропия увеличивается
  - в) энтальпия уменьшается
  - г) энтальпия увеличивается
  - д) энергия Гиббса увеличивается
- 21.\*Производство энтропии в организме человека уменьшается
- а) при синтезе белка
  - б) в период эмбриогенеза
  - в) в процессе регенерации тканей
  - г) при синтезе нуклеиновых кислот
  - д) при росте злокачественных новообразований
- 22.\*Производство энтропии в организме человека увеличивается
- а) при синтезе белка
  - б) в период эмбриогенеза
  - в) в процессе регенерации тканей
  - г) при синтезе нуклеиновых кислот
  - д) при росте злокачественных новообразований
- 23.\*При переходе клетки из нормального состояния в опухолевое
- а) энтропия уменьшается
  - б) энтропия увеличивается
  - в) температура увеличивается
  - г) парциальное давление кислорода уменьшается
  - д) парциальное давление кислорода увеличивается

## **2. Химическая кинетика и её значение для изучения скоростей и механизмов биохимических процессов**

- 24.\*Химическая кинетика изучает следующие аспекты химических реакций
- а) скорости
  - б) механизмы

- в) тепловые эффекты
  - г) превращения энергии
  - д) термохимические процессы
- 25.# Большинство реакций в организме человека протекает с участием органических соединений. Такие реакции, как правило
- а) обратимые
  - б) необратимые
  - в) гомогенные
  - г) радикальные
  - д) сопряженные
- 26.# Большинство протекающих в организме человека реакций
- а) простые
  - б) сложные
  - в) необратимые
  - г) радикальные
  - д) сопряженные
- 27.# Протекающие в организме человека процессы гидролиза биополимеров (белки, гликоген и т. д.) являются реакциями
- а) цепными
  - б) радикальными
  - в) сопряженными
  - г) параллельными
  - д) последовательными
- 28.# Превращение субстрата в продукт происходит через многократное повторение одних и тех же стадий в реакциях
- а) цепных
  - б) простых
  - в) сложных
  - г) сопряженных
  - д) последовательных
- 29.# Перекисное окисление липидов – реакция
- а) цепная
  - б) простая
  - в) обратимая
  - г) сопряженная
  - д) последовательная
- 30.# Протекающие в организме человека процессы – окисление глюкозы и синтез АТФ – являются реакциями
- а) цепными
  - б) радикальными
  - в) сопряженными
  - г) параллельными
  - д) последовательными
- 31.# Протекающие в организме человека процессы синтеза АТФ являются реакциями

- а) простыми
  - б) сопряженными
  - в) экзотермическими
  - г) экзергоническими
  - д) эндергоническими
- 32.# Протекающие в организме человека процессы окисления глюкозы являются реакциями
- а) простыми
  - б) сопряженными
  - в) эндотермическими
  - г) экзергоническими
  - д) эндергоническими
- 33.# Средняя скорость – это изменение концентрации любого участвующего в реакции вещества, произошедшее за промежуток времени
- а) определённый
  - б) неопределённый
  - в) бесконечный
  - г) бесконечно малый
  - д) бесконечно большой
- 34.# Истинная скорость – это изменение концентрации любого участвующего в реакции вещества, произошедшее за промежуток времени
- а) конечный
  - б) бесконечный
  - в) определённый
  - г) бесконечно малый
  - д) бесконечно большой
- 35.# Истинная скорость – это первая производная по времени
- а) при постоянном давлении
  - б) при постоянной температуре
  - в) при постоянном объёме системы
  - г) рассчитанная для нормальных условий
  - д) рассчитанная для стандартных условий
- 36.# В соответствии с законом действующих масс скорость химической реакции прямо пропорциональна
- а) давлению
  - б) температуре
  - в) концентрации исходных веществ
  - г) концентрации продуктов реакции
  - д) концентрации всех веществ, участвующих в реакции
- 37.\*Закон действующих масс применим к
- а) простым реакциям
  - б) сложным реакциям
  - в) гомогенным реакциям
  - г) гетерогенным реакциям
  - д) последовательным реакциям

- 38.# Сумма показателей степеней ( $a + b$ ) в кинетическом уравнении, как правило, находится в пределах
- а)  $0 < a + b < 3$
  - б)  $0 \leq a + b \leq 3$
  - в)  $1 \leq a + b \leq 3$
  - г)  $1 < a + b < 3$
  - д)  $1 < a + b \leq 3$
- 39.# Константа скорости химической реакции зависит от
- а) давления
  - б) температуры
  - в) концентрации исходных веществ
  - г) концентрации продуктов реакции
  - д) концентрации всех веществ, участвующих в реакции
- 40.\*Молекулярность химической реакции, как правило, может принимать значения
- а) 1
  - б) 2
  - в) 3
  - г) 4
  - д) 5
- 41.# К реакциям нулевого порядка относятся
- а) реакции гидролиза
  - б) реакции изомерного превращения
  - в) конечные стадии ферментативных процессов
  - г) начальные стадии ферментативных процессов
  - д) реакции взаимодействия антигенов с антителами
- 42.\*Кинетическим уравнением 1 порядка описываются
- а) реакции гидролиза
  - б) реакции изомерного превращения
  - в) процессы агглютинации эритроцитов
  - г) взаимодействие антигенов с антителами
  - д) конечные стадии многих ферментативных процессов
- 43.# Кинетическим уравнением 2 порядка описываются
- а) реакции гидролиза
  - б) процессы агглютинации эритроцитов
  - в) конечные стадии ферментативных процессов
  - г) начальные стадии ферментативных процессов
  - д) реакции взаимодействия антигенов с антителами
- 44.# Правило Вант-Гоффа показывает зависимость скорости химической реакции от
- а) температуры
  - б) энергии активации
  - в) концентрации продуктов реакции
  - г) концентрации реагирующих веществ
  - д) концентрации любых веществ, участвующих в реакции

- 45.# Температурный коэффициент в уравнении Вант-Гоффа для биохимических процессов принимает значения
- а) 2-5
  - б) 3-6
  - в) 6-9
  - г) 7-10
  - д) 9-12
- 46.# Уравнение Аррениуса показывает зависимость между
- а) скоростью и температурой
  - б) скоростью и концентрацией реагирующих веществ
  - в) скоростью и концентрацией любых веществ, участвующих в реакции
  - г) константой скорости и температурой
  - д) константой скорости и концентрацией реагирующих веществ

### 3. Химическое равновесие

- 47.# Химическое равновесие – это состояние химической реакции, при котором прямой и обратный процессы
- а) затихают
  - б) останавливаются
  - в) протекают постоянно
  - г) протекают замедленно
  - д) протекают с невысокой скоростью
- 48.# Химическое равновесие – это состояние химической реакции, при котором прямой и обратный процессы
- а) затихают
  - б) останавливаются
  - в) протекают замедленно
  - г) протекают с невысокой скоростью
  - д) протекают с одинаковой скоростью
- 49.\*Химическое равновесие – процесс
- а) статичный
  - б) статический
  - в) подвижный
  - г) неподвижный
  - д) динамический
- 50.# Величина константы химического равновесия зависит от
- а) давления
  - б) температуры
  - в) концентрации
  - г) наличия катализатора
  - д) всех перечисленных факторов
- 51.# Константа химического равновесия равна отношению
- а) концентраций прямой и обратной реакций
  - б) скорости прямой реакции к скорости обратной реакции
  - в) скорости обратной реакции к скорости прямой реакции



- г) константы скорости прямой реакции к константе скорости обратной реакции
- д) константы скорости обратной реакции к константе скорости прямой реакции
- 52.# Уравнение изотермы химической реакции имеет вид
- а)  $\Delta G = RT \lg K$
- б)  $\Delta G = 2,3RT \lg K$
- в)  $\Delta G = RT \ln K$
- г)  $\Delta G = -RT \ln K$
- д)  $\Delta G = -2,3RT \ln K$
- 53.# Анализ уравнения изотермы химической реакции: если  $\Delta G$  меньше нуля, то
- а)  $K$  меньше 0
- б)  $K$  больше 0
- в)  $K$  меньше 1
- г)  $K$  больше 1
- д) прямой процесс протекает самопроизвольно
- 54.# Анализ уравнения изотермы химической реакции: если  $\Delta G$  больше нуля, то
- а)  $K$  меньше 0
- б)  $K$  больше 0
- в)  $K$  меньше 1
- г)  $K$  больше 1
- д) прямой процесс протекает самопроизвольно
- 55.\* Анализ уравнения изотермы химической реакции: если  $\Delta G$  равняется нулю, то
- а)  $K$  равняется 0
- б)  $K$  равняется 1
- в) реакция прекращается
- г) наступает кинетическое равновесие
- д) наступает термодинамическое равновесие
- 56.# Повышение температуры смещает равновесие в сторону реакции
- а) прямой
- б) обратной
- в) экзотермической
- г) эндотермической
- д) с большей константой скорости
- 57.# Понижение температуры смещает равновесие в сторону реакции
- а) прямой
- б) обратной
- в) экзотермической
- г) эндотермической
- д) с меньшей константой скорости
- 58.# Повышение давления смещает равновесие в сторону реакции
- а) прямой

- б) обратной
  - в) экзотермической
  - г) с образованием большего количества газообразных веществ
  - д) с образованием меньшего количества газообразных веществ
- 59.# Понижение давления смещает равновесие в сторону реакции
- а) прямой
  - б) обратной
  - в) эндотермической
  - г) с образованием большего количества газообразных веществ
  - д) с образованием меньшего количества газообразных веществ
- 60.\* Давление влияет на смещение равновесия, если
- а) все продукты реакции газообразные
  - б) все исходные вещества газообразные
  - в) все участвующие в реакции вещества газообразные
  - г) в реакции участвует хотя бы одно газообразное вещество
  - д) количества газообразных исходных веществ и продуктов неодинаково
- 61.# Давление влияет на смещение равновесия, если в газообразном виде находятся (находится)
- а) все продукты реакции
  - б) все исходные вещества
  - в) хотя бы одно вещество
  - г) все участвующие в реакции вещества
- 62.# Повышение концентрации исходных веществ смещает равновесие в сторону реакции
- а) прямой
  - б) обратной
  - в) экзотермической
  - г) эндотермической
  - д) с образованием меньшего количества газообразных веществ
- 63.# Повышение концентрации продуктов реакции смещает равновесие в сторону реакции
- а) прямой
  - б) обратной
  - в) экзотермической
  - г) эндотермической
  - д) с образованием меньшего количества газообразных веществ
- 64.\* Для смещения равновесия в реакции синтеза аммиака вправо необходимо
- а) понизить температуру
  - б) повысить температуру
  - в) увеличить концентрацию аммиака
  - г) уменьшить концентрацию аммиака
  - д) увеличить концентрацию азота и водорода
- 65.\* Для смещения равновесия в реакции синтеза аммиака вправо необходимо
- а) понизить давление
  - б) повысить давление

- в) понизить температуру
  - г) повысить температуру
  - д) уменьшить концентрацию азота и водорода
- 66.# Для смещения равновесия в реакции синтеза аммиака вправо необходимо
- а) понизить давление
  - б) повысить давление
  - в) повысить температуру
  - г) увеличить концентрацию аммиака
  - д) уменьшить концентрацию азота и водорода
- 67.# Для смещения равновесия в реакции синтеза аммиака вправо необходимо
- а) понизить давление
  - б) повысить температуру
  - в) повысить концентрацию аммиака
  - г) увеличить концентрацию азота и водорода
  - д) уменьшить концентрацию азота и водорода
- 68.# Для смещения равновесия в реакции синтеза аммиака вправо необходимо
- а) понизить давление
  - б) повысить температуру
  - в) увеличить концентрацию аммиака
  - г) уменьшить концентрацию аммиака
  - д) уменьшить концентрацию азота и водорода
- 69.# Примером микрогетерогенного катализа является
- а) ферментативное расщепление жиров
  - б) кислотный гидролиз сложного эфира
  - в) гидрирование алкенов (катализатор платина)
  - г) гидрогенизация жиров (катализатор платина или никель)
  - д) синтез аммиака из простых веществ (катализатор железо)

#### **4. Растворы и их роль в жизнедеятельности**

- 70.# Аномальное свойство воды, делающее её универсальным растворителем полярных соединений
- а) вязкость
  - б) теплоемкость
  - в) степень ионизации
  - г) константа ионизации
  - д) диэлектрическая проницаемость
- 71.\*Водородным показателем называется
- а) десятичный логарифм концентрации катионов водорода
  - б) отрицательный десятичный логарифм концентрации катионов водорода
  - в) отрицательный натуральный логарифм концентрации катионов водорода

- г) десятичный логарифм концентрации катионов гидроксония  
д) отрицательный десятичный логарифм концентрации катионов гидроксония
- 72.# Водородным показателем называется
- а) десятичный логарифм концентрации катионов водорода  
б) отрицательный натуральный логарифм концентрации катионов водорода  
в) десятичный логарифм концентрации катионов гидроксония  
г) отрицательный десятичный логарифм концентрации катионов гидроксония  
д) отрицательный натуральный логарифм концентрации катионов гидроксония
- 73.# Водородным показателем называется
- а) десятичный логарифм концентрации катионов водорода  
б) отрицательный десятичный логарифм концентрации катионов водорода  
в) отрицательный натуральный логарифм концентрации катионов водорода  
г) десятичный логарифм концентрации катионов гидроксония  
д) отрицательный натуральный логарифм концентрации катионов гидроксония
- 74.\*Истинные растворы
- а) гомогенны  
б) гетерогенны  
в) не имеют окраски  
г) термодинамически устойчивы  
д) термодинамически неустойчивы
- 75.# Массовая доля растворенного вещества – это масса вещества
- а) в 1 л раствора  
б) в 100 г раствора  
в) в 100 мл раствора  
г) в 100 г растворителя  
д) в 100 мл растворителя
- 76.# Молярная концентрация – это количество вещества
- а) в 1 л раствора  
б) в 1 кг раствора  
в) в 100 г раствора  
г) в 1 л растворителя  
д) в 1 кг растворителя
- 77.# Моляльность раствора – это количество вещества
- а) в 1 л раствора  
б) в 1 кг раствора  
в) в 100 г раствора  
г) в 1 л растворителя  
д) в 1 кг растворителя

- 78.# Закон Генри: растворимость газа в жидкости прямо пропорциональна
- а) давлению
  - б) температуре
  - в) концентрации
  - г) давлению и концентрации
  - д) температуре и концентрации
- 79.\*Коллигативные свойства растворов
- а) плотность
  - б) концентрация
  - в) осмотическое давление
  - г) повышение температуры кипения
  - д) понижение температуры замерзания
- 80.\*Коллигативные свойства растворов
- а) вязкость
  - б) плотность
  - в) концентрация
  - г) повышение температуры кипения
  - д) понижение температуры замерзания
- 81.# Коллигативные свойства растворов
- а) вязкость
  - б) текучесть
  - в) плотность
  - г) концентрация
  - д) осмотическое давление
- 82.# Коллигативные свойства растворов
- а) вязкость
  - б) текучесть
  - в) плотность
  - г) концентрация
  - д) понижение температуры замерзания
- 83.# Коллигативные свойства растворов
- а) вязкость
  - б) текучесть
  - в) плотность
  - г) концентрация
  - д) повышение температуры кипения
- 84.# Закон Рауля: относительное понижение давления насыщенного пара растворителя над раствором нелетучего вещества
- а) равно молярной доле растворителя
  - б) равно молярной доле растворенного вещества
  - в) прямо пропорционально молярной доле растворителя
  - г) прямо пропорционально массе растворенного вещества
  - д) прямо пропорционально молярной доле растворенного вещества
- 85.# Закон Рауля: давление насыщенного пара растворителя над раствором нелетучего вещества

- а) равно молярной доле растворителя
  - б) равно молярной доле растворенного вещества
  - в) прямо пропорционально молярной доле растворителя
  - г) прямо пропорционально массе растворенного вещества
  - д) прямо пропорционально молярной доле растворенного вещества
- 86.\*Осмос – это направленное движение молекул растворителя
- а) из растворителя в раствор
  - б) из раствора в растворитель
  - в) из раствора с большей концентрацией вещества в раствор с меньшей концентрацией вещества
  - г) из раствора с меньшей концентрацией вещества в раствор с большей концентрацией вещества
  - д) из раствора с большим объемом в раствор с меньшим объемом
- 87.# Осмос – это направленное движение молекул растворителя
- а) из растворителя в раствор
  - б) из раствора в растворитель
  - в) из раствора с большей концентрацией вещества в раствор с меньшей концентрацией вещества
  - г) из раствора с меньшим объемом в раствор с большим объемом
  - д) из раствора с меньшей массой растворенного вещества в раствор с большей массой растворенного вещества
- 88.# Осмос – это направленное движение молекул растворителя
- а) из раствора в растворитель
  - б) из раствора с меньшим объемом в раствор с большим объемом
  - в) из раствора с большим объемом в раствор с меньшим объемом
  - г) из раствора с меньшей концентрацией вещества в раствор с большей концентрацией вещества
  - д) из раствора с большей концентрацией вещества в раствор с меньшей концентрацией вещества
- 89.# Осмос направлен в сторону раствора, имеющего
- а) больший объем
  - б) меньший объем
  - в) меньшую массу
  - г) большую концентрацию растворенного вещества
  - д) меньшую концентрацию растворенного вещества
- 90.\*Закон Вант-Гоффа: осмотическое давление разбавленных растворов неэлектролитов прямо пропорционально
- а) массе раствора
  - б) абсолютной температуре
  - в) молярной концентрации раствора
  - г) массовой доле растворённого вещества
  - д) молярной доле растворённого вещества
- 91.# Закон Вант-Гоффа для неэлектролитов описывается уравнением
- а)  $= nRT$
  - б)  $= mRT$

- в) =  $nRT/m$
- г) =  $mRT/V$
- д) =  $mRT/MV$

## 5. Осмотические свойства растворов электролитов. Электролиты в организме

- 92.# Диссоциация слабых электролитов не зависит от
- а) давления
  - б) температуры
  - в) природы электролита
  - г) природы растворителя
  - д) концентрации раствора
- 93.# На степень диссоциации слабых электролитов влияет
- а) добавление анионов
  - б) добавление катионов
  - в) добавление любых ионов
  - г) добавление одноименных ионов
  - д) добавление гидрофобных неэлектролитов
- 94.\*Закон Вант-Гоффа: осмотическое давление разбавленных растворов электролитов прямо пропорционально
- а) степени диссоциации
  - б) константе диссоциации
  - в) абсолютной температуре
  - г) молярной концентрации раствора
  - д) количеству ионов, образующихся при диссоциации
- 95.# Математическое выражение закона Вант-Гоффа для разбавленных растворов электролитов
- а) =  $inRT$
  - б) =  $imRT$
  - в) =  $inRT/m$
  - г) =  $imRT/V$
  - д) =  $imRT/MV$
- 96.# Осмотическое давление разбавленных растворов электролитов прямо пропорционально
- а) массе раствора
  - б) константе диссоциации
  - в) абсолютной температуре
  - г) массовой доле растворённого вещества
  - д) молярной доле растворённого вещества
- 97.# Осмотическое давление разбавленных растворов электролитов прямо пропорционально
- а) массе раствора
  - б) константе диссоциации
  - в) молярной концентрации раствора
  - г) массовой доле растворённого вещества

- д) молярной доле растворённого вещества
- 98.# Осмотическое давление разбавленных растворов электролитов прямо пропорционально
- массе раствора
  - степени диссоциации
  - константе диссоциации
  - массовой доле растворённого вещества
  - молярной доле растворённого вещества
- 99.# Осмотическое давление разбавленных растворов электролитов прямо пропорционально
- массе раствора
  - константе диссоциации
  - массовой доле растворённого вещества
  - молярной доле растворённого вещества
  - количеству ионов, образующихся при диссоциации
100. # Кажущаяся степень диссоциации и изотонический коэффициент связаны соотношением
- $i = \alpha - 1/n - 1$
  - $i = \alpha - 1/n + 1$
  - $\alpha = i - 1/n - 1$
  - $\alpha = i - 1/n + 1$
  - $\alpha = n - 1/i - 1$
101. # Изотонический коэффициент рассчитывается по формуле
- $i = \alpha - 1/n - 1$
  - $i = 1 - \alpha(n + 1)$
  - $i = 1 + \alpha(n + 1)$
  - $i = 1 + \alpha(n - 1)$
  - $i = 1 + n(\alpha - 1)$
102. # Величина изотонического коэффициента
- прямо пропорциональна степени диссоциации
  - обратно пропорциональна степени диссоциации
  - прямо пропорциональна константе диссоциации
  - обратно пропорциональна количеству образующихся ионов
  - прямо пропорциональна молярной доле растворённого вещества
103. # Величина изотонического коэффициента
- обратно пропорциональна степени диссоциации
  - прямо пропорциональна константе диссоциации



- в) обратно пропорциональна количеству образующихся ионов
  - г) прямо пропорциональна молярной доле растворённого вещества
  - д) прямо пропорциональна количеству ионов, образующихся при диссоциации
104. \*Закон разведения Оствальда: степень диссоциации слабого бинарного электролита
- а) прямо пропорциональна константе диссоциации
  - б) обратно пропорциональна константе диссоциации
  - в) прямо пропорциональна квадратному корню из константы диссоциации
  - г) обратно пропорциональна квадратному корню из молярной концентрации
  - д) прямо пропорциональна количеству ионов, образующихся при диссоциации
105. # Водные растворы сильных электролитов содержат
- а) ионы
  - б) молекулы
  - в) гидратированные ионы
  - г) гидратированные молекулы
  - д) гидратированные ионы и молекулы
106. # Водные растворы слабых электролитов содержат
- а) ионы
  - б) молекулы
  - в) гидратированные ионы
  - г) гидратированные молекулы
  - д) гидратированные ионы и молекулы
107. # Осмотическое давление крови в норме равняется (атм)
- а) 7,4
  - б) 7,5
  - в) 7,6
  - г) 7,7
  - д) 7,8
108. # Изотоничным крови является раствор NaCl в концентрации
- а) 0,09 %
  - б) 0,15 %
  - в) 0,9 %
  - г) 0,09 моль/л
  - д) 0,9 моль/л
109. # Причины повышения осмотического давления в организме человека
- а) повышение температуры
  - б) повышение артериального давления
  - в) потеря организмом солей
  - г) введение больших количеств воды
  - д) введение больших количеств солей
110. \*Причины понижения осмотического давления в организме человека

- а) понижение температуры
  - б) понижение артериального давления
  - в) потеря организмом солей
  - г) введение больших количеств воды
  - д) введение больших количеств солей
111. # При помещении крови в гипертонический раствор хлорида натрия наблюдается
- а) лизис
  - б) гемолиз
  - в) плазмолиз
  - г) цитолиз
  - д) эритроцитоз
112. # При помещении крови в гипотонический раствор хлорида натрия наблюдается
- а) осмос
  - б) обратный осмос
  - в) диализ
  - г) гемолиз
  - д) плазмолиз
113. \*В биологических жидкостях организма человека нерастворимыми могут быть
- а) хлориды
  - б) фосфаты
  - в) гидрофосфаты
  - г) дигидрофосфаты
  - д) гидрокарбонаты

### **6. Буферные системы: классификация, состав, свойства**

114. \*Буферные системы поддерживают постоянство концентрации
- а) солей
  - б) кислот, солей
  - в) кислот, щелочей, солей
  - г) гидроксид-ионов
  - д) катионов водорода
115. # Буферные системы поддерживают постоянство
- а) гомеостаза
  - б) водородного показателя
  - в) концентрации кислот, солей
  - г) концентрации щелочей, солей
  - д) концентрации кислот, щелочей, солей
116. # Буферные системы поддерживают постоянство
- а) гомеостаза
  - б) концентрации катионов водорода
  - в) концентрации кислот, солей
  - г) концентрации щелочей, солей

- д) концентрации кислот, щелочей, солей
117. # Буферные системы поддерживают постоянство
- а) гомеостаза
  - б) концентрации гидроксид-ионов
  - в) концентрации кислот, солей
  - г) концентрации щелочей, солей
  - д) концентрации кислот, щелочей, солей
118. # Буферные системы поддерживают постоянство концентрации катионов водорода при добавлении
- а) солей
  - б) кислот
  - в) щелочей
  - г) кислот и щелочей
  - д) кислот и щелочей, а также при разбавлении
119. # Буферные системы поддерживают постоянство рН при добавлении
- а) солей
  - б) кислот
  - в) щелочей
  - г) кислот и щелочей
  - д) кислот и щелочей, а также при разбавлении
120. # Из двух солей состоит буферная система
- а) ацетатная
  - б) фосфатная
  - в) аммиачная
  - г) гемоглобиновая
  - д) гидрокарбонатная
121. # Не является кислотной буферная система
- а) белковая
  - б) ацетатная
  - в) фосфатная
  - г) аммиачная
  - д) гидрокарбонатная
122. # Относится к солевым буферным системам
- а) белковая
  - б) ацетатная
  - в) фосфатная
  - г) аммиачная
  - д) гидрокарбонатная
123. # Является органической буферная система
- а) ацетатная
  - б) фосфатная
  - в) аммиачная
  - г) бикарбонатная
  - д) гидрокарбонатная
124. # Однокомпонентной может быть буферная система

- а) белковая
  - б) ацетатная
  - в) фосфатная
  - г) аммиачная
  - д) гидрокарбонатная
125. \*рН кислотного буферного раствора зависит от
- а) природы солевого компонента
  - б) природы кислотного компонента
  - в) природы каждого компонента (и солевого и кислотного)
  - г) концентраций его компонентов
  - д) отношения концентраций его компонентов
126. \*рН основного буферного раствора зависит от
- а) природы солевого компонента
  - б) природы основного компонента
  - в) природы каждого компонента (и солевого и основного)
  - г) концентраций его компонентов
  - д) отношения концентраций его компонентов
127. # Величина, характеризующая способность буферной системы противодействовать изменению рН называется
- а) буферной емкостью
  - б) буферным действием
  - в) зоной буферного действия
  - г) протолитическим гомеостазом
128. \*Буферная емкость прямо пропорциональна
- а) объёму буферного раствора
  - б) объёму раствора нейтрализуемой щелочи или сильной кислоты
  - в) основности нейтрализуемой сильной кислоты или кислотности щелочи
  - г) количеству нейтрализуемой щелочи или сильной кислоты
  - д) количеству эквивалентов нейтрализуемой щелочи или сильной кислоты
129. # Буферная емкость прямо пропорциональна
- а) объёму буферного раствора
  - б) концентрации компонентов буферного раствора
  - в) объёму раствора нейтрализуемой щелочи или сильной кислоты
  - г) основности нейтрализуемой сильной кислоты или кислотности щелочи
  - д) разности между конечным и начальным значением рН
130. # Буферная емкость прямо пропорциональна
- а) объёму буферного раствора
  - б) основности нейтрализуемой сильной кислоты или кислотности щелочи
  - в) количеству нейтрализуемой щелочи или сильной кислоты
  - г) количеству эквивалентов нейтрализуемой щелочи или сильной кислоты
  - д) разности между конечным и начальным значением рН
131. \*Факторы, влияющие на буферную емкость
- а) объём добавленных кислот и щелочей

- б) количество добавленных кислот и щелочей
  - в) природа компонентов буферного раствора
  - г) концентрация компонентов буферного раствора
  - д) отношение концентраций компонентов буферного раствора
132. # Интервал значений рН, внутри которого буферная система способна противодействовать изменению концентрации катионов водорода называется
- а) зоной буферной емкости
  - б) пределом буферной емкости
  - в) зоной буферного действия
  - г) протолитическим гомеостазом
  - д) кислотно-основным состоянием
133. # Зона буферного действия ацетатной буферной системы находится в пределах (в единицах рН)
- а) 3,4 – 5,4
  - б) 3,8 – 5,8
  - в) 4,2 – 6,2
  - г) 4,8 – 6,8
  - д) 5,4 – 7,4
134. # Зона буферного действия гидрокарбонатной буферной системы находится в пределах (в единицах рН)
- а) 3,8 – 5,8
  - б) 5,4 – 7,4
  - в) 5,6 – 7,6
  - г) 5,8 – 7,8
  - д) 6,2 – 8,2
135. # Зона буферного действия фосфатной буферной системы находится в пределах (в единицах рН)
- а) 3,8 – 5,8
  - б) 5,4 – 7,4
  - в) 5,8 – 7,8
  - г) 6,2 – 8,2
  - д) 6,8 – 8,8
136. # Зона буферного действия аммиачной буферной системы находится в пределах (в единицах рН)
- а) 6,2 – 8,2
  - б) 6,8 – 8,8
  - в) 8,2 – 10,2
  - г) 8,6 – 10,6
  - д) 8,8 – 10,8

## **7. Роль буферных систем в организме человека**

137. # рН крови в норме находится в пределах
- а)  $7,42 \pm 0,05$
  - б)  $7,40 \pm 0,05$

- в)  $7,38 \pm 0,05$   
г)  $7,37 \pm 0,05$   
д)  $7,36 \pm 0,05$
138. # В состав крови не входит буферная система  
а) белковая  
б) ацетатная  
в) фосфатная  
г) гемоглобиновая  
д) гидрокарбонатная
139. # В состав крови не входит буферная система  
а) белковая  
б) фосфатная  
в) аммиачная  
г) гемоглобиновая  
д) гидрокарбонатная
140. \*Высокая буферность крови объясняется наличием в её составе буферных систем  
а) белковой  
б) ацетатной  
в) фосфатной  
г) гидрокарбонатной  
д) гемоглобиновой и оксигемоглобиновой
141. \*Высокая буферность плазмы крови объясняется наличием в её составе буферных систем  
а) белковой  
б) ацетатной  
в) фосфатной  
г) гидрокарбонатной  
д) гемоглобиновой и оксигемоглобиновой
142. \*Фосфатная буферная система плазмы крови имеет состав  
а) фосфорная кислота  
б) ортофосфорная кислота  
в) фосфат натрия  
г) гидрофосфат натрия  
д) дигидрофосфат натрия
143. \*Гидрокарбонатная буферная система плазмы крови имеет состав  
а) угольная кислота  
б) карбонат калия  
в) карбонат натрия  
г) гидрокарбонат калия  
д) гидрокарбонат натрия
144. \*Гидрокарбонатная буферная система эритроцитов имеет состав  
а) угольная кислота  
б) карбонат калия  
в) карбонат натрия

- г) гидрокарбонат калия
  - д) гидрокарбонат натрия
145. # Отношение концентраций компонентов в гидрокарбонатной буферной системе плазмы крови (гидрокарбонат-ион и угольная кислота) равно
- а) 10:1
  - б) 8:2
  - в) 1:1
  - г) 3:7
  - д) 1:10
146. # Наибольшей буферной емкостью в плазме крови обладает буферная система
- а) белковая
  - б) фосфатная
  - в) гемоглобиновая
  - г) гидрокарбонатная
  - д) оксигемоглобиновая
147. # Наименьшей буферной емкостью в плазме крови обладает буферная система
- а) белковая
  - б) фосфатная
  - в) гемоглобиновая
  - г) гидрокарбонатная
  - д) оксигемоглобиновая
148. # Наибольшей буферной емкостью в эритроцитах обладает буферная система
- а) белковая
  - б) фосфатная
  - в) гемоглобиновая
  - г) гидрокарбонатная
  - д) амфолитная белковая
149. # Наименьшей буферной емкостью в эритроцитах обладает буферная система
- а) белковая
  - б) фосфатная
  - в) гемоглобиновая
  - г) гидрокарбонатная
  - д) амфолитная белковая
150. # Наибольшей суммарной буферной емкостью в крови (плазма + эритроциты) обладает буферная система
- а) белковая
  - б) фосфатная
  - в) гидрокарбонатная
  - г) амфолитная белковая
  - д) система гемоглобин-оксигемоглобин

151. # Наименьшей суммарной буферной емкостью в крови (плазма + эритроциты) обладает буферная система
- а) белковая
  - б) фосфатная
  - в) гидрокарбонатная
  - г) амфолитная белковая
  - д) система гемоглобин-оксигемоглобин
152. # Постоянство рН различных сред и тканей человеческого организма называется
- а) гомеостазом
  - б) буферной ёмкостью
  - в) буферным действием
  - г) стационарным состоянием
  - д) кислотно-основным состоянием
153. # Физико-химические механизмы поддержания кислотно-основного состояния организма
- а) диффузия
  - б) ионный обмен
  - в) буферное действие
  - г) диффузия, ионный обмен
  - д) диффузия, ионный обмен, буферное действие
154. # Одним из физико-химических механизмов поддержания кислотно-основного состояния организма является
- а) осмос
  - б) диффузия
  - в) гомеостаз
  - г) обратный осмос
  - д) буферная ёмкость
155. # Одним из физико-химических механизмов поддержания кислотно-основного состояния организма является
- а) осмос
  - б) гомеостаз
  - в) ионный обмен
  - г) обратный осмос
  - д) буферная ёмкость
156. # Одним из физико-химических механизмов поддержания кислотно-основного состояния организма является
- а) осмос
  - б) гомеостаз
  - в) обратный осмос
  - г) буферная ёмкость
  - д) буферное действие
157. # Щелочной резерв крови у человека в норме равен (в объемных процентах)
- а) 40 – 50



- б) 40 – 60
  - в) 50 – 60
  - г) 50 – 70
  - д) 60 – 70
158. # Коррекция кислотно-основного состояния при остром метаболическом ацидозе ( $\text{pH} < 7,2$ ) может проводиться раствором
- а) соляной кислоты
  - б) серной кислоты
  - в) гидроксида натрия
  - г) карбоната натрия
  - д) гидрокарбоната натрия
159. # Коррекция кислотно-основного состояния при тяжелом метаболическом алкалозе ( $\text{pH} > 7,55$ ) может проводиться раствором
- а) соляной кислоты
  - б) серной кислоты
  - в) гидроксида натрия
  - г) карбоната натрия
  - д) гидрокарбоната натрия

**Модуль II. Биологически важные химические элементы и соединения.  
Физико-химия дисперсных систем и растворов ВМС**

**8. Комплексные соединения в организме человека и их применение в медицине**

160. # Комплексные соединения всегда содержат в своём составе
- а) комплексные частицы
  - б) комплексные анионы
  - в) комплексные катионы
  - г) нейтральные комплексы
  - д) внутреннюю и внешнюю сферы
161. # В комплексном соединении связь между внутренней сферой и ионами внешней сферы
- а) ионная
  - б) металлическая
  - в) донорно-акцепторная
  - г) ковалентная полярная
  - д) ковалентная неполярная
162. # Комплексной частицей является
- а) лиганд
  - б) внешняя сфера
  - в) внутренняя сфера
  - г) комплексообразователь
  - д) комплексное соединение
163. # Наиболее сильной комплексообразующей способностью обладают
- а) катионы s-элементов 3 периода

- б) катионы s-элементов 4 периода
  - в) катионы s-элементов 5 периода
  - г) катионы d-элементов 4 периода
  - д) катионы d-элементов 5 периода
164. \*Высокая комплексообразующая способность d-элементов 4 периода объясняется
- а) наличием свободных d-орбиталей
  - б) наличием свободных p-, d-орбиталей
  - в) наличием свободных s-, p-, d-орбиталей
  - г) относительно большим радиусом их атомов
  - д) относительно небольшим радиусом их атомов
165. \*Полиидентатными лигандами являются
- а) трилон Б
  - б) этилендиамин
  - в) ацетат-анион
  - г) глицинат-анион
  - д) тиоцианат-анион
166. \*Хелатообразующими лигандами являются
- а) трилон Б
  - б) этилендиамин
  - в) ацетат-анион
  - г) глицинат-анион
  - д) тиоцианат-анион
167. # Комплексообразователем в гемоглобине и его производных является катион железа
- а) в степени окисления + 2, sp<sup>3</sup>-гибридизация
  - б) в степени окисления + 2, dsp<sup>2</sup>-гибридизация
  - в) в степени окисления + 2, d<sup>2</sup>sp<sup>3</sup>-гибридизация
  - г) в степени окисления + 3, dsp<sup>2</sup>-гибридизация
  - д) в степени окисления + 3, d<sup>2</sup>sp<sup>3</sup>-гибридизация
168. # Комплексы катиона цинка с координационным числом 4 имеют форму
- а) квадрата
  - б) тетраэдра
  - в) октаэдра
  - г) квадрата и тетраэдра
  - д) квадрата, тетраэдра и октаэдра
169. \*Причины тетраэдрической формы комплексов катиона цинка с координационным числом 4
- а) sp<sup>3</sup>-гибридизация катиона цинка
  - б) dsp<sup>2</sup>-гибридизация катиона цинка
  - в) d<sup>2</sup>sp-гибридизация катиона цинка
  - г) наличие неспаренных электронов на валентных подуровнях
  - д) отсутствие неспаренных электронов на валентных подуровнях

170. # Комплексы катиона двухзарядной меди с координационным числом 4 имеют форму
- а) квадрата
  - б) тетраэдра
  - в) октаэдра
  - г) квадрата и тетраэдра
  - д) квадрата, тетраэдра и октаэдра
171. \*Причины квадратной формы комплексов двухзарядной меди с координационным числом 4
- а)  $sp^3$ -гибридизация катиона меди
  - б)  $dsp^2$ -гибридизация катиона меди
  - в)  $d^2sp$ -гибридизация катиона меди
  - г) наличие неспаренных электронов на предвнешнем d-подуровне
  - д) отсутствие неспаренных электронов на предвнешнем d-подуровне
172. # С точки зрения теории Вернера цинксодержащие ферменты карбоангидраза, алкогольдегидрогеназа – это комплексы, имеющие форму
- а) квадрата
  - б) октаэдра
  - в) гексаэдра
  - г) тетраэдра
  - д) додекаэдра
173. # С точки зрения координационной теории Вернера ферменты каталаза, пероксидаза и цитохромы – это комплексы, имеющие форму
- а) квадрата
  - б) октаэдра
  - в) гексаэдра
  - г) тетраэдра
  - д) додекаэдра
174. # С точки зрения координационной теории Вернера гемоглобин и его производные, а также миоглобин – это комплексы, имеющие форму
- а) квадрата
  - б) октаэдра
  - в) гексаэдра
  - г) тетраэдра
  - д) додекаэдра
175. # С точки зрения координационной теории Вернера витамин B12 – это комплекс, имеющий форму
- а) квадрата
  - б) октаэдра
  - в) гексаэдра
  - г) тетраэдра
  - д) додекаэдра
176. \*Причины октаэдрической формы гемсодержащих соединений организма человека
- а) наличие неспаренных электронов на валентных подуровнях

- б) наличие свободных d-орбиталей у комплексообразователя (железа)
  - в) sp<sup>3</sup>-гибридизация катиона железа
  - г) d<sup>3</sup>sp<sup>2</sup>-гибридизация катиона железа
  - д) d<sup>2</sup>sp<sup>3</sup>-гибридизация катиона железа
177. \*Хелатами железа являются
- а) каталаза
  - б) миоглобин
  - в) хлорофилл
  - г) кобаламин (витамин В12)
  - д) гемоглобин и его производные
178. \*Не являются хелатами железа
- а) каталаза
  - б) хлорофилл
  - в) цитохром с
  - г) пероксидаза
  - д) кобаламин (витамин В12)
179. # Хелатом кобальта является
- а) каталаза
  - б) хлорофилл
  - в) цитохром с
  - г) пероксидаза
  - д) витамин В12
180. \*Витамин В12 (цианкобаламин)
- а) имеет форму октаэдра
  - б) имеет форму тетраэдра
  - в) участвует в процессе кроветворения
  - г) в качестве комплексообразователя имеет трёхзарядный катион кобальта
  - д) в качестве комплексообразователя имеет двухзарядный катион кобальта
181. \*Витамин В12 (цианкобаламин) в качестве кофермента является переносчиком
- а) меркаптогрупп
  - б) гидроксид-ионов
  - в) метильных групп
  - г) катионов водорода
  - д) сульфгидрильных групп
182. \*К нарушению металло-лигандного гомеостаза приводит
- а) дефицит эссенциальных микроэлементов
  - б) избыток эссенциальных микроэлементов
  - в) дефицит высокомолекулярных биолигандов
  - г) дефицит лигандов, конкурирующих с биолигандами
  - д) избыток лигандов, конкурирующих с биолигандами
183. # Может применяться при заболеваниях, связанных с избыточным отложением солей кальция в организме

- а) тетагин
- б) пентагин
- в) трилон А
- г) трилон Б
- д) тетагин-кальций

### **9. Поверхностные явления. Адсорбция**

184. # Поверхностное натяжение – это избыток свободной энергии на единицу
- а) массы адсорбента
  - б) массы адсорбтива
  - в) объёма адсорбента
  - г) объёма адсорбтива
  - д) площади поверхности раздела фаз
185. # Поверхностное натяжение – это работа, необходимая для создания единицы
- а) массы адсорбента
  - б) объёма адсорбента
  - в) площади поверхности адсорбента
  - г) площади поверхности адсорбтива
  - д) площади поверхности раздела фаз
186. # Поверхностное натяжение – это сила, действующая на единицу
- а) массы адсорбента
  - б) объёма адсорбента
  - в) площади поверхности адсорбента
  - г) площади поверхности раздела фаз
  - д) длины линии, ограничивающей площадь поверхности раздела фаз
187. # Поверхностно-активные вещества (ПАВ)
- а) уменьшают площадь поверхности раздела фаз
  - б) увеличивают площадь поверхности раздела фаз
  - в) увеличивают свободную поверхностную энергию
  - г) уменьшают поверхностное натяжение растворителя
  - д) увеличивают поверхностное натяжение растворителя
188. # Поверхностно-инактивные вещества (ПИВ)
- а) увеличивают площадь поверхности раздела фаз
  - б) уменьшают свободную поверхностную энергию
  - в) уменьшают поверхностное натяжение растворителя
  - г) увеличивают поверхностное натяжение растворителя
  - д) не влияют на поверхностное натяжение растворителя
189. # К поверхностно-активным веществам относятся
- а) сахароза
  - б) фосфолипиды
  - в) хлорид натрия
  - г) серная кислота
  - д) гидроксид натрия

190. \*К поверхностно-инактивным веществам относятся
- а) спирты
  - б) альдегиды
  - в) фосфолипиды
  - г) гидроксид натрия
  - д) серная кислота
191. # В соответствии с правилом Дюкло-Траубе наибольшей поверхностной активностью обладает кислота
- а) уксусная
  - б) масляная
  - в) муравьиная
  - г) пропионовая
  - д) валериановая
192. \*Факторы, влияющие на поверхностное натяжение биологических жидкостей организма человека
- а) давление
  - б) температура
  - в) природа растворителя
  - г) природа растворённых веществ
  - д) концентрация растворённых веществ
193. \*Понижают поверхностное натяжение растворителя
- а) белки
  - б) сахароза
  - в) глицерин
  - г) жирные кислоты
  - д) неорганические кислоты
194. \*Незначительно повышают поверхностное натяжение растворителя
- а) белки
  - б) сахароза
  - в) глицерин
  - г) сложные эфиры
  - д) неорганические кислоты
195. # Практически не меняют поверхностное натяжение растворителя
- а) белки
  - б) сахароза
  - в) глицерин
  - г) сложные эфиры
  - д) неорганические кислоты
196. \*Применяют в хирургии в качестве антисептиков
- а) анионные ПАВ
  - б) анионные ПИВ
  - в) анионные ПНВ
  - г) катионные ПАВ
  - д) катионные ПИВ

197. \*В липидном бислое биологической мембраны (исходя из представления об ориентации ПАВ в насыщенном адсорбционном слое)
- а) полярные группировки направлены внутрь
  - б) полярные группировки направлены наружу
  - в) полярные группировки направлены друг к другу
  - г) углеводородные радикалы направлены внутрь
  - д) углеводородные радикалы направлены наружу
198. \*Адсорбция газов на твердом теле зависит
- а) от давления
  - б) от температуры
  - в) от природы адсорбента
  - г) от природы адсорбтива
  - д) от величины удельной поверхности адсорбента
199. # Адсорбция на поверхности раздела твердое вещество-жидкость не зависит
- а) от давления
  - б) от температуры
  - в) от природы адсорбента
  - г) от природы адсорбтива
  - д) от величины удельной поверхности адсорбента
200. \*Хемосорбция характеризуется
- а) обратимостью
  - б) необратимостью
  - в) низкой скоростью
  - г) высокой скоростью
  - д) высокой теплотой адсорбции
201. # Гидрофобные адсорбенты лучше адсорбируют
- а) воду (газ)
  - б) воду (жидкость)
  - в) аммиак (газ)
  - г) метан (газ)
  - д) хлороводород (газ)
202. # Гидрофильные адсорбенты лучше адсорбируют адсорбтив (газообразный)
- а) азот
  - б) воду
  - в) метан
  - г) бензол
  - д) кислород
203. \*В соответствии с правилом избирательной адсорбции на поверхности йодида серебра в основном адсорбируются
- а) фторид-анионы
  - б) хлорид-анионы
  - в) йодид-анионы
  - г) катионы серебра

- д) молекулы йодида серебра
204. # В соответствии с правилом избирательной адсорбции на поверхности йодида серебра в основном адсорбируются
- а) фторид-анионы
  - б) хлорид-анионы
  - в) катионы серебра
  - г) молекулы йодида серебра
  - д) все перечисленные анионы
205. # В соответствии с правилом избирательной адсорбции на поверхности йодида серебра в основном адсорбируются
- а) фторид-анионы
  - б) хлорид-анионы
  - в) йодид-анионы
  - г) молекулы йодида серебра
  - д) все перечисленные анионы

### **10. Химические свойства и биологическая роль биогенных элементов**

206. # В организме человека содержится химических элементов
- а) более 40
  - б) более 50
  - в) более 60
  - г) более 70
  - д) более 80
207. \*По степени важности для процессов жизнедеятельности химические элементы делятся на группы
- а) биогенные
  - б) микробиогенные
  - в) макробиогенные
  - г) условно биогенные
  - д) элементы, биологическая роль которых не выяснена
208. # Содержание биогенных химических элементов в организме человека
- а) более 20
  - б) более 30
  - в) более 40
  - г) более 50
  - д) более 60
209. \*К биогенным элементам не относятся
- а) халькогены
  - б) инертные газы
  - в) элементы 4 периода
  - г) элементы 5 периода
  - д) элементы 6 периода
210. \*Прямая зависимость между содержанием в организме человека и в земной коре у химических элементов
- а) O



- б) Cl
  - в) Fe
  - г) C
  - д) N
211. \*Непропорционально низкое содержание в организме человека, по сравнению с их количеством в земной коре у химических элементов
- а) Si
  - б) Cl
  - в) Fe
  - г) C
  - д) N
212. \*Непропорционально высокое содержание в организме человека, по сравнению с их количеством в земной коре у химических элементов
- а) O
  - б) Cl
  - в) Fe
  - г) C
  - д) N
213. \*Классификация биогенных элементов по содержанию в организме человека
- а) макробиогенные
  - б) олигобиогенные
  - в) микробиогенные
  - г) ультрамакробиогенные
  - д) органогены
214. \*Классификация биогенных элементов по функциональной роли
- а) органогены
  - б) макробиогенные
  - в) олигобиогенные
  - г) микробиогенные
  - д) элементы электролитного фона
215. # Макробиогенные элементы находятся, в основном, в периодах
- а) 2-3
  - б) 3-4
  - в) 4-5
  - г) 3-5
  - д) 4-6
216. # Олигобиогенные элементы находятся в периодах
- а) 2-3
  - б) 3-4
  - в) 4-5
  - г) 3-5
  - д) 4-6
217. # Микробиогенные элементы находятся, в основном, в периодах
- а) 1-3

- б) 1-4
  - в) 2-3
  - г) 3-4
  - д) 4-5
218. # Органогены находятся в периодической системе в периодах
- а) 1-2
  - б) +1-3
  - в) 1-4
  - г) 2-3
  - д) 3-4
219. # Кальций содержится в костной ткани, в основном, в виде соединения
- а) фосфат кальция
  - б) гидрофосфат кальция
  - в) гидроксофосфат кальция
  - г) гидроксодифосфат кальция
  - д) гидроксотетрафосфат кальция
220. \*Нерастворимые в воде соединения магния и кальция, содержащиеся в организме
- а) хлориды
  - б) фосфаты
  - в) оксалаты
  - г) дигидрофосфаты
  - д) гидрокарбонаты
221. # Химическое сходство внутри пары ионов натрия и калия, а также магния и кальция объясняется
- а) расположением в одной группе
  - б) расположением в одной подгруппе
  - в) их одинаковой гидратирующей способностью
  - г) одинаковым строением их валентных подуровней
  - д) одинаковой плотностью их положительного заряда
222. \*Разная биороль катионов натрия и калия, а также магния и кальция в пределах каждой пары обусловлена отличием
- а) их радиусов
  - б) химических свойств
  - в) в количестве электронов
  - г) в количестве валентных электронов
  - д) в плотности положительного заряда
223. \*Основой биологического действия большинства ионов эссенциальных микроэлементов-металлов (Cr, Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Mo) является
- а) высокая химическая активность
  - б) кислотно-основные превращения
  - в) склонность к комплексообразованию
  - г) окислительно-восстановительные свойства
  - д) наличие большого количества электронов на внешнем уровне
224. # Не является эссенциальным микроэлементом для организма человека

- a) V
  - б) Cr
  - в) Mn
  - г) Fe
  - д) Co
225. # Эссенциальный микроэлемент, проявляющий в соединениях организма человека степени окисления +1 и +2
- a) Cr
  - б) Mn
  - в) Fe
  - г) Co
  - д) Cu
226. \*Эссенциальные микроэлементы, проявляющие в соединениях организма человека степени окисления +2 и +3
- a) Cr
  - б) Mn
  - в) Fe
  - г) Co
  - д) Cu
227. # Эссенциальный микроэлемент, проявляющий в соединениях организма человека степени окисления +5 и +6
- a) Cr
  - б) Mn
  - в) Fe
  - г) Co
  - д) Mo
228. \*Причины стабилизации низкозарядных катионов эссенциальных микроэлементов (Cr, Mn, Fe, Co, Cu) в организме человека
- a) взаимодействие с лигандами
  - б) наличие сильных окислителей
  - в) отсутствие сильных окислителей
  - г) наличие сильных восстановителей
  - д) отсутствие сильных восстановителей
229. \*Главные функции соединений железа в организме человека
- a) защитная
  - б) буферная
  - в) структурная
  - г) транспортная
  - д) каталитическая

### **11. Дисперсные системы: классификация, свойства, получение, очистка**

230. # Степень дисперсности – это величина
- a) равная размеру частиц
  - б) равная радиусу частиц

- в) равная диаметру частиц
  - г) обратная радиусу частиц
  - д) обратная диаметру частиц
231. # Единица измерения степени дисперсности
- а) м
  - б) см
  - в) мм
  - г) 1/м
  - д) 1/мм
232. \*Классы микрогетерогенных (грубодисперсных) систем
- а) эмульсии
  - б) коллоиды
  - в) суспензии
  - г) истинные растворы
  - д) коллоидные растворы
233. \*В группу лиозолой входит
- а) хлеб
  - б) туман
  - в) молоко
  - г) пломбир
  - д) сливочное масло
234. # Не может быть гетерогенной только дисперсная система
- а) газ/газ
  - б) жидкость/газ
  - в) твердое вещество/газ
  - г) газ/жидкость
  - д) жидкость/жидкость
235. # Вид дисперсных систем, находящихся в большом количестве в биологических объектах, в частности в организме человека
- а) г/г
  - б) ж/г
  - в) г/ж
  - г) ж/ж
  - д) т/ж
236. \*В биологических жидкостях организма человека в коллоидной степени дисперсности находятся
- а) холестерин
  - б) оксалат кальция
  - в) сульфат кальция
  - г) фосфат кальция
  - д) дигидрофосфат кальция
237. \*В биологических жидкостях организма человека в коллоидной степени дисперсности находятся
- а) белки
  - б) гликоген

- в) фосфат кальция
  - г) сульфат кальция
  - д) дигидрофосфат кальция
238. \*Коллоидные растворы
- а) гомогенны
  - б) гетерогенны
  - в) термодинамически устойчивы
  - г) термодинамически неустойчивы
  - д) имеют размер частиц меньше 10 мкм
239. # Коллоидные растворы
- а) лиофобны
  - б) гомогенны
  - в) термодинамически устойчивы
  - г) относятся к микрогетерогенным системам
  - д) верны все ответы
240. \*Коллоидные растворы
- а) прозрачны
  - б) проходят через бумажный фильтр
  - в) не проходят через бумажный фильтр
  - г) проходят через полупроницаемую мембрану (пергамент, коллодий и т. д.)
  - д) не проходят через полупроницаемую мембрану (пергамент, коллодий и т. д.)
241. \*Старение коллоидов организма сопровождается
- а) их уплотнением
  - б) снижением их плотности
  - в) снижением эластичности
  - г) повышением эластичности
  - д) нарушением проницаемости мембраны
  - е) улучшением проницаемости мембраны
242. \* Старение коллоидов организма сопровождается
- а) снижением способности связывать воду
  - б) повышением способности связывать воду
  - в) уменьшением степени гидратации частиц
  - г) увеличением степени гидратации частиц
  - д) улучшением проницаемости цитоплазмы
  - е) нарушением проницаемости цитоплазмы
243. \*Условия получения золя канифоли из истинного раствора методом замены растворителя
- а) дисперсная фаза плохо растворима в воде
  - б) дисперсная фаза хорошо растворима в воде
  - в) оба растворителя плохо смешиваются друг с другом
  - г) оба растворителя хорошо смешиваются друг с другом
  - д) объём истинного раствора намного меньше объёма воды
244. \*Условия получения золя по реакции обмена

- а) высокая концентрация исходных растворов
  - б) невысокая концентрация исходных растворов
  - в) избыток одного из реагентов
  - г) эквивалентные количества реагентов
  - д) наличие стабилизатора
245. # Электротермодинамический потенциал возникает на границе
- а) ядра со всеми противоионами
  - б) ядра с противоионами диффузного слоя
  - в) ядра с противоионами адсорбционного слоя
  - г) гранулы с противоионами диффузного слоя
  - д) гранулы с противоионами адсорбционного слоя
246. # Дзета-потенциал возникает на границе
- а) ядра со всеми противоионами
  - б) ядра с противоионами диффузного слоя
  - в) ядра с противоионами адсорбционного слоя
  - г) гранулы с противоионами диффузного слоя
  - д) гранулы с противоионами адсорбционного слоя
247. # Потенциалопределяющие ионы при получении золя реакцией взаимодействия избытка нитрата серебра с йодидом калия
- а) йодид анионы
  - б) нитрат-анионы
  - в) катионы калия
  - г) катионы серебра
  - д) любые ионы, находящиеся в избытке
248. # Потенциалопределяющие ионы при получении золя реакцией взаимодействия нитрата серебра с избытком йодида калия
- а) йодид анионы
  - б) нитрат-анионы
  - в) катионы калия
  - г) катионы серебра
  - д) любые ионы, находящиеся в избытке
249. # Противоионами при получении золя реакцией взаимодействия избытка нитрата серебра с йодидом калия будут
- а) катионы калия
  - б) катионы серебра
  - в) йодид анионы
  - г) нитрат-анионы
  - д) любые ионы, находящиеся в избытке
250. # Противоионами при получении золя реакцией взаимодействия нитрата серебра с избытком йодида калия будут
- а) катионы калия
  - б) катионы серебра
  - в) йодид анионы
  - г) нитрат-анионы
  - д) любые ионы, находящиеся в избытке

251. # Гранула золя полученного реакцией взаимодействия избытка нитрата серебра с йодидом калия
- а) нейтральна
  - б) отрицательна
  - в) положительна
  - г) имеет заряд в зависимости от природы стабилизатора
  - д) имеет заряд в зависимости от количества стабилизатора
252. # Гранула золя полученного реакцией взаимодействия нитрата серебра с избытком йодида калия
- а) нейтральна
  - б) отрицательна
  - в) положительна
  - г) имеет заряд в зависимости от природы стабилизатора
  - д) имеет заряд в зависимости от количества стабилизатора
253. # Аппарат искусственная почка основан на принципе
- а) диализа
  - б) электродиализа
  - в) компенсационного диализа
  - г) диффузии
  - д) ультрафильтрации

## **12. Устойчивость и коагуляция дисперсных систем**

254. # Кинетическая устойчивость – это устойчивость зольей
- а) к синерезису
  - б) к пептизации
  - в) к коагуляции
  - г) к коацервации
  - д) к седиментации
255. \*Факторы кинетической устойчивости зольей
- а) наличие стабилизатора
  - б) броуновское движение
  - в) одноименный заряд частиц
  - г) определенный размер частиц
  - д) наличие сольватной оболочки
256. # Потеря коллоидными системами кинетической устойчивости приводит к
- а) коагуляции
  - б) пептизации
  - в) седиментации
  - г) явной коагуляции
  - д) скрытой коагуляции
257. # Седиментацией называется
- а) переход твердой фазы в раствор
  - б) уменьшение скорости диффузии
  - в) объединение коллоидных частиц

- г) уменьшение фильтрационной способности
  - д) осаждение твердой фазы коллоидного раствора
258. # Агрегативная устойчивость – это устойчивость золь к
- а) синерезису
  - б) пептизации
  - в) коагуляции
  - г) коацервации
  - д) седиментации
259. # Причиной агрегативной неустойчивости коллоидных растворов является
- а) гетерогенность системы
  - б) заряд коллоидных частиц
  - в) адсорбционно-сольватный фактор
  - г) достаточно большой размер частиц
  - д) величина удельной поверхности частиц
260. \*Факторы агрегативной устойчивости золь
- а) наличие стабилизатора
  - б) броуновское движение
  - в) одноименный заряд частиц
  - г) определенный размер частиц
  - д) наличие сольватной оболочки
261. # Потеря коллоидными системами агрегативной устойчивости приводит к
- а) пептизации
  - б) коагуляции
  - в) седиментации
  - г) явной коагуляции
  - д) скрытой коагуляции
262. # Коагуляцией называется
- а) уменьшение скорости диффузии
  - б) переход твердой фазы в раствор
  - в) объединение коллоидных частиц
  - г) уменьшение фильтрационной способности
  - д) осаждение твердой фазы коллоидного раствора
263. \*При коагуляции
- а) число частиц уменьшается
  - б) число частиц увеличивается
  - в) размер частиц уменьшается
  - г) размер частиц увеличивается
  - д) цвет коллоидного раствора исчезает
264. \*Коллоидные растворы
- а) кинетически устойчивы
  - б) кинетически неустойчивы
  - в) агрегативно устойчивы
  - г) агрегативно неустойчивы



265. # Добавление электролита к коллоидному раствору (золю)
- а) снижает дзета-потенциал гранулы
  - б) не меняет дзета-потенциал гранулы
  - в) повышает дзета-потенциал гранулы
  - г) влияет на свойства золя в зависимости от природы золя
  - д) влияет на свойства золя в зависимости от природы электролита
266. \*В результате скрытой коагуляции
- а) дзета-потенциал гранулы снижается
  - б) дзета-потенциал гранулы не меняется
  - в) дзета-потенциал гранулы увеличивается
  - г) коллоидные частицы не объединяются
  - д) происходит объединение коллоидных частиц
267. \*При явной коагуляции
- а) дзета-потенциал гранулы снижается
  - б) дзета-потенциал гранулы повышается
  - в) происходит объединение коллоидных частиц
  - г) коллоидный раствор мутнеет или изменяет окраску
  - д) твёрдая фаза коллоидного раствора выпадает в осадок
268. # Правило Шульце-Гарди определяет влияние на процесс коагуляции
- а) температуры
  - б) электролитов
  - в) неэлектролитов
  - г) электрического поля
  - д) электролитов и неэлектролитов
269. # Первая часть правила Шульце-Гарди: коагулирующим действием обладают
- а) ионы электролита
  - б) анионы электролита
  - в) катионы электролита
  - г) ионы электролита, имеющие знак заряд такой же, как у заряда гранулы
  - д) ионы электролита, имеющие знак заряда противоположный заряду гранулы
270. \*При добавлении электролита к коллоидному раствору
- а) уменьшается дзета-потенциал гранулы
  - б) увеличивается дзета-потенциал гранулы
  - в) происходит сжатие диффузного слоя
  - г) происходит расширение диффузного слоя
  - д) скорость коагуляции уменьшается
  - е) скорость коагуляции увеличивается
271. ^ При добавлении электролита к коллоидному раствору последовательно происходит
- а) сжатие диффузного слоя
  - б) уменьшение дзета-потенциала гранулы
  - в) увеличение скорости объединения частиц
  - г) коагуляция

- д) седиментация
  - е) пептизация
  - ж) расширение диффузного слоя
  - з) увеличение дзета-потенциала гранулы
272. # Вторая часть правила Шульце-Гарди: чем больше заряд иона-коагулянта тем
- а) быстрее происходит коагуляция
  - б) быстрее происходит седиментация
  - в) меньше его коагулирующая способность
  - г) больше его коагулирующая способность
  - д) больше пороговая концентрация добавленного электролита
273. # Третья часть правила Шульце-Гарди: при одинаковых зарядах большим коагулирующим действием обладают ионы-коагулянты
- а) с меньшим радиусом
  - б) с большим радиусом
  - в) входящие в состав слабых электролитов
  - г) входящие в состав сильных электролитов
  - д) входящие в состав электролитов средней силы
274. # Пептизация - это процесс обратный
- а) синерезису
  - б) коагуляции
  - в) коацервации
  - г) седиментации
  - д) астабилизации
275. # В биологических жидкостях организма человека коллоидная защита осуществляется
- а) жирами
  - б) белками
  - в) холестерином
  - г) коллоидными растворами фосфата кальция
  - д) коллоидными растворами неорганических соединений
276. \*Коллоидная защита в организме человека необходима для поддержания во взвешенном состоянии
- а) холестерина
  - б) капелек жира
  - в) макромолекул белков
  - г) гидрофильных биополимеров
  - д) коллоидных растворов фосфата кальция

### **13. Растворы ВМС. Свойства биополимеров**

277. \*Природными высокомолекулярными соединениями (биополимерами) являются
- а) жиры
  - б) белки
  - в) углеводы

- г) полисахариды
  - д) нуклеиновые кислоты
278. # Причина высокой термодинамической устойчивости растворов белков
- а) мощная гидратная оболочка
  - б) наличие заряда у белковых частиц
  - в) отсутствие заряда у белковых частиц
  - г) наличие четко выраженной поверхности раздела с растворителем
  - д) отсутствие четко выраженной поверхности раздела с растворителем
279. # Основным фактором устойчивости растворов белков является
- а) небольшой заряд белковой частицы
  - б) значительный заряд белковой частицы
  - в) мощная сольватная (гидратная) оболочка
  - г) размер частиц, меньший, чем у коллоидных растворов
  - д) размер частиц, сопоставимый с размерами частиц коллоидных растворов
280. \*Наличие мощной гидратной оболочки вокруг белковой частицы в организме человека обусловлено
- а) пептидными связями
  - б) большим количеством гидрофильных функциональных групп
  - в) наличием четко выраженной поверхности раздела с растворителем
  - г) отсутствием четко выраженной поверхности раздела с растворителем
  - д) размером частиц, сопоставимым с размерами частиц коллоидных растворов
281. # Белки являются
- а) электролитами
  - б) полиамфолитами
  - в) полиэлектролитами
  - г) полиэлектролитами основного типа
  - д) полиэлектролитами кислотного типа
282. # Частицы белка в растворе имеют положительный заряд, если
- а) рН меньше 7
  - б) рН больше 7
  - в) рН равен 7
  - г) рН меньше ИЭТ
  - д) рН больше ИЭТ
283. # Частицы белка в растворе имеют отрицательный заряд, если
- а) рН меньше 7
  - б) рН больше 7
  - в) рН равен 7
  - г) рН меньше ИЭТ
  - д) рН больше ИЭТ
284. # Частицы белка в растворе нейтральны, если
- а) рН равен 7
  - б) рН примерно равен 7

- в) рН равен ИЭТ
  - г) рН меньше ИЭТ
  - д) рН больше ИЭТ
285. # Онкотическое давление – это часть осмотического давления плазмы крови, создаваемое
- а) солями
  - б) жирами
  - в) белками
  - г) углеводами
  - д) всеми электролитами
286. \*Высаливанию способствуют условия
- а) рН равняется ИЭТ
  - б) рН не равняется ИЭТ
  - в) низкая температура
  - г) высокая температура
  - д) ионы с низкой степенью гидратации
287. \*Высаливанию способствуют условия
- а) рН не равняется ИЭТ
  - б) ионы с низкой степенью гидратации
  - в) ионы с высокой степенью гидратации
  - г) водоотнимающие неэлектролиты
  - д) плохо гидратирующиеся неэлектролиты
288. # Высокой степенью гидратации обладают ионы, находящиеся в прямом лиотропном ряду Гофмейстера между
- а) фторид- и йодид анионами
  - б) сульфат- и нитрат-анионами
  - в) сульфат- и хлорид-анионами
  - г) нитрат- и тиоцианат-анионами
  - д) хлорид- и тиоцианат-анионами
289. # Высокой адсорбирующей способностью обладают ионы, находящиеся в прямом лиотропном ряду Гофмейстера между
- а) фторид- и йодид анионами
  - б) сульфат- и нитрат-анионами
  - в) сульфат- и хлорид-анионами
  - г) нитрат- и тиоцианат-анионами
  - д) хлорид- и тиоцианат-анионами
290. # Наиболее сильным высаливающим действием обладают
- а) нитрат-анионы
  - б) фторид-анионы
  - в) хлорид-анионы
  - г) сульфат-анионы
  - д) тиоцианат-анионы
291. \*Набухание биополимера сопровождается
- а) увеличением его массы
  - б) увеличением его объёма

- в) изменением его структуры
  - г) увеличением энергии Гиббса ( $\Delta G$  больше 0)
  - д) уменьшением энергии Гиббса ( $\Delta G$  меньше 0)
292. \*Набуханию биополимеров в воде, в частности белка, способствуют условия
- а) рН равняется ИЭТ
  - б) рН не равняется ИЭТ
  - в) рН больше ИЭТ
  - г) низкая температура
  - д) высокая температура
293. \*Набуханию биополимеров в воде, в частности белка, способствуют условия
- а) рН не равняется ИЭТ
  - б) плохо гидратирующиеся ионы
  - в) хорошо гидратирующиеся ионы
  - г) полярность растворителя и вещества отличаются
  - д) полярность растворителя и вещества примерно одинаковы
294. # Наиболее сильным действием на процесс набухания обладают
- а) нитрат-анионы
  - б) фторид-анионы
  - в) хлорид-анионы
  - г) сульфат-анионы
  - д) тиоцианат-анионы
295. # Набухание и обезвоживание коллоидов происходит при
- а) воспалении
  - б) укусе насекомых
  - в) регенерации тканей
  - г) образовании отеков
  - д) верны все ответы
296. \*Студни образуются
- а) из коллоидных растворов
  - б) из растворов высокомолекулярных соединений (ВМС)
  - в) из сухого полимера в результате ограниченного набухания
  - г) из сухого полимера в результате неограниченного набухания
  - д) из сухого полимера при недостаточном количестве растворителя
297. # Застудневанию способствуют условия
- а) рН не равняется ИЭТ
  - б) высокая температура
  - в) низкая концентрация
  - г) линейная форма макромолекул
  - д) сферическая форма макромолекул
298. \*Застудневанию способствуют условия
- а) низкая температура
  - б) низкая концентрация
  - в) высокая концентрация

- г) ионы с низкой степенью гидратации
  - д) ионы с высокой степенью гидратации
299. # Наиболее сильным действием на процесс застудневания обладают
- а) нитрат-анионы
  - б) фторид-анионы
  - в) хлорид-анионы
  - г) сульфат-анионы
  - д) тиоцианат-анионы
300. \*Студнями являются
- а) мозг
  - б) кожа
  - в) хрящи
  - г) глазное яблоко
  - д) внешние слои цитоплазмы

**Условные обозначения:**

- # – задание с одним правильным ответом
- \* – задание с несколькими правильными ответами
- ^ – задание на установление правильной последовательности