

Электронная цифровая подпись

Прохоренко Инга Олеговна  F C 9 3 E 9 6 B C 8 C 2 1 1 E 9
Бунькова Елена Борисовна  F C 9 3 E 8 6 A C 8 C 2 1 1 E 9

Утверждено "25" мая 2023 г.  
Протокол № 5  
председатель Ученого Совета Прохоренко И.О.  
ученый секретарь Ученого Совета Бунькова Е.Б.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ  
ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ»**  
Специальность 33.05.01 Фармация  
(уровень специалитета)  
Направленность Фармация  
для лиц на базе среднего профессионального медицинского (фармацевтического)  
образования, высшего образования  
Форма обучения: очная  
Квалификация (степень) выпускника: Провизор  
Срок обучения: 5 лет

**Год поступления 2023**

## 1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

В результате освоения ОПОП обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине (модулю) «Физическая и коллоидная химия»:

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции (или её части) / и её формулировка – по желанию	Наименование оценочного средства	Шкала оценивания
1	Предмет, задачи и методы физической и коллоидной химии и ее значение для фармации.	ОПК-1	Устный ответ, стандартизированный тестовый контроль, решение ситуационных задач, презентации.	Пятибалльная шкала оценивания
2	Основные понятия и законы химической термодинамики и термохимии.	ОПК-1	Устный ответ, стандартизированный тестовый контроль, решение ситуационных задач, презентации.	Пятибалльная шкала оценивания
3	Термодинамика химического равновесия	ОПК-1	Устный ответ, стандартизированный тестовый контроль, решение ситуационных задач, презентации.	Пятибалльная шкала оценивания
4	Термодинамика фазовых равновесий	ОПК-1	Устный ответ, стандартизированный тестовый контроль, решение ситуационных задач, презентации.	Пятибалльная шкала оценивания
5	Термодинамика разбавленных растворов.	ОПК-1	Устный ответ, стандартизированный тестовый контроль, решение ситуационных задач, презентации.	Пятибалльная шкала оценивания
6	Термодинамика растворов электролитов.	ОПК-1	Устный ответ, стандартизированный тестовый контроль, решение ситуационных задач, презентации.	Пятибалльная шкала оценивания
7	Электрохимия.	ОПК-1	Устный ответ, стандартизированный тестовый контроль, решение ситуационных задач, презентации.	Пятибалльная шкала оценивания
8	Кинетика химических реакций и катализ.	ОПК-1	Устный ответ, стандартизированный тестовый контроль, решение ситуационных задач, презентации.	Пятибалльная шкала оценивания
9	Термодинамика поверхностных явлений.	ОПК-1	Устный ответ, стандартизированный тестовый контроль, решение ситуационных задач, презентации.	Пятибалльная шкала оценивания

10	Коллоидная химия как наука. Природа, классификация и общие свойства дисперсных систем	ОПК-1	Устный ответ, стандартизированный тестовый контроль, решение ситуационных задач, презентации.	Пятибалльная шкала оценивания
11	Молекулярно-кинетические и оптические свойства коллоидных систем.	ОПК-1	Устный ответ, стандартизированный тестовый контроль, решение ситуационных задач, презентации.	Пятибалльная шкала оценивания
12	Электрический заряд коллоидных частиц и электрокинетические явления.	ОПК-1	Устный ответ, стандартизированный тестовый контроль, решение ситуационных задач, презентации.	Пятибалльная шкала оценивания
13	Устойчивость и коагуляция коллоидных систем	ОПК-1	Устный ответ, стандартизированный тестовый контроль, решение ситуационных задач, презентации.	Пятибалльная шкала оценивания
14	Разные классы коллоидных систем	ОПК-1	Устный ответ, стандартизированный тестовый контроль, решение ситуационных задач, презентации, проведение круглого стола	Пятибалльная шкала оценивания

**2. Текущий контроль успеваемости на занятиях семинарского типа** (семинары, практические занятия, клинические практические занятия, практикумы, лабораторные работы), включая задания самостоятельной работы обучающихся, проводится в формах:

- устный ответ,
- стандартизированный тестовый контроль,
- решение ситуационных задач,
- презентации,
- проведение круглого стола.

Выбор формы текущего контроля на каждом занятии осуществляет преподаватель. Формы текущего контроля на одном занятии у разных обучающихся могут быть различными. Конкретную форму текущего контроля у каждого обучающегося определяет преподаватель. Количество форм текущего контроля на каждом занятии может быть различным и определяется преподавателем в зависимости от целей и задач занятия.

**2.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

**2.1.1. Стандартизированный тестовый контроль успеваемости (по темам или разделам)**

**Тема 1. Предмет, задачи и методы физической и коллоидной химии и ее значение для фармации.**

1. Физическая химия это:

- |   |   |
|---|---|
| А) наука о веществах и их превращениях; | протекания химических процессов;        |
| Б) наука о методах анализа;             | Г) наука, изучающая дисперсные системы? |

В) наука, изучающая закономерности

2. объект изучения физической химии

- |                       |                  |
|-----------------------|------------------|
| А) дисперсные системы | В) любые системы |
| Б) коллоидные системы | Г) растворы      |

3. предмет изучения физической химии

- |  |  |
|--|--|
| А) взаимопревращения дисперсных систем | В) взаимопревращения коллоидных систем |
| Б) взаимопревращения любых систем      | Г) взаимопревращения в растворах       |

4. объект изучения коллоидной химии  
 А) дисперсные системы и поверхностные явления  
 Б) коллоидные системы  
 В) любые системы  
 Г) растворы
5. предмет изучения коллоидной химии  
 А) взаимопревращения в дисперсных системах  
 Б) взаимопревращения в любых системах  
 В) взаимопревращения в коллоидных системах  
 Г) взаимопревращения в растворах
6. цель изучения физической химии  
 А) изучение связей между химическими и физическими явлениями  
 Б) определение энергии процессов  
 В) изучение показателя преломляемости света
7. методы изучения физической химии  
 А) строение вещества  
 Б) статистический  
 В) термодинамический  
 Г) оптический  
 Д) все перечисленные
8. методы изучения коллоидной химии  
 А) рефрактометрический, турбидиметрический  
 Б) статистический  
 В) термодинамический  
 Г) оптический  
 Д) все перечисленные
9. коллоидная химия  
 А) это самостоятельная наука, изучающая дисперсные системы и поверхностные явления  
 Б) это раздел физической химии, изучающий дисперсные системы и поверхностные явления  
 В) это раздел общей химии, изучающий дисперсные системы и поверхностные явления
10. дисперсные системы – это  
 А) основа изучения физической химии  
 Б) предмет изучения только коллоидной химии  
 В) объект изучения коллоидной химии  
 Г) метод изучения коллоидной химии

вопрос	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ответ	в	в	б	а	а	а	д	д	а	в

**Тема 2. Основные понятия и законы химической термодинамики и термохимии.**

1. Основной задачей физической химии является утверждение  
 а) исследовать закономерности протекания химической реакции во времени и установить химическое равновесие при различных внешних условиях.  
 б) изучение веществ, их свойств и прогнозирование исследования вещества в народном хозяйстве.  
 в) изучение различных форм существования веществ в различных средах и агрегатных состояниях.
2. Дайте определение термодинамической системе  
 а) совокупность атомов с одинаковым зарядом ядра.  
 б) тело или совокупность тел находящихся во взаимодействии и условно обособленных от окружающей среды.  
 в) соединения которые, образовались путем притяжения ионов.
3. Изотонический раствор- это  
 а) раствор, имеющий одинаковое гидравлическое давление;  
 б) раствор, в котором концентрация растворённого вещества приближается к растворимости  
 в) раствор, имеющий одинаковое осмотическое давление
4. Какое из нижеприведенных определений характерно для гомогенных реакций  
 а) компоненты находятся в разных фазах  
 б) исходные вещества находятся в одной фазе, а продукты в другой  
 в) исходные вещества и продукты находятся в одной фазе
5. Закрытой системой будет являться  
 а) система, которая может обмениваться с окружающей средой энергией, но обмен веществом не возможен.  
 б) система, которая обменивается и энергией и веществом, может менять свой объем.  
 в) система, в которой нет поверхности раздела.
6. Температурная зависимость теплового эффекта при V-const

выражается уравнением Кирхгофа в интегральной форме:

а)  $\Delta U = \Delta U^\circ + \Delta C_v (T - T^\circ)$  б)  $\Delta H = \Delta H^\circ + \Delta C_p (T - T^\circ)$  в)  $(\partial \Delta U / \partial T) V = \Delta C_v$

7. Изменение энтропии является критерием протекания самопроизвольного процесса в системе:

- а) изолированной б) закрытой в) открытой

8. Если все компоненты следующей реакции являются газами:  $A + 3B = C$  соотношение между  $K_c$  и  $K_p$  равно:

- а)  $K_p = K_c (RT)^{-3}$  б)  $K_p = K_c RT$  в)  $K_p = K_c (RT)^2$

9. Состояние системы, при котором ее свойства постоянны во времени при наличии потоков энергии и вещества, называется:

- а) начальным, б) стационарным, в) переходным,  
г) стандартным, д) конечным.

10. Каково соотношение между  $C_p$  и  $C_v$  для идеального газа?

- а)  $C_p + C_v = R$  б)  $C_p = C_v + R$  в)  $C_p / C_v = R$  г)  $C_p = C_v + RT$

вопрос	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ответ	Б	Б	в	в	а	а	а	а	б	б

### Тема 3. Термодинамика химического равновесия

1. Сформулируйте принцип Ле-Шателье

- а) внешнее воздействие, нарушающее равновесие в равновесной системе, вызывает в ней изменения, направленные в сторону усиления этого воздействия  
б) внешнее воздействие, нарушающее равновесие в равновесной системе, не вызывает в ней изменения  
в) внешнее воздействие, нарушающее равновесие в равновесной системе, вызывает в ней изменения, направленные в сторону ослабления этого воздействия

2. Температурная зависимость константы химического равновесия выражается при  $V$ -const:

а)  $d \ln K_c = \frac{\Delta U}{RT^2} dT$  б)  $d \ln K_p = \frac{\Delta U}{RT^2} dT$  в)  $\Delta G_o = - RT \ln K_p$

3. Температурная зависимость константы химического равновесия выражается при  $P$ -const:

а)  $d \ln K_c = \frac{\Delta U}{RT^2} dT$  б)  $d \ln K_p = \frac{\Delta U}{RT^2} dT$  в)  $\Delta G_o = - RT \ln K_p$

4. Изменение энтропии является критерием протекания самопроизвольного

- а) изолированной б) закрытой процесса в системе в) открытой

5. Можно ли по изменению энтропии судить о направлении протекания процесса?

Да, если система:

- а) закрытая, б) изолированная, в) открытая, г) в любых типах систем, д) только в гетерогенных.

6. Число микросостояний ( $W$ ) в термодинамической системе равно 1

Чему равно значение энтропии (Дж/моль·К)?

- а) 1 б) 0 в)  $e^w$  г)  $e^{-w}$

7. Зависимость химического потенциала от активности компонента реакции:

- а) линейная б) параболическая в) логарифмическая г) экспоненциальная

8. В соответствии с изотермой химической реакции при  $K_a < P_a$ :

а)  $\Delta G_{pц} > 0$  б)  $\Delta G_{pц} < 0$  в)  $\Delta G_{pц} = 0$  г)  $\Delta G_{pц} = \Delta G_{pц}^0$

9. Из зависимости между термодинамическими потенциалами и константой химического равновесия при соотношении  $P$ -const 1, если  $K_p > 1$ , следует соотношение:

а)  $\Delta G_o = 0$  б)  $\Delta G_o < 0$  в)  $\Delta G_o > 0$

10. Основным условием фазового равновесия системы при P, T-const является:

- а)  $\Delta G = 0$       б)  $\Delta A = 0$       в)  $\Delta S = 0$

вопрос	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ответ	в	а	б	а	б	б	б	в	б	а

#### Тема 4. Термодинамика фазовых равновесий

1. Энергия колебательного движения атомов в молекуле  $^{19}\text{F}^{79}\text{Br}$  на нулевом колебательном квантовом уровне при  $\omega_e = 672,6 \times 10^2 \text{ м}^{-1}$ ;  $x_e = 6,69 \times 10^{-3}$  равна:

- а)  $0,34 \times 10^{-20}$  Дж      б)  $1,06 \times 10^{-20}$  Дж      в)  $0,66 \times 10^{-20}$  Дж

2. Удельная электрическая проводимость раствора KOH концентрации 4,2% при  $18^\circ$  равна  $14,64 \text{ См/м}$ . Плотность раствора  $1,038 \text{ г/см}^3$ . Эквивалентная электропроводимость равна:

- а) 18,86      б) 8,86      в)  $34,67 \text{ См м}^2 \text{ кг экв}^{-1}$

3. Температурный коэффициент реакции  $\gamma = 2$ . При повышении температуры от 223 до 373 К скорость химической реакции увеличивается:

- а) 30406      б) 32768      в) 15689 раз

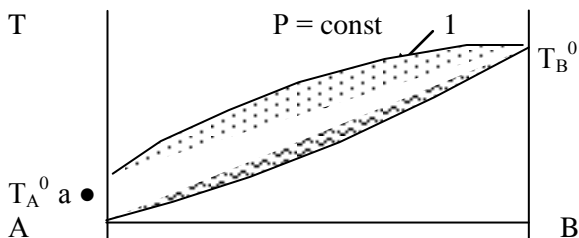
4. Коэффициент распределения йода между амиловым спиртом и водой при  $25^\circ\text{C}$  в спирте /C I<sub>2</sub> в воде = 230. При равновесной концентрации йода в водном слое 0,2 г/л, концентрация йода в амиловом спирте равна:

- а) 35,16 г/л      б) 46,0 г/л      в) 57,1 г/л

5. Энергия вращательного движения атомов в молекуле  $^{19}\text{F}^{79}\text{Br}$  на вращательном квантовом уровне  $\gamma = 1$ , при равновесном межъядерном расстоянии  $r_e = 1,7555 \times 10^{-10} \text{ м}$  равна:

- а)  $1,4109 \times 10^{-22}$  Дж      б)  $0,1419 \times 10^{-22}$  Дж      в)  $0,8516 \times 10^{-22}$  Дж

6. Диаграмма T – состав.



состав

Данная диаграмма есть диаграмма

- а) кипения двух жидкостей с ограниченной растворимостью  
 б) кипения двух неограниченно смешивающихся жидкостей  
 в) растворимости двух несмешивающихся жидкостей

7. Кривая 1 есть:

- а) кривая, зависимости P насыщенного пара от состава жидкости  
 б) кривая температур кипения жидкости для ее различных составов  
 в) кривая зависимости температуры кипения жидкости от состава насыщенного пара.

8. Заштрихованная область на диаграмме соответствует существованию:

- а) жидкой фазы      б) газовой фазы  
 в) жидкости и пара      г) 3-х фаз одновременно

9. Представленная диаграмма соответствует:

- а) бинарной идеальной системе      б) однокомпонентной идеальной системе  
 в) 3-компонентной системе      г) системе с положительным отклонением от закона Рауля

10. Укажите максимальное число фаз однокомпонентной системы, которые могут одновременно находиться в состоянии термодинамического равновесия.

- а) 4      б) 2      в) 3      г) 1

вопрос	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ответ	в	а	б	б	б	в	б	в	в	г

### **Тема 5. Термодинамика разбавленных растворов.**

**1. Пары 0,0240 кг вещества при 27°C и 912 мм рт.ст. занимают пространство объёмом 0,0250 м<sup>3</sup>. Какова молярная масса этого вещества?**

- а)  $1,22 \cdot 10^5$  Па
- б)  $1,96 \cdot 10^2$  кг/моль
- в)  $1,11 \cdot 10$  моль/м

**2. Степень гидролиза определяют как**

- а) отношение количества соли, подвергшейся гидролизу, к общему количеству растворенной соли.
- б) отношение количества основания, подвергшегося гидролизу, к общему количеству растворенного основания.
- в) отношение количества кислоты, подвергшейся гидролизу, к общему количеству растворенной кислоты.

**3. Закон Кирхгоффа имеет следующую формулировку**

- а) температурный коэффициент теплового эффекта изобарного или изохорного процесса равен изменению изобарной или изохорной теплоемкости системы, происходящему в результате процесса.
- б) температурный коэффициент теплового эффекта изохорного процесса равен изменению изохорной теплоемкости системы, происходящему в результате процесса.
- в) температурный коэффициент теплового изобарного процесса равен изменению изобарной теплоемкости системы, происходящему в результате процесса
- г) среди перечисленного нет правильного ответа

**4. Криоскопию рассматривают как**

- а) метод определения молекулярных масс по повышению температуры замерзания раствора
- б) метод определения молекулярных масс по понижению температуры замерзания раствора
- в) метод определения молекулярных масс по повышению точки кипения раствора

**5. Сформулируйте правило Вант-Гоффа:**

- а) при повышении температуры на каждые 10°C скорость химической реакции увеличивается в 2-4 раза
- б) при понижении температуры на каждые 10°C скорость химической реакции увеличивается в 2-4 раза
- в) при повышении температуры на каждые 10°C скорость химической реакции уменьшается в 2-4 раза

**6. Факторы, влияющие на скорость химических реакций:**

- а) природа реагирующих веществ, концентрация, физическое состояние
- б) концентрация реагирующих веществ, объем, температура
- в) концентрация, давление, температура

**7. Из двух растворов гипотоническим называют раствор, у которого осмотическое давление:**

- а) меньше
- б) больше
- в) одинаково

**8. Осмотическое давление раствора хлорида натрия с молярной концентрацией 0,1 моль/л (изотонический коэффициент 1,95) при 25 °C равно \_\_\_\_\_ кПа:**

- а) 247,6                      б) 482,9
- в) 20,8                        г) 40,5

**9. Процесс перехода молекул растворителя через полупроницаемую мембрану из раствора с меньшей концентрацией в раствор с большей концентрацией называется:**

- а) электролитическая диссоциация                      б) осмос
- в) гидролиз    г) диффузия

**10. Осмотическое давление раствора глюкозы с молярной концентрацией 0,1 моль/л при 25°C равно \_\_\_\_\_ кПа:**

- а) 61,9                        б) 51,6
- в) 123,8                      г) 247,6

вопрос	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
--------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

ответ	б	а	а	б	в	а	б	г	а	б
-------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

### **Тема 6. Термодинамика растворов электролитов.**

**1. Уменьшение удельной электропроводности сильных электролитов в концентрированных растворах по сравнению с разбавленными связано с:**

- а. уменьшением степени диссоциации электролита;
- б. увеличением сил электростатического взаимодействия между ионами;
- в. образованием ассоциатов (ионных двойников, тройников и т.д.);
- г. интенсификацией процесса образования ионных атмосфер.

**2. Значительно большая скорость движения ионов  $H^+$  и  $OH^-$  в водной среде по сравнению с другими ионами объясняется:**

- а. малыми размерами этих ионов;
- б. отсутствием у этих ионов гидратной оболочки;
- в. эстафетным механизмом перемещения данных ионов;
- г. большой плотностью электрического заряда у данных ионов.

**3. Удельная электропроводность растворов электролитов по сравнению с металлическими проводниками:**

- а. значительно выше;
- б. во много раз меньше;
- в. находится примерно на одинаковом уровне;
- г. в зависимости от природы электролита может иметь как большее, так и меньшее значение.

**4. Эквивалентная электропроводность в системе СИ характеризует:**

- а. электрическую проводимость раствора, содержащего 1 моль химического эквивалента растворенного вещества;
- б. электрическую проводимость  $1\text{ м}^3$  раствора электролита;
- в. электрическую проводимость  $1\text{ м}^3$  раствора, содержащего 1 моль электролита;
- г. электрическую проводимость раствора, содержащего 1 моль растворенного вещества.

**5. Для сильных и слабых электролитов эквивалентная электропроводность:**

- а. возрастает с увеличением концентрации раствора;
- б. возрастает с уменьшением концентрации раствора;
- в. зависит от их природы;
- г. возрастает с увеличением температуры.

**6. Эквивалентная электропроводность достигает максимального значения:**

- а. в насыщенных растворах электролитов;
- б. в сильно разбавленных растворах электролитов;
- в. в растворах, содержащих 1 моль растворенного вещества;
- г. в растворах, содержащих 1 г растворенного вещества.

**6. В сильно-разбавленных растворах электролитов  $\lambda_{\infty}$  приобретает наибольшее значение, т.к.:**

- а. в этом случае количество ионов электролита достигает своей максимальной величины;
- б. взаимодействия между ионами в растворе отсутствуют;
- в. степень диссоциации как сильных так и слабых электролитов приближается к 1;
- г. образование ионных атмосфер не происходит.

**7. Серебрянная пластинка, покрытая слоем хлорида серебра и опущенная в насыщенный раствор хлорида калия, является:**

- а. электродом первого рода;
- б. электродом второго рода;
- в. редокс-электродом;
- г. необратимым электродом.

**8. В каком ряду металлы расположены по возрастанию их восстановительной активности в реакциях протекающих в водной среде:**

- а. Ag, Fe, Li, Na;
- б. Zn, Al, Mg, K;
- в. Na, Zn, Fe, Cu;
- г. Na, Ca, K, Li;

**9. В каком ряду ионы металлов расположены по возрастанию их окислительной активности в реакциях протекающих в водной среде?**

- а.  $Li^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ;
- б.  $K^+$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Ag^+$ ,  $Au^{3+}$ ;
- в.  $Hg^{2+}$ ,  $Ag^+$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ;
- г.  $Mg^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Cr^{3+}$ .

**10. Примером электродов второго рода могут служить:**

- а. цинковый электрод;
- б. водородный электрод;
- в. каломельный электрод;
- г. стеклянный электрод.





- б. полярные органические и неорганические жидкости;
- в. электролиты из водных растворов;
- г. неэлектролиты из водных растворов.

**10. Поверхностно – неактивные вещества:**

- а. повышают поверхностное натяжение растворителя, только присутствуя в растворах в больших количествах;
- б. изменяют поверхностное натяжение растворителя только при малых концентрациях;
- в. практически не изменяют поверхностное натяжение растворителя, присутствуя в растворе даже в значительных количествах;
- г. не способны растворяться в растворителе.

вопрос	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ответ	г	А	В	Г	В	Б	А	б	А	б

**Тема 8. Электрохимия**

**1. При 18°C удельная электрическая проводимость раствора Mg(NO3)2**

концентрации 5% равна 4,38 См/м. Плотность его 1,038 г/см<sup>3</sup>. Кажущаяся степень диссоциации Mg(NO3)2 в растворе равна:

- а) 58,41%
- б) 34,71%
- в) 24,89%

**2. Для реакции 2NO<sub>2</sub>=2NO+O<sub>2</sub> константы скорости при T1=600K и T2=645K**

соответственно равны 83,9 и 407 (мин) <sup>-1</sup> (кмоль/м<sup>3</sup>) <sup>-2</sup>. Энергия активации равна:

- а) 49,037x10<sup>3</sup>
- б) 193,640x10<sup>3</sup>
- в) 65,854x10<sup>3</sup> Дж/моль

**3. Энергия вращательного движения атомов в молекуле 19F79Br на вращательном квантовом уровне γ=1, при равновесном межъядерном расстоянии re=1,7555x 10<sup>-10</sup> м равна:**

- а) 1,4109x10<sup>-22</sup>Дж
- б) 0,1419x10<sup>-22</sup>Дж
- в) 0,8516x10<sup>-22</sup>Дж

**4. При 18°C удельная электрическая проводимость раствора Mg(NO3)2**

концентрации 5% равна 4,38 См/м. Плотность его 1,038 г/см<sup>3</sup>. Кажущаяся степень диссоциации Mg(NO3)2 в растворе равна:

- а) 58,41%
- б) 34,71%
- в) 24,89%

**5. Что такое степень диссоциации:**

- а. это отношение продиссоциировавших молекул к общему числу частиц электролита в растворе;
- б. это отношение продиссоциировавших молекул к числу непродиссоциировавших молекул раствора;
- в. это отношение исходных молекул раствора электролита к количеству продиссоциировавших молекул.

**6. Как влияет концентрация на величину степени диссоциации:**

- а. степень диссоциации уменьшается;
- б. степень диссоциации растёт;
- в. остается постоянной.

**7. Как можно рассчитать коэффициент активности:**

- а. по уравнению Дебая-Хюккеля;
- б. по уравнению Оствальда;
- в. по уравнению ионной силы раствора

**8. Чему равна ионная сила раствора?**

- а. Полусумме произведений молярности каждого иона на квадрат его заряда;
- б. полусумме произведений концентрации каждого иона на величину коэффициента активности;
- в. квадрату заряда на полусумму активностей всех ионов

**9. Мера активной кислотности среды-рН это:**

- а. отрицательный десятичный логарифм концентрации ионов водорода;
- б. общая кислотность раствора;
- в. водородный показатель амфотерного электролита

**10. Что понимают под удельной электропроводностью:**

- а. это величина, обратная сопротивлению одного кубического метра раствора с ребром длиной 1 м;
- б. это величина, эквивалентная сопротивлению одного кубического метра раствора с ребром, длиной 1 м;
- в. это удельная проводимость раствора электролита при единичном заряде поверхности

вопрос	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
--------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----



Б. связь между молекулами внутри тела в пределах одной фазы

2. Установите соответствие

1. дисперсионная среда газообразная
2. дисперсионная среда жидкая

А. эмульсия

3. Установите соответствие

1. к основным поверхностным явлениям относятся:

2. особенности дисперстных систем
3. основными особенностями свойств студней являются

4. Установите соответствие

1. критическая концентрация мицеллообразования (ККМ) – это концентрация, при которой
2. коагуляция – это
3. пептизация – это

5. Установите соответствие

1. лиофобные золи
2. микрогетерогенные системы
3. грубодисперстные системы

6. Поверхность называют

1. лиофильной, если краевой угол ( $\theta$ )
2. лиофобной, если краевой угол ( $\theta$ )

а)  $\theta < 180^\circ$

7.

1. концентрационная коагуляция
2. гомокоагуляция
3. гетерокоагуляция

А. укрупнение подобных частиц в большой агрегат

8. Установите соответствие

1. Поверхностно- активные вещества (ПАВ)
2. Поверхностно- инактивные вещества (ПИВ)
3. Поверхностно- неактивные вещества (ПНВ)

9. Установите соответствие

1. правило Шилова
2. правило Дюкло- Траубе
3. правило Панета- Пескова- Фаянса

А. поверхностная активность ПАВ на границе их водных растворов с газом увеличивается в 2-3 раза при увеличении углеводородной цепи

10. Установите соответствие

1. поверхностное натяжение
2. поверхностная активность
3. адсорбция

В. соединение приведенных в контакт поверхностей конденсированных фаз

- Б. суспензия  
В. аэрозоль

А. синерезис, «память»

Б. гетерогенность, большая удельная поверхность, количественные характеристики

В. адгезия, адсорбция, капиллярность

А. слияние капель дисперстной фазы

Б. образование мицеллы

В. образование агрегатов из частиц дисперсной фазы под действием различных факторов

А. более  $10^{-3}$  см

Б.  $10^{-7}$ -  $10^{-5}$  см

В.  $10^{-5}$ -  $10^{-3}$  см

б)  $\theta < 90^\circ$

в)  $\theta > 90^\circ$

г)  $\theta = 90^\circ$

Б. взаимная коагуляция разнородных дисперсных систем

В. вследствие сжатия диффузного слоя противоионов

А. кислоты, щелочи, соли

Б. спирты, жирные кислоты, амины

В. сахара, глюкоза

Б. на поверхности агрегата адсорбируются те ионы, которые близки по своей природе, либо находящиеся в избытке

В. чем лучше растворитель растворяет вещество, тем хуже вещество адсорбируется из раствора

А. Дж\м<sup>2</sup>

Б. моль\м<sup>2</sup>

В. Гиббс

вопрос	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ответ	1-в, 2-а, 3-б	1-в, 2-а, б	1-в, 2-б, 3-а	1-б, 2-а, 3-в	1-в, 2-б, 3-а	1-б, 2-в	1-в, 2-а, 3-б	1-б, 2-а, 3-в	1-в, 2-а, 3-б	1-а, 2-б, 3-в

**Тема 11. Молекулярно-кинетические и оптические свойства коллоидных систем.**

1. Установите соответствие

1. сталагмометрический метод

2. метод определения адсорбции

3. метод наибольшего давления в пузырьке

А. кондуктометр

Б. прибор Ребиндера

В. сталагмометр

**2 Установите соответствие**

1. Песков Н.П. 1922г.

2. Мишин В.П. 1968г.

3. Сведберг Т. 1905г.

А. получил золи щелочных и щелочноземельных металлов

Б. ввел в науку понятия кинетической и агрегативной устойчивости

В. ввел в науку понятие конденсационной устойчивости

**3. Принцип Ле- Шателье применим к:**

а. системам, не изменяющимся во времени;

б. системам, в которых установилось химическое равновесие;

в. любым системам;

г. системам, изменяющимся во времени.

**4. Константа скорости химической реакции не зависит от:**

а. природы реагирующих веществ;

б. катализатора;

в. температуры;

г. концентрации реагирующих веществ.

**5. Насыщенным называется раствор:**

а. содержащий, максимально возможное количество вещества при данной температуре;

б. в котором больше не растворяется растворенное вещество;

в. находящийся в равновесии с растворенным веществом;

г. который можно считать концентрированным.

**6. Устойчивость полимеров зависит:**

а. от величины полимера;

б. от наличия гидратной оболочки;

в. гидрофобного взаимодействия;

г. от температуры.

**7. Осмос это:**

а. явление односторонней диффузии растворителя через полупроницаемую мембрану;

б. явление односторонней диффузии растворенного вещества через проницаемую мембрану;

в. выравнивание концентраций двух растворов.

**8. Слабым электролитом называется:**

а. слабая кислота;

б. нерастворимая в воде соль;

в. вещество, имеющее степень диссоциации меньше 100%;

г. вещество, имеющее степень диссоциации меньше 3%.

**9. Факторы, от которых не зависит константа скорости:**

а. природа вещества;

б. природа растворителя;

в. температура;

г. концентрация реагирующих веществ.

**10. Под устойчивостью дисперсной системы понимают способность сохранять во времени:**

а. средний размер частиц;

б. вязкость раствора;

в. число электронов;

г. температуру раствора.

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

**Тема 12. Электрический заряд коллоидных частиц и электрокинетические явления.**

**1. При смешивании растворов хлорида бария и сульфата натрия (избыток) образуются мицеллы следующего строения**

а)  $[BaSO_4]_m nSO_4^{2-} | (2n-2x)Na^+ | 2xNa^+$

б)  $[BaCl_2]_m nSO_4^{2-} | (2n-2x)Na^+ | 2xNa^+$

в)  $[BaSO_4]_m nBa^{2+} | (2n-2x)Cl^- | 2xCl^-$

г)  $[BaCl_2]_m nBa^{2+} | (n-x)SO_4^{2-} | xSO_4^{2-}$

**2. мицелла гидрозоля имеет следующее строение  $[mBaCl_2 nBa^{2+} | (n-x)SO_4^{2-} ]xSO_4^{2-}$**

1. хлорид бария

2. сульфат - ионы

3. ионы бария

а. потенциалопределяющие ионы

б. агрегат

в. противоионы диффузионного слоя

**3. Какой механизм не осуществляется при образовании двойного электрического слоя:**

а. Поверхностная диссоциация;

б. Поверхностная адсорбция;

в. Ориентация диполей;

г. Поверхностная ассоциация;

д. Изоморфное замещение компонентов твердой фазы;

**4. Какие слои не характерны для строения мицелл гидрозолей:**

а. Диффузный;

б. Дипольный;



**3. Кинетическая седиментационная устойчивость зависит от**

- а) вязкости дисперсионной среды
- б) поверхностного натяжения дисперсионной среды
- в) размера частиц
- г) наличия двойного электрического слоя
- д) плотности дисперсионной среды
- е) плотности дисперсионной фазы
- ж) величины электрокинетического потенциала

**4. Критическая концентрация мицеллообразования (ККМ) – это концентрация, при которой**

- а) раствор ПАВ становится лиофильной дисперсионной системой
- б) начинается быстрая коагуляция
- в) сферические мицеллы становятся цилиндрическими
- г) начинают образовываться мицеллы

**5. Что подразумевают под устойчивостью дисперсных систем:**

- а) Постоянство их свойств во времени;
- б) Устойчивость по отношению к укрупнению или агрегации частиц дисперсионной фазы;
- в) Постоянство распределения частиц дисперсионной фазы по объему;
- г) Устойчивость к осаждению частиц дисперсионной фазы.

**6. Какие виды устойчивости дисперсных систем выделены по предложению Н. П. Пескова:**

- а) Устойчивость к слипанию частиц – коагуляционная устойчивость;
- б) Устойчивость к объединению частиц дисперсионной фазы – агрегативная устойчивость;
- в) Устойчивость к разделению фаз – седиментационная (кинетическая) устойчивость;
- г) Устойчивость к осаждению дисперсионной фазы – дисперсионная устойчивость.

**7. По А. П. Ребиндеру различают:**

- 1) – Термодинамически устойчивые системы, образующиеся при самопроизвольном диспергировании, - лиофильные системы;
- 2) - Термодинамически неустойчивые дисперсионные системы, обладающие различной кинетической устойчивостью к агрегации частиц, - лиофобные системы.

К какому виду систем принадлежат предлагаемые объекты?

- а) Молоко;
- б) Желатина;
- в) Рубиновое стекло;
- г) Крахмал;
- д) Сырая нефть.

**8. Укажите факторы кинетической устойчивости золей.**

- а) Дисперсность системы;
- б) Вязкость среды;
- в) Присутствие в растворе посторонних веществ (электролитов или ВМС);
- г) Разность плотностей дисперсионной среды и дисперсионной фазы.

**9. Укажите факторы агрегативной устойчивости золей.**

- а) Броуновское движение;
- б) Температура;
- в) Дисперсность;
- г) Присутствие в растворе посторонних веществ (электролитов или ВМС).

**10. Какие определения не соответствуют содержанию понятия «коагуляция»?**

- а) Процесс укрупнения мицелл золя за счет соединения друг с другом;
- б) Процесс всплытия створоженной дисперсионной фазы;
- в) Процесс слипания мицелл золя под влиянием внешнего воздействия;
- г) Явление прохождения через поры фильтра свежесозданного осадка при промывании большим количеством воды.

вопрос	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ответ	б	г	АВДЕ	А	А	В	1-б,г 2-а,в	Г	А	а

**Тема 14. Разные классы коллоидных систем**

**1. Установите соответствие**

- 1. дисперсионная фаза- жидкость
- 2. дисперсионная фаза- твердое тело
- 3. дисперсионная фаза- твердое тело и жидкость
- а) дым, пыль
- б) смог
- в) туман, капли

## 2. Установите соответствие

- |          |  |
|----------|--|
| 1. песок | а) диаметр дисперсной фазы - $2 \cdot 10^{-5}$ - $2 \cdot 10^{-3}$ м |
| 2. пыль  | б) диаметр дисперсной фазы $< 2 \cdot 10^{-6}$                       |
| 3. пудра | в) диаметр дисперсной фазы- $2 \cdot 10^{-6}$ - $2 \cdot 10^{-5}$    |

## 3. Для суспензий характерны свойства:

- а) термофорез и термопреципитация;
- б) флуоресценция, термофорез и термопреципитация;
- в) флуоресценция, фосфоресценция, термофорез и термопреципитация;
- г) флуоресценция и фосфоресценция.

## 4. При добавлении пенообразователя, пена быстро достигает максимума, а при дальнейшем его добавлении практически не образуется. К какому типу относятся такие пенообразователи:

- |                          |                                |
|--------------------------|--------------------------------|
| а) средней эффективности | б) низкой эффективности        |
| в) высокой эффективности | г) не обладают эффективностью. |

## 5. Свойство желатинообразование характерно для;

- |             |               |
|-------------|---------------|
| а) эмульсий | б) суспензий  |
| в) пен      | г) аэрозолей? |

## 6. Сопоставьте свойства систем и системы:

- |                        |              |
|------------------------|--------------|
| А) кратность           | 1. суспензии |
| Б) коагуляция          | 2. эмульсии  |
| В) фосфоресценция      | 3. пены      |
| Г) термофорез          | 4. аэрозоли  |
| Д) высота столба       |              |
| Е) время существования |              |
| Ж) флуоресценция       |              |

## 7. Суспензии получают следующими способами:

- а) диспергационным и конденсационным физическим и химическим;
- б) конденсационным химическим и физическим;
- в) диспергационным и конденсационным химическим;
- г) диспергационным и физическим.

## 8. Содержание дисперсной фазы в разбавленных эмульсиях составляет:

- |          |          |
|----------|----------|
| а) 0,1%; | б) 7,4%; |
| в) 74%;  | г) 50%.  |

## 9. Для разбавленных эмульсий 2-го рода характерны свойства:

- а) термофорез и термопреципитация;
- б) флуоресценция, термофорез и термопреципитация;
- в) флуоресценция, фосфоресценция, термофорез и термопреципитация;
- г) флуоресценция и фосфоресценция.

## 10. Для аэрозолей характерны свойства:

- |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|
| а) высокая седиментация; | г) броуновское движение; |
| б) слабый электрофорез;  | д) слабая диффузия.      |
| в) сильный электрофорез; |                          |

вопрос	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ответ	1-в, 2-а, 3-б	1-а, 2-в, 3-б	А	Г	В	1-а,е 2-г,ж 3-б 4-в,д	Г	А	В	Г,д

## 2.2. Перечень тем презентаций для текущего контроля успеваемости (по выбору преподавателя)

**Тема 1.** Предмет, задачи и методы физической и коллоидной химии и ее значение для фармации.

1. Н.С. Курнаков – основатель физико-химического анализа
2. Н.Н. Бекетов – основоположник физической химии
3. Вклад В.Ф. Алексеева в развитие физической химии
4. Т. Грэм и И.Г. Борцов – основатели коллоидной химии



5. Роль отечественных и зарубежных ученых в развитии коллоидной химии (А.В. Думанский, В. Оствальд, П.А. Ребиндер)
  6. Значение коллоидной химии в развитии фармации
- Тема 2.** Основные понятия и законы химической термодинамики и термохимии.
1. Азеотропы
  2. Условия равновесия поверхностного слоя с объемными фазами. Энергия поверхностного слоя. Поверхностное натяжение.
  3. Поверхностные явления. Адгезия и когезия. Смачивание и несмачивание. Уравнения Юнга и Дюпре-Юнга.
  4. Капиллярные явления. Дисперсность и реакционная способность.
  5. Адсорбция. Основные понятия и определения. Уравнение для расчета энергии Гиббса поверхностного слоя.
- Тема 3.** Термодинамика химического равновесия
1. Ректификация
  2. Ионные слои как фактор устойчивости коллоидных систем. Строение мицеллы лиофобного золя. Электрокинетический потенциал.
  3. Влияние температуры, природы растворителя, добавок электролитов на агрегативную устойчивость зольей.
  4. Индифферентные электролиты. Влияние добавок индифферентных электролитов на распределение потенциала в ДЭС и агрегативную устойчивость зольей. Адсорбционная перезарядка.
- Тема 4.** Термодинамика фазовых равновесий
1. Коагуляция лиофобных зольей. Закономерности электролитной коагуляции. Правило Шульце-Гарди. Лиотропные ряды.
  2. Кинетика коагуляции. Основные закономерности. Скорость коагуляции.
  3. Теория быстрой коагуляции Смолуховского. Период коагуляции.
  4. Теория медленной коагуляции Фукса.
- Тема 5.** Термодинамика разбавленных растворов.
1. Классификация буферных систем и растворов. Значение буферных систем для химии и биологии.
  2. Эмульсии и их классификация. Определение типа эмульсии. Устойчивость эмульсий. Эмульгаторы и механизм их действия. Обращение фаз эмульсий. Методы получения эмульсий. Пены.
  3. Мицеллярные коллоидные системы. Критическая концентрация мицеллообразования. Солюбилизация.
  4. Молекулярные коллоидные системы. Классификация ВМС. Молекулярная масса ВМС.
- Тема 6.** Термодинамика растворов электролитов.
1. Коагуляция смесью электролитов.
  2. Капиллярные явления. Дисперсность и реакционная способность.
  3. Адсорбция. Основные понятия и определения. Уравнение для расчета энергии Гиббса поверхностного слоя.
  4. Природа сил, обуславливающих адсорбционные взаимодействия. Химическая и физическая адсорбция.
- Тема 7.** Электрохимия
1. Электродные потенциалы
  2. Ионоселективные электроды. Применение в биологии, медицине, фармации. Стеклоэлектрод
  3. Потенциометрическое титрование. Значение этого метода в фармацевтической практике
- Тема 8.** Кинетика химических реакций и катализ
1. Ускоренные методы определения сроков годности лекарственных препаратов
  2. Цепные реакции
  3. Развитие учения о катализе (А.А. Баландин, Н.И. Кобозев)
- Тема 9.** Термодинамика поверхностных явлений
1. Поверхностные явления. Адгезия и когезия. Смачивание и несмачивание.
  2. Капиллярные явления. Дисперсность и реакционная способность.
  3. Адсорбция. Основные понятия и определения.

4. Природа сил, обуславливающих адсорбционные взаимодействия. Химическая и физическая адсорбция.

5. Метод Гиббса и метод полного содержания. Понятие полных и избыточных адсорбций и их взаимосвязь.

**Тема 10.** Коллоидная химия как наука. Природа, классификация и общие свойства дисперсных систем

1. Аэрозоли и их свойства. Применение аэрозолей в фармации
2. Порошки и их свойства. Применение в фармации
3. Суспензии и их свойства. Применение в фармации
4. Пены. Пасты
5. Эмульсии и их свойства. Применение в фармации

**Тема 11.** Молекулярно-кинетические и оптические свойства коллоидных систем.

1. Закон фотохимической эквивалентности Эйнштейна
2. Иониты и их классификация. Применение ионитов в фармации
3. Применение хроматографии для получения и анализа лекарственных веществ
4. Гель-фильтрация

**Тема 12.** Электрический заряд коллоидных частиц и электрокинетические явления

1. Электрофорез. Электрофоретические методы исследования в фармации. Практическое применение электроосмоса в фармации
2. Коацервация. Гелеобразование и студнеобразование, влияние различных факторов на эти процессы.
3. Свойства гелей и студней. Синерезис

**Тема 13.** Устойчивость и коагуляция коллоидных систем

1. Специфические особенности дисперсных систем. Классификация дисперсных систем.
2. Характеристика свойств дисперсных систем и особенности их поведения. Молекулярно-кинетические свойства и оптические свойства дисперсных систем.
3. Седиментационно-диффузионное равновесие. Гипсометрическая высота как критерий кинетической устойчивости.
4. Условия равновесия поверхностного слоя с объемными фазами. Поверхностное натяжение

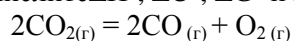
**Тема 14.** Разные классы коллоидных систем

1. Солюбилизация и ее значение в фармации
2. Мицеллярные коллоидные системы в фармации
3. Высокомолекулярные соединения и их растворы. Применение в фармации
4. Полиамфолиты и их свойства. Полиэлектролиты и их свойства
5. Синерезис
6. Седиментация и ее применение для исследования коллоидных систем

Темы презентаций могут быть предложены преподавателем из выше перечисленного списка, а также обучающимся в порядке личной инициативы по согласованию с преподавателем

### 2.3. Перечень ситуационных задач для текущего контроля успеваемости

**Задача 1.** Вычислите  $\Delta H^{\circ}$ ,  $\Delta U^{\circ}$ ,  $\Delta G^{\circ}$  и  $\Delta A^{\circ}$  для реакции



Определите, возможно ли самопроизвольное протекание реакции при стандартных условиях.

**Решение:** Воспользовавшись данными, приведенными в Приложении, рассчитаем тепловой эффект реакции при постоянном давлении:

$$\begin{aligned}\Delta H^{\circ}_r &= \sum n_i \Delta H^{\circ}_{\text{прод}} - \sum n_i \Delta H^{\circ}_{\text{исх}} = \\ &= 2\Delta H^{\circ}_{f\text{CO}} + \Delta H^{\circ}_{f\text{O}_2} - 2\Delta H^{\circ}_{f\text{CO}_2} = \\ &= [2(-110,70) + 0] - 2(-393,51) = 565,62 \text{ кДж/моль.}\end{aligned}$$

Изменение внутренней энергии связано с изменением энтальпии зависимостью:

$$\Delta U^{\circ}_r =$$

$$\Delta H^{\circ}_r - \Delta nRT,$$

где:  $\Delta n$  – изменение числа молей газообразных веществ в ходе реакции,

$$\Delta n = 3 - 2 = 1;$$

$R$  – универсальная газовая постоянная ( $8,314 \times 10^{-3}$  кДж/моль•К);

$$T = 298\text{K}.$$

Следовательно:

$$\Delta U^{\circ}_r = 565,62 - 8,314 \times 10^{-3} \cdot 298 = 563,14 \text{ кДж/моль.}$$

Для расчета  $\Delta G_r^0$  найдем предварительно изменение энтропии:

$$\Delta S_r^0 = 2S_{CO}^0 + S_{O_2}^0 - 2S_{CO_2}^0 =$$

$$= (2 \times 197,48 + 205,03) - 2 \times 213,66 = 172,67 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К.}$$

Тогда изменение энергии Гиббса будет равно:

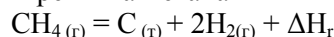
$$\Delta G_r^0 = \Delta H_r^0 - T \Delta S_r^0 = 565,62 - 298 \cdot 172,67 \times 10^{-3} = 514,16 \text{ кДж/моль.}$$

Теперь определим изменение энергии Гельмгольца:

$$\Delta A_r^0 = \Delta U_r^0 - T \Delta S_r^0 = 563,14 - 298 \cdot 172,67 \times 10^{-3} = 511,68 \text{ кДж/моль}$$

Положительные значения величин  $\Delta G_r^0$  и  $\Delta A_r^0$  указывают на то, что при стандартных условиях реакция не будет самопроизвольно идти в прямом направлении.

**Задача 2.** Для реакции крекинга метана



Используя данные Приложения, рассчитать  $\Delta G_{r298}^0$  и  $\Delta A_{r298}^0$ . Определить, возможно ли самопроизвольное протекание данной реакции при температуре 298 К.

**Решение:**

1) Воспользовавшись данными Приложения

$$(\Delta G_{fCH_4(g)}^0 = -50,85; \Delta G_{fC(г)}^0 = 0; \Delta G_{fH_2(g)}^0 = 0 \text{ кДж/моль}),$$

рассчитаем  $\Delta G_r^0$  (изменение энергии Гиббса)

$$\Delta G_r^0 = \sum n_i \Delta G_{f\text{прод.}}^0 - \sum n_i \Delta G_{f\text{исх.}}^0 = \Delta G_{fC(г)}^0 + 2 \Delta G_{fH_2(g)}^0 - \Delta G_{fCH_4(g)}^0 =$$

$$= 0 + 2 \cdot 0 - (-50,85) = +50,85 \text{ кДж}$$

2) Для расчета  $\Delta A_r^0$  воспользуемся соотношением между  $\Delta G_r^0$  и  $\Delta A_r^0$ :

$$\Delta A_r^0 = \Delta G_r^0 - \Delta n RT,$$

где  $\Delta n$  – изменение числа молей газообразных веществ в ходе реакции,

R – универсальная газовая постоянная

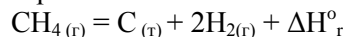
$$\text{Находим } \Delta n: \Delta n = \sum n_{\text{прод.}} - \sum n_{\text{исх.}} = 2 - 1 = 1$$

Отсюда:

$$\Delta A_r^0 = 50,89 - 1 \cdot 8,314 \cdot 10^{-3} \cdot 298 = 48,41 \text{ кДж,}$$

т.к.  $\Delta G_{r298}^0$  и  $\Delta A_{r298}^0 > 0$ , то при 298 К невозможно самопроизвольное протекание данной реакции в прямом направлении.

**Задача 3.** Для реакции крекинга метана



Рассчитать  $\Delta H_r^0$ , используя значение стандартных теплот сгорания веществ (кДж/моль):  $\Delta H_{cCH_4(g)}^0 = -890,31$ ;  $\Delta H_{cC(г)}^0 = -393,51$ ;  $\Delta H_{cH_2(g)}^0 = -285,84$

Определить экзо- или эндотермической является данная реакция.

**Решение:** В соответствии со следствием закона Гесса:

$$\Delta H_r^0 = \sum n_i \Delta H_{c\text{исх.}}^0 - \sum n_i \Delta H_{c\text{прод.}}^0 =$$

$$= \Delta H_{cCH_4(g)}^0 - (\Delta H_{cC(г)}^0 + 2 \Delta H_{cH_2(g)}^0) =$$

$$= -890,31 - [-393,51 + 2 \cdot (-285,84)] = +74,88 \text{ кДж}$$

т.к.  $\Delta H_r^0 > 0$ , реакция является эндотермической.

**Задача 4.** Напишите уравнение реакции сгорания метана. Вычислите стандартную теплоту образования метана, если его стандартная теплота сгорания

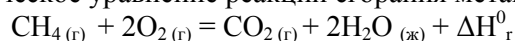
$$\Delta H_c^0 = -890,31 \text{ кДж/моль}$$

Продукты сгорания имеют следующие теплоты образования (кДж/моль)

$$\Delta H_{fCO_2(г)}^0 = -393,51; \Delta H_{fH_2O(ж)}^0 = -285,84$$

**Решение:**

Напишите термохимическое уравнение реакции сгорания метана



В соответствии со следствием закона Гесса:

$$\Delta H_r^0 = \sum n_i \Delta H_{f\text{прод.}}^0 - \sum n_i \Delta H_{f\text{исх.}}^0 =$$

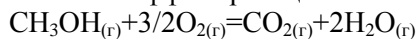
$$= (\Delta H_{fCO_2(г)}^0 + 2 \Delta H_{fH_2O(ж)}^0) - (\Delta H_{fCH_4(г)}^0 + 2 \Delta H_{fO_2(г)}^0)$$

С другой стороны:  $\Delta H_r^0 = \Delta H_{cCH_4(г)}^0$

$$\text{Тогда: } \Delta H_{cCH_4(г)}^0 = (\Delta H_{fCO_2(г)}^0 + 2 \Delta H_{fH_2O(ж)}^0) - (\Delta H_{fCH_4(г)}^0 + 2 \Delta H_{fO_2(г)}^0);$$

$$\begin{aligned}
 -890,31 &= (-393,51 + 2 \cdot (-285,84)) - (\Delta H_{f, \text{CH}_4(r)}^0 + 2 \cdot 0); \\
 -890,31 &= -393,51 - 571,68 - \Delta H_{f, \text{CH}_4(r)}^0 \\
 \Delta H_{f, \text{CH}_4(r)}^0 &= -74,88 \text{ кДж/моль}.
 \end{aligned}$$

**Задача 5.** Используя уравнение Кирхгоффа для небольшого температурного интервала рассчитать тепловой эффект реакции



при температуре 500К и давлении  $1,0133 \times 10^5$  Па.

**Решение:** По данным приложения сначала рассчитываем тепловой эффект реакции при 298К:

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{r, 298}^0 &= (\Delta H_{f, \text{CO}_2}^0 + 2 \Delta H_{f, \text{H}_2\text{O}}^0) - (\Delta H_{f, \text{CH}_3\text{OH}}^0 + 3/2 \Delta H_{f, \text{O}_2}^0) = \\
 &= (-393,51 - 2 \times 241,8) - (-201,00 + 3/2 \times 0) = -676,13 \text{ кДж/моль}.
 \end{aligned}$$

Зная  $\Delta H_{r, 298}^0$ , можно по уравнению Кирхгоффа рассчитать тепловой эффект реакции при 500К:

$$\Delta H_{r, T_2}^0 = \Delta H_{r, T_1}^0 + \Delta C_p^0(T_2 - T_1)$$

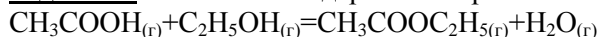
где  $\Delta C_p^0$  – изменение теплоемкости в ходе реакции. Его можно определить таким образом:

$$\begin{aligned}
 \Delta C_p^0 &= \sum n_i C_{p, \text{прод.}} - \sum n_i C_{p, \text{исх.}} = \\
 &= (C_{p, \text{CO}_2}^0 + 2C_{p, \text{H}_2\text{O}}^0) - (C_{p, \text{CH}_3\text{OH}}^0 - 3/2 C_{p, \text{O}_2}^0) = \\
 &= (37,11 + 2 \times 33,56) - (43,9 - 3/2 \times 28,83) = 17,10 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}
 \end{aligned}$$

и значит, тепловой эффект реакции при 500К равен:

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{r, 500}^0 &= \Delta H_{r, 298}^0 + \Delta C_p^0(500 - 298) = \\
 &= -676130 + 17,1 \times 202 = -672676 \text{ Дж/моль} = -672,676 \text{ кДж/моль}.
 \end{aligned}$$

**Задача 6.** Значение стандартной энергии Гиббса  $\Delta G_r^0$  реакции



равно  $-3,434$  кДж/моль. Вычислите константы равновесия  $K_p$  и  $K_c$ . Каков будет состав равновесной реакционной смеси, если в реакцию введены 1 моль кислоты и 2 моля спирта?

**Решение:** Воспользуемся соотношением  $\Delta G_r^0 = -RT \ln K_p$ , из которого получаем

$$\ln K_p = - \frac{\Delta G_r^0}{RT} = - \frac{-3,434}{8,314 \times 10^{-3} \times 298} = 1,386$$

и значит  $K_p = e^{1,386} = 3,9989 \approx 4$ .

$$K_c = K_p (RT)^{-\Delta n}, \text{ а так как } \Delta n = 2 - 2 = 0, \text{ то } K_c = K_p = 4.$$

Для того, чтобы ответить на вопрос о составе равновесной реакционной смеси, необходимо в общем виде проанализировать начальный и равновесный состав реакционной смеси:

	$\text{CH}_3\text{COOH}$	$+$	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	$=$	$\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$	$+$	$\text{H}_2\text{O}$
Исходный состав, моль	1		2		0		0
Равновесный состав, моль	$1-x$		$2-x$		$x$		$x$

Выразим константу равновесия через равновесные количества молей веществ:

$$K_c = \frac{x \cdot x}{(1-x)(2-x)} = 4$$

и решим уравнение относительно  $x$ :

$$x^2 = (1-x)(2-x) = 4; \quad x^2 = (2-3x+x^2) = 4; \quad x^2 = 8 - 12x + 4x^2; \quad 3x^2 - 12x + 8 = 0$$

$D = \sqrt{144 - 96} = 6,928$ ; и значит

$$x_1 = \frac{12 + 6,928}{6} = 3,15 \text{ моля}; \quad x_2 = \frac{12 - 6,928}{6} = 0,845 \text{ моля}.$$

значение  $= 3,15$  мол. $x_1$  не имеет физического смысла (так как из 2 молей спирта нельзя получить 3 моля этилацетата) и отбрасывается. Таким образом, состав реакционной смеси при равновесии будет следующим:

уксусной кислоты:  $1 - 0,845 = 0,155$  моля,

спирта:  $2 - 0,845 = 1,155$  моля,  
 этилацетата:  $0,845$  моля,  
 воды:  $0,845$  моля.

**Задача 7.** Выразите известным вам способом концентрацию раствора 10 г NaCl в 100 мл (г) воды. В качестве способов выражения концентрации используйте:

- 1) молярную весовую концентрацию (моляльность);
- 2) молярную объемную концентрацию (молярность);
- 3) нормальность (молярную концентрацию эквивалента);
- 4) моляльную (молярную) долю;
- 5) титр;
- 6) весовой процент;
- 7) число граммов растворенного вещества на 100 г растворителя (коэффициент растворимости при данных условиях).

**Решение:**

Обозначение	Название и определение
$C_m$	Молярная весовая концентрация (моляльность) - число молей растворенного вещества, приходящееся на 1000 г растворителя.
$C_M$	Молярная объемная концентрация (молярность) - число молей растворенного вещества, содержащееся в 1 литре раствора.
$C_N(N)$	Нормальность - число грамм-эквивалентов растворенного вещества, содержащееся в 1 литре раствора.
$N$	Молярная (или молярная) доля - число молей растворенного вещества, приходящееся на 1 моль раствора.
$T$	Титр - число граммов растворенного вещества, содержащееся в 1 мл раствора.
$P$	Весовой процент - число граммов растворенного вещества, содержащееся в 100 г раствора.
$A$	Число граммов растворенного вещества, приходящееся на 100 г растворителя.

Если обозначить:

$\mathcal{E}$  - эквивалентный вес растворенного вещества;  
 $M$  - молекулярный вес растворенного вещества;  
 $M_p$  - молекулярный вес растворителя;  
 $n$  - число грамм-эквивалентов в 1 моль растворенного вещества;  
 $\rho$  - плотность раствора, то:

$$n_{NaCl} = m_{NaCl} / M_{NaCl} = 10 / 23 + 35,5 = 0,17 \text{ моля};$$

$$n_{NaCl} \cdot m'_{H_2O} (1000 \text{ г}) = 0,17 \cdot 1000$$

$$1) C_m = \frac{n_{NaCl} \cdot m'_{H_2O} (1000 \text{ г})}{m_{H_2O}} = \frac{0,17 \cdot 1000}{100} = 1,7 \text{ моль}/1000 \text{ г};$$

$$2) C_M = \frac{n_{NaCl} \cdot 1000 \text{ мл}}{100 \text{ мл} (V_{H_2O})} = \frac{0,17 \cdot 1000}{100} = 1,7 \text{ моль}/\text{л}$$

$$3) C_N = \frac{T \cdot 1000}{\mathcal{E}} = ; C_N = 1,7 \text{ г экв}/\text{л}$$

также возможен расчет нормальности раствора по следующей формуле:

$$C_N = \frac{m_X}{\mathcal{E} \cdot 100}, \text{ где}$$

$m$  - масса, г;  $X$  - массовая доля, %;  $\mathcal{E}$  - эквивалентная масса, г/г-экв.

$$n_{NaCl} \cdot n'_{H_2O} (1 \text{ моль}) = 0,17 \cdot 1$$

$$4) N = \frac{n_{\text{p-ра}}}{5+0.17} = \frac{n_{\text{NaCl}} + n_{\text{H}_2\text{O}}}{5+0.17}; N = 0,033$$

$$5) T = \frac{m_{\text{NaCl}} \cdot V_{\text{H}_2\text{O}} (1 \text{ мл})}{V_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{10 \cdot 1}{100}; T = 0,1 \text{ г/мл}$$

$$6) P = \frac{m_{\text{NaCl}}}{m_{\text{H}_2\text{O}} + m_{\text{NaCl}}} = \frac{10}{100+10}; P = 9,09 \%$$

$$7) A = m_{\text{NaCl}} / m'_{\text{H}_2\text{O}}; A = 0,1 \text{ г/100 г воды}$$

**Задача 8.** В 100 г воды растворено 1,53 г глицерина. Давление пара воды при 298К равно 3167,2 Н/м<sup>2</sup>. Вычислите: а) понижение давления пара воды над раствором; б) температуру кипения раствора; в) температуру его замерзания; г) его осмотическое давление.

**Решение:**

а) В соответствии с законом Рауля относительное понижение давления равновесного с раствором пара равно:

$$\frac{p^0 - p}{p^0 p^0} = \frac{\Delta p}{p^0 p^0} = X_{\text{гл}},$$

где  $X_{\text{гл}}$  – мольная доля глицерина в растворе.

$X_{\text{гл}} = n_{\text{гл}} / (n_{\text{гл}} + n_{\text{воды}})$ , где  $n$  – количество вещества (моль).

$$n_{\text{воды}} = 100/18 = 5,555 \text{ моль}; n_{\text{гл}} = 1,53/92 = 0,017 \text{ моль};$$

$$\text{Значит, } X_{\text{гл}} = 0,017 / (0,017 + 5,555) = 0,003,$$

$$\text{и тогда } \Delta p / 3167,2 = 0,03; \Delta P = 95,02 \text{ Па.}$$

б) Повышение температуры кипения раствора неэлектролита можно вычислить по эбуллиоскопической формуле:

$$\Delta T_{\text{кип}} = \frac{K_3 m}{M a},$$

где  $K_3$  – эбуллиоскопическая константа растворителя (для воды она равна 0,52);  $m$  – масса растворенного вещества в граммах;  $M$  – его молярная масса;  $a$  – масса растворителя в граммах. Отсюда

$$\Delta T_{\text{кип}} = \frac{0,52 \times 1,53 \times 1000}{92 \times 100} = 0,086^\circ.$$

Следовательно, температура кипения раствора будет равна 100,086<sup>0</sup>С.

в) Понижение (депрессия) температуры замерзания раствора рассчитывается по криоскопической формуле:

$$\Delta T_{\text{зам}} = \frac{K_k m}{M a},$$

где  $K_k$  – криоскопическая константа растворителя (для воды 1,86):

$$\Delta T_{\text{зам}} = \frac{1,86 \cdot 1,53 \cdot 1000}{92 \cdot 100} = 0,309^\circ$$

Следовательно, раствор будет замерзать при –0,309<sup>0</sup>С.

г) в соответствии с законом Вант–Гоффа осмотическое давление в растворах неэлектролитов можно рассчитать по уравнению

$$\pi = CRT,$$

где  $C$  – молярная концентрация раствора.

При пересчете в систему СИ концентрация должна быть выражена в моль/м<sup>3</sup>. Считая плотность раствора равной плотности воды, получим:

$$C = \frac{1,53 \cdot 1000}{90 \cdot 100} = 0,17 \text{ моль/л} = 0,17 \times 10^3 \text{ моль/м}^3.$$

Тогда

$$\pi = 0,17 \times 10^3 \cdot 8,314 \cdot 298 = 421187,2 \text{ Па} (\approx 4,2 \text{ атм}).$$

### **Задача 9.**

Рассчитайте осмотическое давление водного раствора хлорида кальция с концентрацией 0,05 моль/л при температуре 37<sup>0</sup>С. Степень диссоциации (ионизации) CaCl<sub>2</sub> равна 97%. Каким этот раствор является по отношению к плазме крови: гипо-, гипер- или изотоническим ?

### **Решение:**

Осмотическое давление растворов электролитов рассчитывается по уравнению Вант - Гоффа:

$$\pi_{\text{осм}} = iCRT,$$

где  $i$  - изотонический коэффициент Вант – Гоффа

$C$  – концентрация раствора ( моль/л, моль/м<sup>3</sup> )

$R$  – универсальная газовая постоянная

$T$  – температура, К

Расчет  $i$ :  $i = 1 + \alpha(v - 1)$ ,

где  $\alpha$  - кажущаяся степень диссоциации электролита

$v$  - число частиц (ионов), на который диссоциирует молекула

электролита  $\text{CaCl}_2 \leftrightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{Cl}^-$

$$(v = 3); \quad i = 1 + 0,97(3 - 1) = 1 + 1,94 = 2,94$$

$$\pi_{\text{осм}} = iCRT = 2,94 \cdot 0,05 \cdot 0,082 \cdot 310 = 3,74 \text{ атм.}$$

$$\text{или: } \pi_{\text{осм}} = 2,94 \cdot 0,05 \cdot 10^3 \cdot 8,314 \cdot 310 = 378868,98 \text{ Па}$$

т.к.  $\pi_{\text{осм р. CaCl}_2} = 3,74 \text{ атм} < \pi_{\text{осм плазмы крови}} (7,6 \text{ атм})$

Следовательно этот раствор гипотонический.

**Задача 10.** Рассчитайте количество водяного пара, необходимого для перегонки 10 кг анилина, если смесь анилина с водой при атмосферном давлении кипит при 98,4<sup>0</sup>С. При этой температуре давление водяного пара равно 94605 Па.

**Решение.** Коэффициент расхода пара  $m_b/m_a$  при перегонке с водяным паром рассчитывается по уравнению:

$$\frac{m_b p_b M_b}{m_a p_a M_a} = \dots,$$

где  $m_b$  и  $m_a$  – массы воды и анилина,  $M_b$  и  $M_a$  – молярные массы воды и анилина;  $p_b$  и  $p_a$  – парциальные давления паров воды и анилина при температуре перегонки.

$p_a$  находится с помощью закона Дальтона как разность между нормальным атмосферным давлением и  $p_b$ :

$$p_a = 101325 \text{ Па} - 94605 \text{ Па} = 6720 \text{ Па.}$$

Отсюда:

$$\frac{m_b 94605 \cdot 18}{m_a 6720 \cdot 931} = \frac{2,72}{1} = 2,72$$

Следовательно, для перегонки 1 кг анилина требуется 2,72 кг водяного пара, а для 10 кг анилина его понадобится 27,2 кг.

**Задача 11.** Раствор, содержащий 0,8718 моль/л тростникового сахара, при  $T = 291\text{K}$ , изотоничен с раствором хлорида натрия, содержащим 0,5 моль/л  $\text{NaCl}$ . Рассчитайте: а) изотонический и осмотический коэффициенты для хлорида натрия; б) кажущуюся степень его диссоциации.

**Решение:**

а) Для раствора сахара осмотическое давление рассчитывается по уравнению Вант-Гоффа для неэлектролитов:  $\pi_1 = C_1RT$ ; а для раствора  $\text{NaCl}$  по уравнению для электролитов:  $\pi_2 = iC_2RT$ , где  $i$  – изотонический коэффициент. Так как осмотические давления растворов равны, т.е.  $\pi_1 = \pi_2$ , и значит  $C_1RT = iC_2RT$ .

$$\text{Отсюда } i = C_1/C_2 = 0,8718/0,5 = 1,7436.$$

По величине изотонического коэффициента рассчитываем осмотический коэффициент  $g$ :

$$g = i/v = 1,7436/2 = 0,8718,$$

где  $v$  – число ионов, образующихся при диссоциации одной молекулы.

б) Кажущуюся степень диссоциации  $\alpha$  вычисляем с помощью уравнения, связывающего ее с изотоническим коэффициентом:

$$i = 1 + \alpha(v - 1);$$

$$\text{Отсюда } \alpha = (i - 1)/(v - 1) = (1,7436 - 1)/(2 - 1) = 0,7436.$$

**Задача 12.** Для предотвращения частичного разложения лекарственного препарата в кипящем водном растворе при отгонке воды необходимо понизить температуру кипения на  $20^\circ$ . Вычислите, какое давление при этом надо поддерживать в перегонном аппарате. Теплота испарения воды  $40660 \text{ Дж/моль}$ .

**Решение:** Используем для расчета уравнение Клапейрона–Клаузиуса:

$$\ln \frac{p_2 \Delta H_{\text{исп.}}}{p_1 R T_1 \cdot T_2} = \frac{(T_2 - T_1)}{\dots}$$

Считая, что температура кипения раствора  $T_2$  при нормальном атмосферном давлении  $p_2 = 101325 \text{ Па}$  равна  $100^\circ\text{C}$  ( $373\text{K}$ ), подставим значения:

$$\ln \frac{101325 \cdot 40660 (373 - 353)}{p_1 \cdot 8,314 \cdot 353 \cdot 373} = \dots = 0,7428.$$

отсюда  $\ln p_1 = \ln 101325 - 0,7428 = 11,5261 - 0,7428 = 10,7832$ ,

и значит, требуемое давление  $p_1 = e^{10,7832} = 48204 \text{ Па}$  ( $0,47 \text{ атм.}$ ).

**Задача 13.** Рассчитайте объемы  $0,1 \text{ M}$  растворов уксусной кислоты и ацетата натрия, необходимые для приготовления  $20 \text{ мл}$  ацетатного буферного раствора с  $\text{pH} = 4$ .

**Решение.** Так как концентрации растворов одинаковы, расчет ведется по уравнению:

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \lg \frac{V_{\text{с.о.}} \cdot C_{\text{с.о.}}}{V_{\text{с.к.}} \cdot C_{\text{с.к.}}},$$

где  $\text{pK}_a$  – показатель кислотности уксусной кислоты, равный  $4,74$ ;

$V_{\text{с.о.}}$  и  $V_{\text{с.к.}}$  – соответственно объемы растворов сопряженных основания и кислоты. Отсюда при  $C_{\text{с.к.}} = C_{\text{с.о.}}$ :

$$\lg V_{\text{с.о.}}/V_{\text{с.к.}} = \text{pH} - \text{pK}_a = 4 - 4,74 = -0,74; V_{\text{с.о.}}/V_{\text{с.к.}} = 10^{-0,74} = 0,18.$$

Принимая  $V_{\text{с.о.}} = 20 - V_{\text{с.к.}}$ , получим  $(20 - V_{\text{с.к.}})/V_{\text{с.к.}} = 0,18$ ;

откуда объем раствора уксусной кислоты  $V_{\text{с.к.}} = 16,95 \text{ мл}$ , и объем раствора ацетата натрия  $V_{\text{с.о.}} = 20 - 16,95 = 3,05 \text{ мл}$ .

**Задача 14.** Из  $1 \text{ л}$  водного раствора, содержащего  $1 \text{ г}$  иода, иод экстрагируют сероуглеродом. Коэффициент распределения иода между водой и сероуглеродом равен  $0,0017$ . Рассчитайте:

а) массу иода, оставшегося в водном растворе после одной операции экстрагирования объемом  $40 \text{ мл}$  экстрагента;



- б) массу иода, оставшегося в водном растворе после 4-х кратного экстрагирования порциями по 10 мл сероуглерода;
- в) массу иода, которая извлечется сероуглеродом в случаях (а) и (б);
- г) степень извлечения иода в случаях (а) и (б);
- д) число операций экстрагирования порциями по 10 мл сероуглерода, необходимых, чтобы извлечь из водного раствора 97% иода.

**Решение.**

а) Воспользуемся уравнением для однократной экстракции:

$$m_1 = m_0 \frac{KV_1}{KV_1 + V_2} = \frac{1 \cdot 0,0017 \cdot 1000}{0,0017 \cdot 1000 + 10} = 0,041 \text{ г,}$$

- где К – коэффициент распределения растворенного вещества;
- $m_0$  – масса иода (г) в исходном водном растворе;
- $m_1$  – масса иода, оставшегося в водном растворе (рафинате) после однократной операции экстрагирования;
- $V_1$  – объем исходного водного раствора (мл);
- $V_2$  – объем экстрагента (мл) в одной операции экстрагирования.

б) В случае многократной экстракции в рафинате остается

$$m = m_0 \left[ \frac{KV_{in}}{KV_{in} + V_2} \right]^n = 1 \cdot \left[ \frac{0,0017 \cdot 1000}{0,0017 \cdot 1000 + 10} \right]^4 = 0,00044 \text{ г,}$$

где n – число операций экстрагирования.

в) Перейдет в экстракт при четырехкратном экстрагировании

$$m_3 = m_0 - m = 1 - 0,00044 = 0,99956 \text{ г.}$$

Массу экстрагированного вещества можно рассчитать и с помощью другого уравнения:

г) Степень извлечения вычислим как отношение массы иода, перешедшего в экстракт, к массе его в исходном водном растворе. В первом случае:

$$m = m_0 \left[ 1 - \frac{KV_1}{KV_1 + V_2} \right]^n = 1 \cdot \left[ 1 - \frac{0,0017 \cdot 1000}{0,0017 \cdot 1000 + 10} \right]^4 = 0,99956 \text{ г}$$

$$\alpha_1 = (1 - 0,041)/1 = 0,959 \text{ или } 95\%;$$

во втором случае:

$$\alpha_2 = 0,99956/1 = 0,99956 \text{ или } 99,956\%.$$

д) Число экстракций для достижения заданной степени извлечения при  $V_2=10$  мл, найдем с помощью уравнения, использованного в п. (в):

$$\alpha = \frac{m_3}{m_0} = 1 - \left( \frac{KV_1}{KV_1 + V_2} \right)^n; \quad 0,97 = 1 - 0,145^n; \quad 0,03 = 0,145^n.$$

Отсюда

$$\lg 0,03 = n \lg 0,145; \quad n = \lg 0,03 / \lg 0,145 = (-1,5229 / -0,8386) = 1,82.$$

Т.е. число экстракций равно двум ( $1,82 \approx 2$ ).

**Задача 15.** Вычислить давление, необходимое для понижения температуры замерзания воды на  $1^\circ$ , и температуру, при которой будет плавиться лед при повышении давления на 1 атм. При  $0^\circ\text{C}$  удельная теплота плавления льда равна  $333,5 \times 10^3$  Дж/кг, плотность воды  $0,9998 \times 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, плотность льда  $0,9168 \times 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.

**Решение:** Используем уравнение Клапейрона для фазовых превращений в однокомпонентных системах:

$$\frac{\Delta p L}{\Delta T} = \frac{L}{T \Delta V}$$

где  $\Delta p/\Delta T$  – изменение давления фазового превращения при изменении температуры на 1 градус;  $L$  – удельная теплота фазового превращения при температуре  $T$ ;  $\Delta V = (V_{ж} - V_{тв})$  – изменение удельного объема при фазовом переходе.

Удельные объемы – величины обратные плотности, следовательно:

$$V_{ж} = 1/9,998 \times 10^2 = 1,0002 \times 10^{-3} \text{ м}^3/\text{кг};$$

$$V_{тв} = 1/9,168 \times 10^2 = 1,0908 \times 10^{-3} \text{ м}^3/\text{кг};$$

$$\text{и } \Delta V = 1,0002 \times 10^{-3} - 1,0908 \times 10^{-3} = -9,06 \times 10^{-5} \text{ м}^3/\text{кг};$$

$$\frac{\Delta p}{\Delta T} = \frac{333,5 \times 10^3}{273(-9,06 \times 10^{-5})} = -134,8 \times 10^5 \text{ Па/К}$$

Знак «минус» указывает на то, что для уменьшения температуры кристаллизации воды (или плавления льда) давление должно быть повышено. Следовательно, для понижения температуры замерзания воды на 1°C необходимо давление повысить на  $134,8 \times 10^5$  Па (или 133 атм), т.е. довести его до 134 атм.

Изменение температуры фазового перехода при изменении давления на единицу найдем с помощью преобразования уравнения:

$$\frac{\Delta T}{\Delta P} = \frac{1}{-134,8 \times 10^5} = -0,0074 \times 10^{-5} \text{ К/Па};$$

$$\frac{\Delta T}{\Delta P} = \frac{1}{-133} = -0,0075 \text{ К/атм};$$

Следовательно, при повышении давления на 1 атм температура плавления льда уменьшается на 0,0075К и становится равной  $-0,0075^\circ\text{C}$ .

**Задача 16.** Удельная электрическая проводимость 0,175 М раствора аммиака равна  $4,76 \times 10^{-4} \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$ . Подвижность ионов  $\text{NH}_4^+$  и  $\text{OH}^-$  при 25°C соответственно равны 73,5 и 198,3  $\text{Ом}^{-1} \text{ см}^2 \text{ моль}^{-1}$ . Рассчитайте молярную проводимость, степень и константу ионизации аммиака, его  $pK_b$ , концентрацию ионов водорода в растворе и его pH.

**Решение:** Удельная  $\kappa$  и молярная  $\lambda$  электрические проводимости связаны между собой соотношением

$$\kappa = \lambda \cdot C$$

где  $C$  – концентрация в моль/л, 1000 – пересчетный коэффициент из литров в  $\text{см}^3$ .

Рассчитываем  $\lambda$ :

$$\lambda = \frac{4,76 \times 10^{-4} \cdot 1000}{0,175} = 2,72 \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^2 \text{ моль}^{-1}$$

Степень ионизации  $\alpha$  можно вычислить с помощью отношения  $\alpha = \lambda/\lambda_\infty$ , где  $\lambda_\infty$  – молярная проводимость при бесконечном разведении, которая рассчитывается по закону Кольрауша:  $\lambda_\infty = \lambda_+ + \lambda_-$  ( $\lambda_+$  и  $\lambda_-$  – подвижности ионов):

$$\lambda_\infty = 73,5 + 198,3 = 271,8 \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^2 \text{ моль}^{-1}$$

Отсюда  $\alpha = 2,72/271,8 = 0,01$ .

В соответствии с законом разведения Оствальда  $K = \alpha^2 C / (1 - \alpha)$ , где  $K$  – константа ионизации электролита (в данном случае  $K = K_b$

аммиака);

C – концентрация, выраженная в моль/л.

Находим  $K_b$ :  $K_b = 0,012 \cdot 0,175 / (1 - 0,01) = 1,77 \times 10^{-5}$ ,

отсюда  $pK_b = -\lg K_b = 4,752$ .

Концентрация ионов  $\text{OH}^-$  в растворе будет равна  $\alpha C$ :

$C_{\text{OH}^-} = 0,01 \cdot 0,175 = 0,00175$  моль/л.

Отсюда  $p\text{OH} = -\lg 0,00175 = 2,76$  и, значит,  $p\text{H} = 14 - 2,76 = 11,24$ .

**Задача 17.** Написать формулу гальванического элемента, состоящего из медного электрода, погруженного в раствор сульфата меди с активностью 0,01 М и цинкового электрода, погруженного в раствор хлорида цинка с активностью 0,02 М.

**Решение:** Опорным при составлении формулы гальванического элемента является электрохимический ряд напряжений металлов, приведенный ниже:

Электрохимический ряд напряжений металлов

Li K BaCa NaMgAlMnCrZnFeCoSnPb H<sub>2</sub> CuHgAgAu

**Ослабление восстановительных свойств (активности) слева направо**

Формула начинается со знака минус в круглых скобках, затем указывается металл, находящийся слева в ряду напряжений, в нулевой степени окисления. Ставится вертикальная черта, имеющая значение границы раздела между металлом и ионосодержащим раствором. За ней указывается активный ион. Далее следует вертикальная двойная черта, обозначающая границу между двумя полуэлементами и показывающая, что диффузный потенциал устранен. За двойной чертой (в зеркальном порядке) указывается активный ион второго полуэлемента и, через одинарную вертикальную черту, металл в нулевой степени окисления, находящийся в электрохимическом ряду справа. За ним следует знак «плюс» в круглых скобках. Под каждым из активных ионов подписывается соответствующая ему активность из условия задачи. Конечный результат должен выглядеть следующим образом:

(-)  $\text{Zn}^0 | \text{Zn}^{2+} || \text{Cu}^{2+} | \text{Cu}^0$  (+)

**0,02M 0,01M**

Примечание: вместо активного иона позволительно указывать также и полную брутто формулу соли, в раствор которой погружен соответствующий электрод.

**Задача 18.** Рассчитайте электродные потенциалы, ЭДС гальванического элемента  $(-)\text{Zn}|\text{ZnSO}_4$  ( $c=0,5\text{M}$ ) $||\text{CuSO}_4$  ( $c=1\text{M}$ ) $|\text{Cu}(+)$ , изменение энергии Гиббса  $\Delta G^0$  и константу равновесия реакции, протекающей в нем при замыкании цепи ( $T=25^0\text{C}$ ).

**Решение:** Потенциалы электродов вычислим с помощью уравнения Нернста:

$$E_{\text{Me}^{n+}/\text{Me}} = E_{\text{Me}^{n+}/\text{Me}}^0 - \frac{RT}{nF} \ln a_{\text{Me}^{n+}} = E_{\text{Me}^{n+}/\text{Me}}^0 - \frac{0,059}{n} \lg a_{\text{Me}^{n+}},$$

где  $E_{\text{Me}^{n+}/\text{Me}}^0$  – стандартный электродный потенциал (см. Приложение);  $a_{\text{Me}^{n+}}$  – активность соответствующих ионов в растворе;  $n$  – число электронов, участвующих в электродной реакции;  $F$  – число Фарадея (96500 Кл).

Для расчета активности  $a = \gamma C$  находим в справочнике коэффициенты активности  $\gamma$  солей и подставляем их значения:

$a_{\text{Cu}^{2+}} = 0,043 \times 1 = 0,043$  моль/л;  $a_{\text{Zn}^{2+}} = 0,063 \times 0,5 = 0,0315$  моль/л.

Отсюда

$E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} = +0,337 + (0,059/2) \lg 0,043 = +0,297$  В;

$E_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}} = -0,763 + (0,059/2) \lg 0,0315 = -0,807$  В.

И, значит, электродвижущая сила равна

$E = E_+ - E_- = +0,297 - (-0,807) = 1,104$  В.

Между  $\Delta G^0$  реакции, протекающей в гальваническом элементе, и стандартной ЭДС существует связь, выражаемая уравнением:  $\Delta G^0 = -nFE^0$ .

Стандартная ЭДС рассчитывается как разность стандартных электродных потенциалов:  $E^0 = E_+^0 - E_-^0$ . Значит

$E^0 = +0,337 - (-0,763) = 1,100$  В,

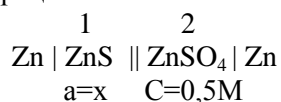
и  $\Delta G^0 = -2 \cdot 96500 \cdot 1,100 = -212300$  Дж/моль.

Константа равновесия реакции ( $K_a = K_p$ ) находится с помощью уравнения

$$\Delta G^0 = -RT \ln K_p,$$

$$\text{откуда } \ln K_a = \ln K_p = -\Delta G^0/RT = -(-212300)/[8,314 \cdot (25+273)] = 85,6887 \text{ и } K_a = K_p = e^{85,6887} = 1,64 \times 10^{37}.$$

**Задача 19.** Рассчитать растворимость и произведение растворимости сульфида цинка при 25°C. Электродвижущая сила концентрационного гальванического элемента



равна 0,276 В.

**Решение:** ЭДС данного концентрационного элемента определяется уравнением:

$$E = \frac{0,059}{n} \lg \frac{a_{\text{Zn}^{2+}, (2)}}{a_{\text{Zn}^{2+}, (1)}}.$$

Примем, что  $a_{\text{Zn}^{2+}, (1)}$  – концентрация (активность) ионов цинка в насыщенном растворе ZnS, равная  $x$ . Тогда  $a_{\text{Zn}^{2+}, (2)} = \gamma C = 0,063 \times 0,5 = 0,0315$  (см. предыдущую задачу).

Отсюда

$$\lg \frac{a_{\text{Zn}^{2+}, (2)}}{x} = \frac{nE}{0,059} = \frac{0,276 \cdot 2}{0,059} = 9,3559;$$

$$\frac{a_{\text{Zn}^{2+}, (2)}}{x} = 10^{9,3559} = 2,2693 \times 10^9;$$

и далее:  $x = a_{\text{Zn}^{2+}, (1)} = 0,0315 / (2,2693 \times 10^9) = 1,391 \times 10^{-11}$ .

Значит, концентрация сульфида цинка в насыщенном растворе равна

$1,39 \times 10^{-11}$  моль/л, а его произведение растворимости –

$$PP = C_{\text{Zn}^{2+}} \cdot C_{\text{S}^{2-}} = x^2 = (1,39 \times 10^{-11})^2 = 1,93 \times 10^{-22}.$$

**Задача 20.** Электродвижущая сила  $E$  элемента, составленного из водородного и насыщенного каломельного электродов при 25°C равна 0,4185 В. Чему равны рН раствора, с которым контактирует водородный электрод, и активность ионов водорода в нем?

**Решение:**

$$\text{pH} = \frac{E - E_{\text{КЭ}}}{0,059};$$

(потенциал каломельного электрода берем из Приложения). Отсюда

$$\text{pH} = (0,4185 - 0,2415) / 0,059 = 3;$$

$$a_{\text{H}^+} = 10^{-\text{pH}} = 10^{-3} = 0,001 \text{ моль/л.}$$

**Задача 21.** Константа скорости омыления этилацетата гидроксидом натрия при 10°C равна 2,38 мин<sup>-1</sup>. Определить время, необходимое для омыления 90% этилацетата, если реакционная смесь получена смешением 1 л 0,05 н. раствора этилацетата с:

1) 1 л 0,05 н. раствора NaOH; 2) 1 л 0,1 н. раствора NaOH.

**Решение:**

1) Реакция омыления этилацетата в щелочной среде является реакцией второго порядка. В случае равенства концентраций эфира и щелочи воспользуемся уравнением:

$$k = \frac{1}{t_1} \frac{x}{a(a-x)}, \text{ отсюда } t_1 = \frac{1}{ka} \frac{x}{a-x},$$

где  $a$  – исходное количество молей;  $x$  – количество прореагировавшего вещества к моменту времени  $t$ .

Общий объем смеси 2 л, поэтому концентрация веществ вследствие разбавления уменьшится в два раза и значит,

$$a = 0,025 \text{ моль/л}, \quad x = 0,025 \cdot 0,9 = 0,0225 \text{ моль/л}.$$

Отсюда

$$t_1 = \frac{1}{2,38} \ln \frac{0,0225}{0,025(0,025-0,0225)} = 151,2 \text{ мин}.$$

2. Во втором случае концентрации эфира и щелочи не одинаковы, поэтому необходимо использовать уравнение:

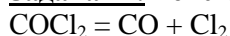
$$k = \frac{1}{t_2(a-b)} \ln \frac{b(a-x)}{a(b-x)}$$

Если  $a$  – начальная концентрация этилацетата, а  $b$  – начальная концентрация щелочи, то  $a = 0,1/2 = 0,05$  моль/л;  $b = 0,05/2 = 0,025$  моль/л;  $x = 0,025 \cdot 0,9 = 0,0225$  моль/л.

Решаем уравнение относительно  $t_2$ :

$$t_2 = \frac{1}{2,38(0,05-0,025)} \ln \frac{0,025(0,05-0,0225)}{0,05(0,025-0,0225)} = 28,65 \text{ мин}$$

**Задача 22.** Константа скорости диссоциации фосгена



при температуре  $382^\circ\text{C}$  равна  $0,5 \times 10^{-2} \text{ мин}^{-1}$ , а при температуре  $482^\circ\text{C}$  –  $67,6 \times 10^{-2} \text{ мин}^{-1}$ . Рассчитать: а) энергию активации реакции;

б) константу скорости реакции при температуре  $425^\circ\text{C}$ ; в) количество фосгена, которое разложится при температуре  $382^\circ\text{C}$  за 100 минут после начала реакции, если начальное содержание его составляло 1 моль/л.

**Решение:**

а) Расчет энергии активации  $E^*$  ведем по уравнению:

$$E^* = \frac{T_1 T_2 R k_2}{T_2 - T_1 k_1} \ln \frac{k_2}{k_1},$$

где:  $k_1$  и  $k_2$  – константы скорости реакции соответственно при температурах  $T_1$  и  $T_2$ . Подставляем значения:

$$E^* = \frac{655 \cdot 755 \cdot 8,314}{755 - 655} \ln \frac{67,6 \times 10^{-2}}{0,5 \times 10^{-2}} = 201740,3 \text{ Дж/моль} \approx 201,7 \text{ кДж/моль}$$

б) Для расчета константы скорости реакции при  $425^\circ\text{C}$  воспользуемся тем же уравнением и найденным значением  $E^*$ .

$$\ln \frac{k_3 e^{E^*/T_3} - T_1}{k_1 R T_3 T_1} = \dots$$

Решая это уравнение относительно  $k_3$ , получим:

$$\ln k_3 = \frac{201740}{8,314} \frac{698 - 655}{698 \times 655} + \ln 0,5 \times 10^{-2} = -3,016,$$

откуда  $k_3 = e^{-3,016} = 0,049$ .

в) Реакция диссоциации фосгена является реакцией первого порядка. Поэтому количество прореагировавшего фосгена может быть рассчитано по уравнению:

$$k = \frac{1}{t} \ln \frac{C_0}{C_0 - x}, \text{ где}$$

$C_0$  – исходная концентрация вещества;  $C_0 - x$  – концентрация к моменту времени  $t$ ;  $x$  – число молей прореагировавшего вещества.

Подставляя в это уравнение значение константы скорости реакции, время от начала реакции и исходную концентрацию, решаем уравнение относительно  $x$ :

$$0,5 \times 10^{-2} = (1/100) \ln [1/(1-x)];$$

$$\ln [1/(1-x)] = 0,5; \quad \ln(1-x) = -0,5; \quad 1-x = e^{-0,5} = 0,6$$

и, окончательно,  $x = 0,4$  моля.

Таким образом, при температуре  $382^\circ\text{C}$  за 100 минут от начала реакции концентрация фосгена уменьшится от 1 до 0,6 моль/л, так как в каждом литре разложится 0,4 моля фосгена.

**Задача 23.** Во сколько раз возрастет скорость разложения сульфацила натрия в глазных каплях при повышении температуры от  $20$  до  $80^\circ\text{C}$ ? Температурный коэффициент скорости реакции равен 2.

**Решение:**

Воспользуемся соотношением  $v_{T_2}/v_{T_1} = k_{T_2}/k_{T_1} = \gamma^{(T_2-T_1)}/10$ , где  $\gamma=2$ ,  $T_2=80^\circ\text{C}$ ;  $T_1=20^\circ\text{C}$ :

$$V_{12}/V_{11} = 2^6 = 64,$$

то есть скорость разложения возрастет в 64 раза.

**Задача 24.** Рассчитайте время разрушения аэрозольного препарата «Камфомен» на 10%, считая константу скорости разложения основного действующего вещества (фурацилина) равной  $1,2 \times 10^{-5} \text{ час}^{-1}$  при  $20^\circ\text{C}$ .

**Решение:** Считая исходное количество вещества равным 100%, и используя кинетическое уравнение для реакции 1-го порядка

$$k = \frac{1}{t} \ln \frac{a}{a-x},$$

получим:

$$t = \frac{1}{k} \ln \frac{100}{100-90} = \frac{0,1053}{1,2 \times 10^{-5}} = 8775 \text{ часов} \approx 1 \text{ год.}$$

**Задача 25.** В течение какого времени через раствор сульфата меди необходимо пропускать ток силой 1,5 А, чтобы из него 6,4 г. меди ?

**Решение:** По закону Фарадея масса выделившегося вещества при электролизе (в граммах)  $m = \frac{\mathcal{E} J t}{F}$ , где

$\mathcal{E}$  – электрохимический эквивалент вещества

$J$  – сила тока (ампер)

$t$  – время (Сек)

Кулон

$F$  – число Фарадея  $96494 \text{ К/г-эquiv}$  ( ) или  $96500 \text{ К/г-эquiv}$ .

г-эquiv

Электрохимическим эквивалентом называется количества вещества, выраженное в граммах, выделяемое 1к электричества, проходящим через электролит.

$$\mathcal{E} = \frac{A}{n}, \text{ где}$$

$A$  – атомная масса;  $n$  – валентность

$$\text{Для меди} \quad \mathcal{E} = \frac{63,54}{2} = 31,77 \text{ г/к}$$

$$mF \quad 6,4 \cdot 96500$$

$$t = \frac{\quad}{\text{ЭД} \quad 31,77 \cdot 1,5} = 12959,8 \text{ сек} = 216 \text{ мин} = 3 \text{ ч. } 36 \text{ мин.}$$

Примеры решения задач по коллоидной химии

**Задача 26.** Найти поверхностное натяжение анилина  $\sigma$ , если сталагмометрическим методом при  $20^\circ\text{C}$  получены следующие данные: число капель анилина  $n = 42$ , воды  $n_0 = 18$ . Плотность анилина  $\rho = 1,4 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$ ; поверхностное натяжение воды  $\sigma_0 = 72,75 \times 10^{-3} \text{ Н/м}$ .

**Решение:** Используем для расчета формулу:

$$\sigma = \sigma_0 \frac{n_0 \rho \quad 18 \cdot 1,4 \times 10^3}{n \rho_0 \quad 42 \cdot 1 \times 10^3} = 72,75 \times 10^{-3} \frac{\quad}{\quad} = 43,65 \times 10^{-3} \text{ Н/м.}$$

**Задача 27.** Найти поверхностное натяжение анилина, если методом наибольшего давления пузырьков получены данные: давление пузырьков при пропускании их через воду равно  $11,8 \cdot 10^2 \text{ Н/м}$ , а в анилин –  $712 \text{ Н/м}$ .

Температура  $20^\circ\text{C}$ , поверхностное натяжение воды  $\sigma_0 = 72,75 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$

**Решение:**

Используем для расчета формулу:

$$\sigma = \sigma_{\text{H}_2\text{O}} \frac{h_{\text{p-ра}} \quad 712}{h_{\text{H}_2\text{O}} \quad 11,8 \times 10^2} = 72,75 \times 10^{-3} \frac{\quad}{\quad} = 43,89 \times 10^{-3} \text{ Н/м.}$$

**Задача 28.** Используя константы уравнения Шишковского ( $a = 12,6 \times 10^{-3}$  и  $b = 21,5$ ), рассчитайте поверхностное натяжение водного раствора масляной кислоты с концентрацией  $0,104 \text{ моль/л}$  при  $273\text{K}$ . Поверхностное натяжение воды при этой температуре  $\sigma_0 = 75,62 \times 10^{-3} \text{ Н/м}$ .

**Решение:** С помощью уравнения Шишковского

$$\Delta\sigma = \sigma_0 - \sigma = a \ln(1 + bC)$$

рассчитаем поверхностное натяжение раствора  $\sigma$ :

$$\sigma = \sigma_0 - a \ln(1 + bC) = 75,62 \times 10^{-3} - 12,6 \times 10^{-3} (1 + 21,5 \times 0,104) = 60,82 \times 10^{-3} \text{ Н/м.}$$

**Задача 29.** Определите поверхностный избыток (в  $\text{кмоль/м}^2$ ) при  $10^\circ\text{C}$  для водного раствора, содержащего  $50 \text{ мг/л}$  пеларгоновой кислоты  $\text{C}_8\text{H}_{17}\text{COOH}$ . Поверхностные натяжения исследуемого раствора и воды соответственно равны  $57 \times 10^{-3} \text{ Н/м}$  и  $74,22 \times 10^{-3} \text{ Н/м}$ .

**Решение:** Используем уравнение Гиббса:

Выразим концентрацию раствора в  $\text{кмоль/м}^3$ :

$$\Gamma = \frac{\Delta\sigma \quad C}{\Delta C \quad RT}$$

$C = 0,05/158 = 3,164 \times 10^{-4} \text{ моль/л} = 3,164 \times 10^{-4} \text{ кмоль/м}^3$ , ( $158$  – молярная масса пеларгоновой кислоты). Отсюда

$$\Gamma = \frac{(57 \times 10^{-3} - 74,22 \times 10^{-3}) \cdot 3,164 \times 10^{-4}}{3,164 \times 10^{-4} - 08,314 \times 10^3 \times 283} = 7,32 \times 10^{-9} \text{ кмоль/м}^2.$$

**Задача 30.** Определите длину молекулы масляной кислоты на поверхности раздела «раствор – воздух», если площадь, занимаемая одной молекулой в поверхностном слое, равна  $30 \times 10^{-20} \text{ м}^2$ , а плотность масляной кислоты  $\rho = 978 \text{ кг/м}^3$ .

**Решение:** Длина молекулы  $l$  рассчитывается по формуле

$$l = \frac{\Gamma_{\infty} M}{\rho}$$

Учитывая, что  $S = \frac{1}{\Gamma_{\infty} N_A}$ , (где  $N_A$  – число Авогадро, равное  $6,02 \times 10^{26}$  молекул/кмоль), находим предельный поверхностный избыток:

$$\Gamma_{\infty} = \frac{1}{S N_A} = \frac{1}{30 \times 10^{-20} \times 6,02 \times 10^{26}} = 0,055 \times 10^{-7} \text{ кмоль/м}^2.$$

Тогда длина молекулы масляной кислоты ( $M=88$ ):

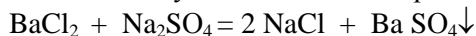
$$l = \frac{0,055 \times 10^{-7} \times 88}{978} = 4,95 \times 10^{-10} \approx 5 \times 10^{-10} \text{ м} = 5 \text{ \AA} \text{ (ангстрем).}$$

### **Задача 31.**

Напишите формулу мицеллы коллоидного раствора сульфата бария, полученного методом химической конденсации при взаимодействии  $\text{BaCl}_2$  и  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  в водной среде.

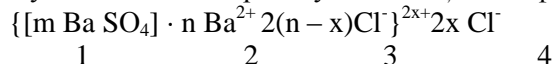
**Решение:**

В основе получения золя лежит реакция:



Условием получения золя является небольшой избыток одного из исходных реагентов,  $\text{BaCl}_2$  или  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , который будет являться стабилизатором золя.

Пусть стабилизатором будет  $\text{BaCl}_2$ , тогда формула мицеллы полученного золя:



Составные части мицеллы: 1 - агрегат

2 - потенциалопределяющие ионы

3 - противоионы адсорбционного слоя

4 - противоионы диффузного слоя

(1,2) - ядро; (1,2,3,) - гранула, заряженная частица;

(1,2,3,4,) - электронейтральная мицелла

Потенциалопределяющими ионами (от стабилизатора) становятся ионы  $\text{Ba}^{2+}$  согласно избирательной адсорбции по правилу Ф Панета и К. Фаянса: на поверхности кристаллов из раствора преимущественно адсорбируются те ионы, которые могут образовать с ионами противоположного знака, входящими в кристаллическую решетку труднорастворимое соединение или достроить кристаллическую решетку. Ионы  $\text{Cl}^-$  - выполняют роль противоионов, причем общее их количество (в адсорбционном и диффузном слоях) эквивалентно количеству потенциалопределяющих ионов:





**Задача 32.** Коллоидный раствор колларгола содержит частицы серебра с диаметром  $6 \times 10^{-8}$  см. Определите число частиц, образующихся при диспергировании  $0,5 \text{ см}^3$  серебра, удельную поверхность золя и суммарную поверхность частиц, если они имеют: а) сферическую форму с диаметром (d)  $6 \cdot 10^{-8}$  см  
б) кубическую с длиной ребра ( $\ell$ )  $10^{-6}$  см.

**Решение:** Зная радиус, можно рассчитать объем одной частицы (сферической)

$$V_{\text{ч}} = 4/3\pi r^3 = 4/3 [3,14 (3 \times 10^{-8})^3] = 113,04 \times 10^{-24} \text{ см}^3$$

$$V_{\text{куб. част.}} = \ell^3 = (10^{-6})^3 = 10^{-18} \text{ см}^3$$

Теперь определим число частиц:

$$n = V_{\text{дисп. фазы}}/V_{\text{ч}} = 0,5/113,04 \times 10^{-24} = 4,4 \times 10^{21} \text{ (сферических)}$$

$$n = V_{\text{дисп. фазы}}/V_{\text{ч}} = 0,5/10^{-18} = 0,5 \cdot 10^{18} \text{ (кубических)}$$

Удельную поверхность системы, содержащей сферические частицы, можно вычислить по формуле

$$S_{\text{уд}} = \frac{3}{r} = \frac{3}{3 \times 10^{-8}} = 10^8 \text{ см}^{-1};$$

$$S_{\text{уд. куб.}} = \frac{6}{\ell} = \frac{6}{10^{-6}} = 6 \cdot 10^6 \text{ см}^{-1}$$

Зная  $S_{\text{уд}}$  и суммарный объем частиц дисперсной фазы, найдем суммарную поверхность частиц:

$$S_{\text{сумм}} = S_{\text{уд}} V_{\text{д.ф.}} = 10^8 \times 0,5 = 5 \times 10^7 \text{ см}^2 \text{ (сферич.)}; S_{\text{куб.}} = 6 \times 10^6 \times 0,5 = 3 \times 10^6 \text{ см}^2$$

Или иначе:

$$S_{\text{сумм}} = n S_{\text{ч}} = n 4\pi r^2 = 4,4 \times 10^{21} \cdot 4 \cdot 3,14 \cdot (6 \times 10^{-8})^2 = 4,97 \times 10^7 \approx 5 \times 10^7 \text{ см}^2.$$

**Задача 33.** Рассчитайте порог коагуляции и коагулирующую способность раствора сульфата натрия по отношению к гидрозолью иодида серебра, если коагуляцию 250 мл золя вызывает сульфат натрия концентрации 0,15 моль/л объемом 50 мл.

**Решение:** Порог коагуляции выражается величиной концентрации электролита коагулятора, которая вызывает коагуляцию лиозоля. Коагуляция зольей – процесс, приводящий к агрегации частиц дисперсной фазы с последующим образованием осадка (коагеля). Обозначают порог коагуляции  $\gamma$  или СК. Размерность – ммоль/л или моль/л.

$$\gamma = \frac{C_{\text{ЭК.}} \cdot V_{\text{ЭК.}}}{V_{\text{золя}} + V_{\text{ЭК.}}}; \text{ где}$$

$C_{\text{ЭК.}}$  – концентрация электролита коагулятора

$V_{\text{ЭК.}}$  – объем электролита коагулятора

$V_{\text{золя}}$  – объем золя

Коагулирующая способность электролита (коагулирующее действие)

$$P_{\text{К}} = \frac{1}{\gamma} \text{ л/моль};$$

$$\gamma = \frac{0,15 \cdot 0,05}{0,25 + 0,05} = 0,025 \text{ моль/л};$$

$$P_{\text{К}} = \frac{1}{0,025} = 40 \text{ л/моль}$$

**Задача 34.** Рассчитайте коэффициент диффузии  $D$  и средний квадратичный сдвиг  $\Delta x$  частицы гидрозолья за время 10 секунд, если радиус частиц 50 нм, температура опыта 293К, вязкость среды  $10^{-3}$  Па·с.

**Решение:** По закону Эйнштейна–Смолуховского

$$\Delta x^2 = 2Dt,$$

где  $D$  – коэффициент диффузии, который в свою очередь можно рассчитать по уравнению Эйнштейна:

$$D = \frac{RTkT}{6\pi\eta N_A 6\pi r} = \frac{RTk}{6\pi\eta N_A r},$$

$R$  – универсальная газовая постоянная,  $8,314 \text{ Дж/моль}\cdot\text{К}$ ;

$k$  – константа Больцмана,  $k = R/N_A = 1,38 \times 10^{-23} \text{ Дж/К}$ ;

$\eta$  – вязкость среды;  $r$  – радиус частицы.

Подставляем данные:

$$D = \frac{1,38 \times 10^{-23} \cdot 293}{6 \cdot 3,14 \times 10^{-3} \cdot 50 \cdot 10^{-9}} = 4,29 \times 10^{-12} \text{ м}^2/\text{с}.$$

Отсюда

$$\Delta x = \sqrt{2Dt} = \sqrt{2 \cdot 4,29 \times 10^{-12} \cdot 10} = 9,26 \times 10^{-6} \text{ м}.$$

**Задача 35.** Протаргол содержит 0,08% коллоидного серебра. Осмотическое давление этого коллоидного раствора равно 0,08 Па при температуре  $37^\circ\text{C}$ . Рассчитайте средний диаметр сферических коллоидных частиц золя. Плотность серебра  $10,5 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$ .

**Решение:** Осмотическое давление зольей рассчитывается по уравнению:

$$\pi_{\text{осм}} = \frac{\nu RT}{N_A} = \nu kT,$$

где  $\nu$  – число частиц в единице объема;

$k$  – константа Больцмана,  $1,38 \times 10^{-23} \text{ Дж/К}$ .

Так как  $\nu$  равно отношению массы дисперсной фазы к массе одной частицы:  $\nu = m_{\text{д.ф.}}/m_{\text{ч}}$ ,

$$r = \sqrt{\frac{3 m_{\text{д.ф.}} kT}{4 \pi_{\text{осм}} \rho \pi}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 0,8 \cdot 1,38 \times 10^{-23} \cdot 310}{4 \cdot 0,08 \cdot 10,5 \times 10^3 \cdot 3,14}} = 0,99 \times 10^{-8} \text{ м}.$$

а масса частицы находится через ее плотность и радиус:  $m_{\text{ч}} = 4\pi r^3/3\rho$ , то, зная осмотическое давление, можно рассчитать средний радиус частицы:

$$\text{Отсюда: } d = 2 \cdot 0,99 \times 10^{-8} = 1,98 \times 10^{-8} \text{ м}.$$

### **Задача 36.**

Определить вязкость касторового масла, если через трубку длиной 0,6 м и диаметром 0,001 м оно протекает со скоростью  $2,04 \cdot 10^{-10} \text{ м}^3/\text{с}$  при разности давлений 100 Па.

**Решение:** Воспользуемся уравнением Пуазейля:

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{\pi \cdot r^4 \cdot \Delta P}{8 \cdot \eta \cdot \ell}$$

$Q$  – объемная скорость течения жидкости, равная отношению объема жидкости  $V$  ко времени течения его по капилляру длиной  $\ell$  и радиусом  $r$  под давлением  $P$ ,  $\eta$  – динамическая вязкость жидкости.

Преобразуем уравнение для нахождения вязкости жидкости и решим его подставляя значения в системе СИ:

$$\eta = \frac{\pi \cdot r^4 \cdot \Delta P}{8 \cdot Q \cdot \ell} = \frac{3,14 \cdot 0,0005^4 \cdot 100}{8 \cdot 2,04 \cdot 10^{-10} \cdot 0,6}$$

$$\eta = \frac{20,04 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}}{8 \cdot 2,04 \cdot 10^{-10} \cdot 0,6} = 20,04 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$$

8. Q .l

**Задача 37.** Рассчитайте вязкость гидрозоля AgCl с концентрацией дисперсной фазы: а) 10% по массе и б) 10% по объему. Частицы золя имеют сферическую форму; плотности дисперсной фазы и дисперсионной среды соответственно равны 5,56 и 1 г/см<sup>3</sup>; вязкость дисперсионной среды  $\eta_0 = 10^{-3}$  Па·с.

**Решение:** Найдем вязкость, используя уравнение Эйнштейна:

$$\eta = \eta_0(1 + 2,5\varphi),$$

где  $\varphi$  – объемная доля дисперсной фазы;  $\varphi = V_{\text{д.ф.}}/V_{\text{золь}}$ .

а) Для расчета  $\varphi$  примем массу золя, равной 100 г, тогда масса дисперсной фазы равна 10 г, а масса дисперсионной среды – 90 г. Отсюда

$$\varphi_1 = \frac{10/5,56}{10/5,56 + 90/1} = 0,0196;$$

$$\text{и } \eta_1 = 10^{-3}(1 + 2,5 \cdot 0,0196) = 1,05 \times 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}.$$

б) В этом случае для расчета осмотического давления достаточно преобразовать значение  $\varphi$ :  $\varphi_2 = 10\% = 0,1$ ; и значит

$$\eta_2 = 10^{-3}(1 + 2,5 \cdot 0,1) = 1,25 \times 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}.$$

**Задача 38.** Рассчитайте время оседания частиц суспензий бентонита в цилиндре с высоты 0,1 м. Вязкость среды  $2 \cdot 10^{-3}$  Па·с, радиус частицы  $14 \cdot 10^{-6}$  м, плотность бентонита  $2,1 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, плотность жидкости  $1,1 \cdot 10^3$  кг/м.

**Решение:**

Для расчета времени оседания воспользуемся формулой  $U = \frac{h}{t}$ , где

$h$  - высота столба суспензии;  $t$  - время оседания частицы;

$U$  - скорость оседания рассчитывается по уравнению Стокса:

$$U = \frac{2r^2(\rho - \rho_0)g}{9\eta}, \text{ где}$$

$r$  - радиус частицы;  $\rho$ ;  $\rho_0$  - плотности вещества и среды;

$g$  - ускорение свободного падения;  $\eta$  - вязкость среды

$$U = \frac{2(14 \cdot 10^{-6})^2 \cdot (2,1 \cdot 10^3 - 1,1 \cdot 10^3) \cdot 9,81}{9 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} = 2,1364 \cdot 10^{-4} \text{ м/сек.}$$

Тогда время оседания частицы равно

$$t = \frac{h}{U} = \frac{0,1}{2,1364 \cdot 10^{-4}} = 468,1 \text{ сек.} = 7,8 \text{ мин.}$$

**Задача 39.** Сравните интенсивность светорассеяния санорина в красном ( $\lambda=700$  нм) и в синем свете ( $\lambda=436$  нм). Сделайте вывод о том, какой свет лучше применять при нефелометрии.

$$n_1^2 - n_0^2 \propto V^2$$

$$I_p = 24\pi^3 \left( \frac{1}{n_1^2 + 2n_0^2} \right) \frac{1}{\lambda^4} I_0$$

**Решение:** В соответствии с уравнением Рэлея интенсивность рассеянного света обратно пропорциональна длине волны падающего света в 4-й степени. Отсюда

$$\frac{I_{p.син.} \lambda_{красн}^4 700^4}{I_{p.красн.} \lambda_{син}^4 436^4} = \frac{2,4 \times 10^{11}}{3,6 \times 10^{10}} \approx 6,6 \text{ раза}$$

Таким образом, при нефелометрии лучше применять синий свет.

**Задача 40.** С помощью нефелометра сравнивались мутности двух гидрозолей – стандартного и исследуемого. Мутности стали одинаковыми при высоте освещенной части стандартного золя  $5 \cdot 10^{-3}$  м, исследуемого золя –  $19 \cdot 10^{-3}$  м. Средний радиус частиц стандартного золя  $120 \cdot 10^{-9}$  м. Рассчитайте радиус частиц второго золя.

**Решение:** Расчет радиуса частиц исследуемого с помощью нефелометра золя проводят по формуле:

$$r_x = r_{ст} \sqrt{\frac{h_{ст}}{h_x}}, \text{ где}$$

$r_{ст}$  - радиус частиц стандартного золя;

$h_{ст}$  и  $h_x$  - высота освещенной части стандартного и исследуемого золь

$$r_x = 120 \cdot 10^{-9} \sqrt{\frac{5 \cdot 10^{-3}}{19 \cdot 10^{-3}}} = 76,9 \cdot 10^{-9} \text{ м.}$$

**Задача 41.** При изучении адсорбции паров этанола на активированном угле были получены следующие данные:

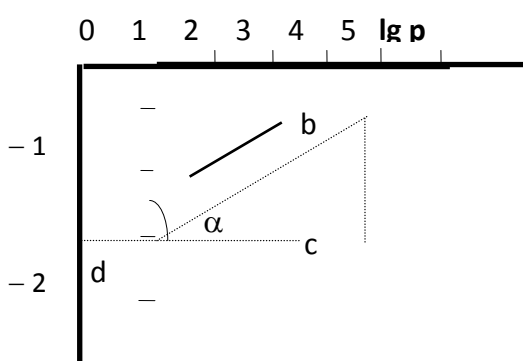
$p \times 10^{-2}$ , Па	5,33	9,87	17,33	23,06	45,53
$A \times 10^3$ , м <sup>3</sup> /кг	14,9	19,1	24,2	27,3	36,8

( $p$  – равновесное давление пара,  $A$  – величина адсорбции). Графически определите константы уравнений Фрейндлиха и Ленгмюра. Рассчитайте величину адсорбции при  $p = 3000$  Па. Используя оба уравнения, вычислите, сколько этанола адсорбируется на 5 кг угля.

**Решение:** Для нахождения констант уравнения Фрейндлиха строят график зависимости  $\lg A = f(\lg p)$ . Для этого надо логарифмировать исходные данные:

$\lg A$	-1,83	-1,72	-1,62	-1,56	-1,43
$\lg p$	2,72	2,99	3,24	3,36	3,66

и построить по ним график:



Он отсекает от оси ординат отрезок, равный  $\lg a = -3,02$ ; отсюда  $a = 9,55 \times 10^{-4}$ . По угловому коэффициенту графика находим второй коэффициент:  $1/n = \tan \alpha = bc/dc = 0,4/0,94 = 0,43$ . Теперь по уравнению Фрейндлиха  $A = a p^{1/n}$

рассчитываем величину адсорбции:

$$A = x/m = 9,55 \times 10^{-4} \times 3000^{0,43} = 2,99 \times 10^{-2} \text{ м}^3/\text{кг.}$$

На 5 кг угля при этом адсорбируется

$$x = mA = 5 \times 2,99 \times 10^{-2} = 0,149 \text{ м}^3 \text{ этанола.}$$

Для нахождения констант уравнения Ленгмюра строят график зависимости  $1/A = f(1/p)$ . Для этого надо найти обратные значения:

$1/p$	0,00188	0,00101	0,00058	0,00043	0,00022
$1/A$	67,11	52,36	41,32	36,63	27,17

Строим по этим данным график и экстраполируем его на ось ординат.

По графику определяем отрезки:

$$OD = 1/A_{\infty} = 26; OB = 2/A_{\infty} = 52 \text{ кг/м}^3; OK = 1/b = 0,0011 \text{ Па}^{-1}.$$

Отсюда находим константы  $A_{\infty}$  и  $b$ :

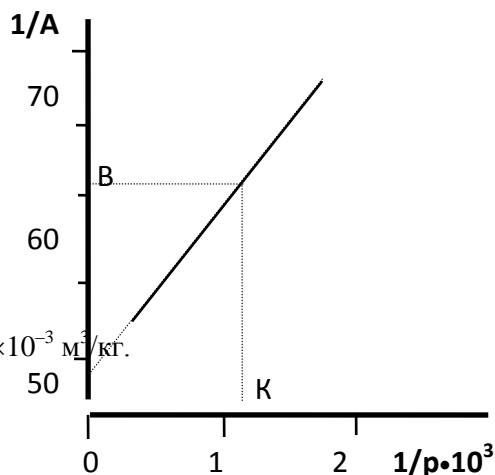
$$A_{\infty} = 1/26 = 0,0385 \text{ м}^3/\text{кг};$$

$$b = 1/0,0011 = 909 \text{ Па}.$$

Зная константы, рассчитаем величину адсорбции по уравнению Ленгмюра:

$$A = A_{\infty} \frac{p}{b + p} = 0,0385 \frac{3000}{909 + 3000} = 29,5 \times 10^{-3} \text{ м}^3/\text{кг}.$$

Значит, на 5 кг угля адсорбируется  $5 \times 29,5 \times 10^{-3} = 0,148 \text{ м}^3$  этанола.



**Задача 42.** Характеристическая вязкость  $[\eta]$  поливинилового спирта в водном растворе равна 0,53. Рассчитайте среднюю молярную массу поливинилового спирта с помощью констант уравнения Марка–Хаувинка–Куна:  $K = 5,9 \times 10^{-4}$  и  $\alpha = 0,67$ .

**Решение:** Для удобства расчета средней молярной массы полимера уравнение Марка–Хаувинка–Куна  $[\eta] = KM^{\alpha}$  следует прологарифмировать:  $\lg [\eta] = \lg K + \alpha \lg M$ . Тогда

$$\lg M = \frac{\lg [\eta] - \lg K}{\alpha} = \frac{-0,2757 - (-3,2291)}{0,67} = 4,4081$$

и значит  $M = 10^{4,4081} = 25591,75 \approx 25592$ .

#### 2.4. Проведение круглого стола по теме «Физическая и коллоидная химия – как основополагающая дисциплина для освоения будущей специальности»

<b>ОПК-1</b>	<b>Способен использовать основные биологические, физико-химические, химические, математические методы для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств, изготовления лекарственных препаратов</b>
Знать	Основные физико-химические и химические методы анализа для разработки, исследований, экспертизы, изготовления лекарственных средств
Уметь	Использовать основные физико-химические и химические методы анализа для разработки, исследований, экспертизы, изготовления лекарственных средств
Владеть	Методологией использования физико-химических и химических методов при решении профессиональных задач (разработка, исследования, экспертиза, изготовление лекарственных средств)

### 3. Промежуточная аттестация

#### 3.1. Форма промежуточной аттестации – экзамен. Вопросы к экзамену:

1. Специфические особенности дисперсных систем. Классификация дисперсных систем.
2. Характеристика свойств дисперсных систем и особенности их поведения. Молекулярно-кинетические свойства и оптические свойства дисперсных систем.
3. Седиментационно-диффузионное равновесие. Уравнение Лапласа. Гипсометрическая высота как критерий кинетической устойчивости.
4. Условия равновесия поверхностного слоя с объемными фазами. Энергия поверхностного слоя. Поверхностное натяжение.
5. Поверхностные явления. Адгезия и когезия. Смачивание и несмачивание. Уравнения Юнга и Дюпре-Юнга.
6. Капиллярные явления. Дисперсность и реакционная способность.

7. Адсорбция. Основные понятия и определения. Уравнение для расчета энергии Гиббса поверхностного слоя.
8. Природа сил, обуславливающих адсорбционные взаимодействия. Химическая и физическая адсорбция.
9. Метод Гиббса и метод полного содержания. Понятие полных и избыточных адсорбций и их взаимосвязь.
10. Способы экспериментального исследования адсорбционных равновесий. Изобары, изотермы и изостеры адсорбции.
11. Теплоты адсорбции. Интегральные и дифференциальные теплоты. Причины зависимости теплот адсорбции от степени заполнения. Типы неоднородностей.
12. Методы определения теплот адсорбции. Расчет теплот из изостер адсорбции.
13. Уравнение Гиббса и его анализ. Поверхностная активность. Поверхностно-активные и поверхностно-инактивные вещества.
14. Потенциальная теория Поляни. Основные положения. Понятие адсорбционного потенциала. Характеристическая кривая адсорбента.
15. Адсорбция в идеальном адсорбционном слое. Изотерма Лэнгмюра и ее анализ. Линейные координаты изотермы Лэнгмюра.
16. Полимолекулярная адсорбция. Теория БЭТ. Изотерма БЭТ и ее анализ. Модель Арановича.
17. Определение удельной поверхности твердых адсорбентов.
18. Адсорбция на пористых адсорбентах. Теория объемного заполнения микропор. Уравнение теории ТОЗМ и уравнение Дубинина-Радушкевича.
19. Общие закономерности адсорбции на границе раздела фаз жидкость-жидкость и жидкость-газ. Уравнение Шишковского. Связь поверхностного натяжения и величин адсорбции на жидких поверхностях с концентрацией ПАВ.
20. Структура поверхностных слоев на границе раздела фаз жидкость-жидкость и жидкость-газ. Определение геометрических параметров молекул ПАВ.
21. Адсорбция в гомологических рядах органических соединений. Правило Дюкло-Траубе.
22. Адсорбция на границе раздела фаз твердое тело- жидкость. Основные особенности.
23. Изотерма адсорбции из растворов на твердых поверхностях в идеальном адсорбционном слое и ее анализ.
24. Влияние природы адсорбента, адсорбата и растворителя на закономерности адсорбции из растворов. Правило полярности Ребиндера.
25. Адсорбция электролитов. Основные особенности. Понятие двойного электрического слоя. Правило Фаянса-Пескова-Липатова.
26. Закономерности ионно-обменной адсорбции. Уравнение изотермы Никольского. Иониты, их классификация. Основные характеристики.
27. Хроматография. Основные принципы, сущность и классификация.
28. Механизмы образования ДЭС.
29. Теория строения ДЭС на границе раздела фаз твердое тело- жидкость. Распределение потенциала в ДЭС.
30. Строение и физико-химические свойства лиофобных дисперсных систем. Способы получения лиофобных дисперсных систем. Сущность методов диспергирования и конденсации.
31. Ионные слои как фактор устойчивости коллоидных систем. Строение мицеллы лиофобного золя. Электрокинетический потенциал.
32. Влияние температуры, природы растворителя, добавок электролитов на агрегативную устойчивость зольей.
33. Индифферентные электролиты. Влияние добавок индифферентных электролитов на распределение потенциала в ДЭС и агрегативную устойчивость зольей. Адсорбционная перезарядка.
34. Неиндифферентные электролиты. Влияние добавок неиндифферентных электролитов на распределение потенциала в ДЭС и агрегативную устойчивость зольей.
35. Электрокинетические явления. Электрофорез. Определение электрокинетического потенциала по скорости электрофореза.
36. Коагуляция лиофобных зольей. Закономерности электролитной коагуляции. Правило Шульце-Гарди. Лиотропные ряды.
37. Коагуляция смесью электролитов.
38. Кинетика коагуляции. Основные закономерности. Скорость коагуляции.

39. Теория быстрой коагуляции Смолуховского. Период коагуляции.
40. Теория медленной коагуляции Фукса.
41. Строение коллоидных частиц. Двойной электрический слой. Поверхностный и электрокинетический потенциалы, их зависимость от различных факторов.
42. Электрокинетические явления. Применение электрофоретических методов исследования.
43. Виды устойчивости дисперсных систем. Факторы устойчивости дисперсных систем. Коагуляция. Правило Шульце-Гарди.
44. Теории коагуляции Фрейндлиха, Мюллера и ДЛФО.
45. Порог коагуляции. Медленная и быстрая коагуляция. Кинетика коагуляции.
46. Механизм коагуляции электролитами. Зависимость коагуляции от размера и заряда иона. Чередование зон коагуляции. Коагуляция золью смесями электролитов. Гетерокоагуляция. Привыкание золью. Коллоидная защита.
47. Аэрозоли, их получение, классификация и свойства.
48. Порошки, их получение, классификация и свойства.
49. Суспензии, их получение и свойства. Устойчивость суспензий. Пасты.
50. Эмульсии и их классификация. Определение типа эмульсии. Устойчивость эмульсий. Эмульгаторы и механизм их действия. Обращение фаз эмульсий. Методы получения эмульсий. Пены.
51. Мицеллярные коллоидные системы. Критическая концентрация мицеллообразования. Солюбилизация.
52. Молекулярные коллоидные системы. Классификация ВМС. Молекулярная масса ВМС.
53. Свойства ВМС. Набухание и растворение ВМС. Устойчивость растворов ВМС.
54. Вязкость. Ламинарное и турбулентное течение жидкости. Закон Ньютона. Абсолютная, относительная, удельная, приведённая и характеристическая вязкость.
55. Уравнение Пуазейля. Экспериментальное определение вязкости. Реологическая классификация жидкостей.
56. Растворы ВМС, причины их аномальной вязкости. Уравнение Бингама. Определение молекулярной массы ВМС вискозиметрическим методом.
57. Осмотические свойства растворов ВМС.
58. Полиэлектролиты и их классификация. Изoeлектрическое состояние. Мембранное равновесие Доннана и его влияние на осмотическое давление растворов полиэлектролитов.
59. Коацервация. Гелеобразование и студнеобразование, влияние различных факторов на эти процессы.
60. Свойства гелей и студней. Синерезис.
61. Диффузионно-седиментационное равновесие и его использование для анализа дисперсных систем.
62. Седиментационный анализ суспензий и эмульсий (теоретические основы, проведение и обработка экспериментальных данных).
63. Седиментационный анализ в центробежном поле как метод оценки размеров коллоидных частиц и макромолекул полимеров.
64. Межфазная поверхность, ее силовое поле. Поверхностное натяжение как характеристика термодинамического границах).
65. Зависимость поверхностного натяжения от концентрации раствора ПАВ.
66. Уравнение Шишковского. Поверхностная активность, её определение и изменение в гомологических рядах.
67. Капиллярное давление.
68. Уравнение Жюрена и его использование. Зависимость давления насыщенного пара от кривизны поверхности сосуществующих фаз.
69. Уравнение двухмерного состояния вещества в адсорбционном слое. Типы Поверхностных Ленгмюра.
70. Адсорбция и ее характеристики. Теория мономолекулярной адсорбции Ленгмюра.
71. Причины образования и строения двойного электрического слоя на границе раздела фаз. Теории строения ДЭС. Современная модель строения мицеллы гидрофобного золью.
72. Электрокинетический потенциал двойного электрического слоя частиц гидрофобных золью. Влияние индифферентных и неиндифферентных электролитов, концентрации и температуры на электрокинетический потенциал.

73. Устойчивость растворов ВМС. Высаливание. Зависимость порогов высаливания полиамфолитов от pH среды.
74. Коацервация простая и комплексная. Микрокоацервация. Биологическое значение коацервации.
75. Застудневание. Влияние различных факторов на скорость застудневания.

### **3.2. Вопросы базового минимума по дисциплине «Физическая и коллоидная химия»**

1. Первое начало термодинамики. Понятия теплоты, работы, теплоемкости, энтальпии.
2. Второе начало термодинамики. Энтропия как функция состояния системы.
3. Третий закон термодинамики. Абсолютная и стандартная энтропия. Расчет  $\Delta S$  в химической реакции.
4. Термодинамика фазовых равновесий. Однокомпонентные, бинарные системы. Правило фаз Гиббса.
5. Термодинамика химического равновесия. Уравнение изотермы химической реакции. Его использование.
6. Равновесие гетерогенных химических реакций.
7. Коллигативные свойства растворов.
8. Химическая кинетика.
9. Катализ
10. Предмет, задачи и методы физической химии.
11. Применение правила фаз Гиббса к однокомпонентным системам (на примере диаграммы строения воды).
12. Адсорбция растворенных веществ на твердой поверхности.
13. Основные особенности коллоидного состояния.
14. Двойной электрический слой, его строение. Понятие об электрическом потенциале.
15. Адсорбция на границе жидкость-газ. Уравнение Лангмюра, Фрейндлиха.
16. Общие представления об устойчивости и коагуляции коллоидных систем.
17. Предмет, задачи и методы физической химии.
18. Предмет, задачи и методы термодинамики. Основные законы, понятия.
19. Термический анализ. Построение диаграмм плавкости (состояния) двухкомпонентных систем с конденсированными фазами.
20. Аэрозоли, пасты.
21. Внутренняя энергия, теплота и работа.
22. Мыла. Синтетические моющие средства. Критическая концентрация мицеллообразования (ККМ).
23. Поверхностные явления. Процессы адгезии, когезии, смачивания. Поверхностное натяжение и поверхностная активность.
24. Предмет, задачи и методы коллоидной химии. История развития как науки.
25. Способы получения коллоидных систем.
26. Мицелла.
27. Свойства молекулярно-кинетические.
28. ТД поверхностного слоя.
29. Адсорбция.
30. ПАВ.

### **4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении студентами дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой разделов (тем) учебных занятий. Изучение каждого раздела (темы) предполагает овладение студентами необходимыми компетенциями. Результат аттестации студентов на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций студентами.



4.1 Перечень компетенций с указанием индикаторов, планируемых результатов обучения и критериев оценивания освоения компетенций

Формируемая компетенция	Индикаторы сформированности компетенций	Содержание компетенции/ индикатора	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения (дескрипторы) по пятибалльной шкале				
				1	2	3	4	5
ОПК-1		Способен использовать основные биологические, физико-химические, химические, математические методы для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств, изготовления лекарственных препаратов	<b>Знать:</b> Основные биологические, физико-химические, химические, математические методы для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств, изготовления лекарственных препаратов.	Отсутствие знаний основных биологических, физико-химических, химических, математических методов для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств, изготовления лекарственных препаратов.	Фрагментарные знания основных биологических, физико-химических, химических, математических методов для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств, изготовления лекарственных препаратов.	Общие, но не структурированные знания основных биологических, физико-химических, химических, математических методов для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств, изготовления лекарственных препаратов.	В целом сформированные, но содержащие отдельные пробелы, знания основных биологических, физико-химических, химических, математических методов для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств, изготовления лекарственных препаратов.	Сформированные систематические знания основных биологических, физико-химических, химических, математических методов для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств, изготовления лекарственных препаратов.
			<b>Уметь:</b> Использовать основные биологические, физико-химические, химические, математические методы для разработки, исследований и	Отсутствие умений использовать основные биологические, физико-химические, химические, математические методы для разработки,	Частично освоенные умения использовать основные биологические, физико-химические, химические, математические методы для разработки,	В целом успешно, но не систематически осуществляемые умения использовать основные биологические, физико-химические, химические, математические	В целом сформированные, но содержащие отдельные пробелы, умения использовать основные биологические, физико-химические, химические, математические	Сформированные систематические умения использовать основные биологические, физико-химические, химические, математические методы для

			экспертизы лекарственных средств, изготовления лекарственных препаратов.	исследований и экспертизы лекарственных средств, изготовления лекарственных препаратов.	исследований и экспертизы лекарственных средств, изготовления лекарственных препаратов.	методы для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств, изготовления лекарственных препаратов.	методы для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств, изготовления лекарственных препаратов.	разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств, изготовления лекарственных препаратов.
			<b>Владеть:</b> Способностью использовать основные биологические, физико-химические, химические, математические методы для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств, изготовления лекарственных препаратов.	Отсутствие способности использовать основные биологические, физико-химические, химические, математические методы для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств, изготовления лекарственных препаратов.	Фрагментарные способности использовать основные биологические, физико-химические, химические, математические методы для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств, изготовления лекарственных препаратов.	В целом успешно, но не систематически применяемые способности использовать основные биологические, физико-химические, химические, математические методы для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств, изготовления лекарственных препаратов.	В целом сформированные, но содержащие отдельные пробелы, способности использовать основные биологические, физико-химические, химические, математические методы для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств, изготовления лекарственных препаратов.	Успешное и систематическое применение основных биологических, физико-химических, химических, математических методов для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств, изготовления лекарственных препаратов.
	ОПК-1.1	Применяет основные биологические методы анализа для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств и	<b>Знать:</b> Основные биологические методы анализа для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств и лекарственного	Отсутствие знаний основных биологических методов анализа для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств и лекарственного	Фрагментарные знания основных биологических методов анализа для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств и лекарственного	Общие, но не структурированные знания основных биологических методов анализа для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств и	В целом сформированные, но содержащие отдельные пробелы, знания основных биологических методов анализа для разработки, исследований и экспертизы	Сформированные систематические знания основных биологических методов анализа для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств и

		лекарственного растительного сырья	растительного сырья.	растительного сырья.	растительного сырья.	лекарственного растительного сырья.	лекарственных средств и лекарственного растительного сырья.	лекарственного растительного сырья.
			<b>Уметь:</b> Применять основные биологические методы анализа для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств и лекарственного растительного сырья.	Отсутствие умений применять основные биологические методы анализа для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств и лекарственного растительного сырья.	Частично освоенные умения применять основные биологические методы анализа для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств и лекарственного растительного сырья.	В целом успешно, но не систематически осуществляемые умения применять основные биологические методы анализа для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств и лекарственного растительного сырья.	В целом сформированные, но содержащие отдельные пробелы, умения применять основные биологические методы анализа для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств и лекарственного растительного сырья.	Сформированные систематические умения применять основные биологические методы анализа для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств и лекарственного растительного сырья.
			<b>Владеть:</b> Способностью применять основные биологические методы анализа для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств и лекарственного растительного сырья.	Отсутствие способности применять основные биологические методы анализа для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств и лекарственного растительного сырья.	Фрагментарные способности применять основные биологические методы анализа для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств и лекарственного растительного сырья.	В целом успешно, но не систематически проявляемые способности применять основные биологические методы анализа для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств и лекарственного растительного сырья.	В целом сформированные, но содержащие отдельные пробелы, способности применять основные биологические методы анализа для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств и лекарственного растительного сырья.	Успешное и систематическое применение основных биологических методов анализа для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств и лекарственного растительного сырья.

	ОПК-1.2	<p>Применяет основные физико-химические и химические методы анализа для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств, лекарственного растительного сырья и биологических объектов</p>	<p><b>Знать:</b> Основные физико-химические и химические методы анализа для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств, лекарственного растительного сырья и биологических объектов.</p>	<p>Отсутствие знаний основных физико-химических и химических методов анализа для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств, лекарственного растительного сырья и биологических объектов.</p>	<p>Фрагментарные знания основных физико-химических и химических методов анализа для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств, лекарственного растительного сырья и биологических объектов.</p>	<p>Общие, но не структурированные знания основных физико-химических и химических методов анализа для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств, лекарственного растительного сырья и биологических объектов.</p>	<p>В целом сформированные, но содержащие отдельные пробелы, знания основных физико-химических и химических методов анализа для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств, лекарственного растительного сырья и биологических объектов.</p>	<p>Сформированные систематические знания основных физико-химических и химических методов анализа для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств, лекарственного растительного сырья и биологических объектов.</p>
			<p><b>Уметь:</b> Применять основные физико-химические и химические методы анализа для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств, лекарственного растительного сырья и биологических объектов.</p>	<p>Отсутствие умений применять основные физико-химические и химические методы анализа для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств, лекарственного растительного сырья и биологических объектов.</p>	<p>Частично освоенные умения применять основные физико-химические и химические методы анализа для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств, лекарственного растительного сырья и биологических объектов.</p>	<p>В целом успешно, но не систематически осуществляемые умения применять основные физико-химические и химические методы анализа для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств, лекарственного растительного сырья и биологических объектов.</p>	<p>В целом сформированные, но содержащие отдельные пробелы, умения применять основные физико-химические и химические методы анализа для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств, лекарственного растительного сырья и биологических объектов.</p>	<p>Сформированные систематические умения применять основные физико-химические и химические методы анализа для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств, лекарственного растительного сырья и биологических объектов.</p>

			<b>Владеть:</b> Способностью применять основные физико-химические и химические методы анализа для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств, лекарственного растительного сырья и биологических объектов.	Отсутствие способности применять основные физико-химические и химические методы анализа для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств, лекарственного растительного сырья и биологических объектов.	Фрагментарные способности применять основные физико-химические и химические методы анализа для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств, лекарственного растительного сырья и биологических объектов.	В целом успешно, но не систематически проявляемые способности применять основные физико-химические и химические методы анализа для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств, лекарственного растительного сырья и биологических объектов.	В целом сформированные, но содержащие отдельные пробелы, способности применять основные физико-химические и химические методы анализа для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств, лекарственного растительного сырья и биологических объектов.	Успешное и систематическое применение основных физико-химических и химических методов анализа для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств, лекарственного растительного сырья и биологических объектов.
	ОПК-1.3	Применяет основные методы физико-химического анализа в изготовлении лекарственных препаратов	<b>Знать:</b> Основные методы физико-химического анализа в изготовлении лекарственных препаратов.	Отсутствие знаний основных методов физико-химического анализа в изготовлении лекарственных препаратов.	Фрагментарные знания основных методов физико-химического анализа в изготовлении лекарственных препаратов.	Общие, но не структурированные знания основных методов физико-химического анализа в изготовлении лекарственных препаратов.	В целом сформированные, но содержащие отдельные пробелы, знания основных методов физико-химического анализа в изготовлении лекарственных препаратов.	Сформированные систематические знания основных методов физико-химического анализа в изготовлении лекарственных препаратов.
			<b>Уметь:</b> Применять основные методы физико-химического анализа в изготовлении лекарственных	Отсутствие умений применять основные методы физико-химического анализа в изготовлении лекарственных	Частично освоенные умения применять основные методы физико-химического анализа в изготовлении	В целом успешно, но не систематически осуществляемые умения применять основные методы физико-химического	В целом сформированные, но содержащие отдельные пробелы, умения применять основные методы физико-химического	Сформированные систематические умения применять основные методы физико-химического анализа в изготовлении

			препаратов.	препаратов.	лекарственных препаратов.	анализа в изготовлении лекарственных препаратов.	анализа в изготовлении лекарственных препаратов.	лекарственных препаратов.
			<b>Владеть:</b> Способностью применять основные методы физико-химического анализа в изготовлении лекарственных препаратов.	Отсутствие способности применять основные методы физико-химического анализа в изготовлении лекарственных препаратов.	Фрагментарные способности применять основные методы физико-химического анализа в изготовлении лекарственных препаратов.	В целом успешно, но не систематически проявляемые способности применять основные методы физико-химического анализа в изготовлении лекарственных препаратов.	В целом сформированные, но содержащие отдельные пробелы, способности применять основные методы физико-химического анализа в изготовлении лекарственных препаратов.	Успешное и систематическое применение методов физико-химического анализа в изготовлении лекарственных препаратов.
ОПК-1.4	Применяет математические методы и осуществляет математическую обработку данных, полученных в ходе разработки лекарственных средств, а также исследований и экспертизы лекарственных средств, лекарственного	<b>Знать:</b> Математические методы обработки данных, полученных в ходе исследований и экспертизы лекарственных средств, лекарственного растительного сырья и биологических объектов.	Отсутствие знаний математических методов обработки данных, полученных в ходе исследований и экспертизы лекарственных средств, лекарственного растительного сырья и биологических объектов.	Фрагментарные знания математических методов обработки данных, полученных в ходе исследований и экспертизы лекарственных средств, лекарственного растительного сырья и биологических объектов.	Общие, но не структурированные знания математических методов обработки данных, полученных в ходе исследований и экспертизы лекарственных средств, лекарственного растительного сырья и биологических объектов.	В целом сформированные, но содержащие отдельные пробелы, знания математических методов обработки данных, полученных в ходе исследований и экспертизы лекарственных средств, лекарственного растительного сырья и биологических объектов.	Сформированные систематические знания математических методов обработки данных, полученных в ходе исследований и экспертизы лекарственных средств, лекарственного растительного сырья и биологических объектов.	

		растительного сырья и биологических объектов	<p><b>Уметь:</b> Осуществлять математическую обработку данных, полученных в ходе исследований и экспертизы лекарственных средств, лекарственного растительного сырья и биологических объектов.</p>	Отсутствие умений осуществлять математическую обработку данных, полученных в ходе исследований и экспертизы лекарственных средств, лекарственного растительного сырья и биологических объектов.	Частично освоенные умения осуществлять математическую обработку данных, полученных в ходе исследований и экспертизы лекарственных средств, лекарственного растительного сырья и биологических объектов.	В целом успешные, но не систематические умения осуществлять математическую обработку данных, полученных в ходе исследований и экспертизы лекарственных средств, лекарственного растительного сырья и биологических объектов.	В целом сформированные, но содержащие отдельные пробелы, умения осуществлять математическую обработку данных, полученных в ходе исследований и экспертизы лекарственных средств, лекарственного растительного сырья и биологических объектов.	Сформированные систематические умения осуществлять математическую обработку данных, полученных в ходе исследований и экспертизы лекарственных средств, лекарственного растительного сырья и биологических объектов.
			<p><b>Владеть:</b> Способностью применять математические методы обработки данных, полученных в ходе исследований и экспертизы лекарственных средств, лекарственного растительного сырья и биологических объектов</p>	Отсутствие способности применять математические методы обработки данных, полученных в ходе исследований и экспертизы лекарственных средств, лекарственного растительного сырья и биологических объектов	Фрагментарные способности применять математические методы обработки данных, полученных в ходе исследований и экспертизы лекарственных средств, лекарственного растительного сырья и биологических объектов	В целом успешно, но не систематически проявляемые способности применять математические методы обработки данных, полученных в ходе исследований и экспертизы лекарственных средств, лекарственного растительного сырья и биологических объектов	В целом сформированные, но содержащее отдельные пробелы, способности применять математические методы обработки данных, полученных в ходе исследований и экспертизы лекарственных средств, лекарственного растительного сырья и биологических объектов	Успешное и систематическое применение математических методов обработки данных, полученных в ходе исследований и экспертизы лекарственных средств, лекарственного растительного сырья и биологических объектов

## 2.2 Шкала, и процедура оценивания

### 4.2.1. Процедуры оценивания компетенций (результатов)

№	Компоненты контроля	Характеристика
1.	Способ организации	традиционный
2.	Этапы учебной деятельности	текущий контроль, промежуточный контроль
3.	Лицо, осуществляющее контроль	преподаватель
4.	Массовость охвата	индивидуальный
5.	Метод контроля	Устный ответ, стандартизированный тестовый контроль, решение ситуационных задач, презентации, проведение круглого стола

### 4.2.2. Шкалы оценивания компетенций (результатов освоения)

#### Для устного ответа:

- Оценка "отлично" выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, причем не затрудняется с ответом при видоизменении вопроса, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами обоснования своего ответа.
- Оценка "хорошо" выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, владеет необходимыми навыками и приемами обоснования своего ответа.
- Оценка "удовлетворительно" выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
- Оценка "неудовлетворительно" выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями излагает материал.
- Как правило, оценка "неудовлетворительно" ставится студентам, которые не могут изложить без ошибок, носящих принципиальный характер материал, изложенный в обязательной литературе.

#### Для стандартизированного тестового контроля:

Оценка «отлично» выставляется при выполнении без ошибок более 90 % заданий.

Оценка «хорошо» выставляется при выполнении без ошибок более 70 % заданий.

Оценка «удовлетворительно» выставляется при выполнении без ошибок более 50 % заданий.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется при выполнении без ошибок менее 50 % заданий.

#### Для оценки решения ситуационной задачи:

Оценка «отлично» выставляется, если задача решена грамотно, ответы на вопросы сформулированы четко. Эталонный ответ полностью соответствует решению студента, которое хорошо обосновано теоретически.

Оценка «хорошо» выставляется, если задача решена, ответы на вопросы сформулированы не достаточно четко. Решение студента в целом соответствует эталонному ответу, но не достаточно хорошо обосновано теоретически.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если задача решена не полностью, ответы не содержат всех необходимых обоснований решения.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если задача не решена или имеет грубые теоретические ошибки в ответе на поставленные вопросы

#### Для оценки презентаций:

Оценка «отлично» выставляется, если содержание является строго научным. Иллюстрации (графические, музыкальные, видео) усиливают эффект восприятия текстовой части информации. Орфографические, пунктуационные, стилистические ошибки отсутствуют. Наборы числовых данных проиллюстрированы графиками и диаграммами, причем в наиболее адекватной форме. Информация является актуальной и современной. Ключевые слова в тексте выделены.

Оценка «хорошо» выставляется, если содержание в целом является научным. Иллюстрации (графические, музыкальные, видео) соответствуют тексту. Орфографические,



пунктуационные, стилистические ошибки практически отсутствуют. Наборы числовых данных проиллюстрированы графиками и диаграммами. Информация является актуальной и современной. Ключевые слова в тексте выделены.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если содержание включает в себя элементы научности. Иллюстрации (графические, музыкальные, видео) в определенных случаях соответствуют тексту. Есть орфографические, пунктуационные, стилистические ошибки. Наборы числовых данных чаще всего проиллюстрированы графиками и диаграммами. Информация является актуальной и современной. Ключевые слова в тексте чаще всего выделены.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если содержание не является научным. Иллюстрации (графические, музыкальные, видео) не соответствуют тексту. Много орфографических, пунктуационных, стилистических ошибок. Наборы числовых данных не проиллюстрированы графиками и диаграммами. Информация не представляется актуальной и современной. Ключевые слова в тексте не выделены.

#### **Для оценки проведения круглого стола:**

**Отлично:** все компетенции, предусмотренные в рамках дисциплины (в объеме, знаний, умений и владений) освоены полностью. Уровень освоения компетенции – повышенный. Обучающийся активно решает поставленные задачи, демонстрируя свободное владение предусмотренными навыками и умениями на основе использования полученных знаний.

**Хорошо:** все компетенции, предусмотренные в рамках дисциплины (в объеме, знаний, умений и владений) освоены полностью. Уровень освоения компетенции – достаточный. Обучающийся решает поставленные задачи, иногда допуская ошибки, не принципиального характера, легко исправляет их самостоятельно при наводящих вопросах преподавателя; демонстрирует владение предусмотренными навыками и умениями на основе использования полученных знаний.

**Удовлетворительно:** все компетенции, предусмотренные в рамках дисциплины (в объеме, знаний, умений и владений) освоены полностью. Уровень освоения компетенции – пороговый. Обучающийся при решении поставленные задачи, часто допускает ошибки, не принципиального характера, исправляет их при наличии большого количества наводящих вопросов со стороны преподавателя; не всегда полученные знания может в полном объеме применить при демонстрации предусмотренных программой дисциплины навыками и умениями.

**Неудовлетворительно:** все компетенции, предусмотренные в рамках дисциплины (в объеме, знаний, умений и владений) не освоены или освоены частично. Уровень освоения компетенции – подпороговый. Обучающийся при решении поставленные задачи, допускает ошибки принципиального характера, не может их исправить даже при наличии большого количества наводящих вопросов со стороны преподавателя; знания по дисциплине фрагментарны и обучающийся не может в полном объеме применить их при демонстрации предусмотренных программой дисциплины навыками и умениям

### **4.3. Шкала и процедура оценивания промежуточной аттестации**

#### **Критерии оценки экзамена:**

Оценка «отлично» выставляется, если при ответе на все вопросы билета студент демонстрирует полную сформированность заявленных компетенций, отвечает грамотно, полно, используя знания основной и дополнительной литературы.

Оценка «хорошо» выставляется, если при ответе на вопросы билета студент демонстрирует сформированность заявленных компетенций, грамотно отвечает в рамках обязательной литературы, возможны мелкие единичные неточности в толковании отдельных, не ключевых моментов.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если при ответе на вопросы билета студент демонстрирует частичную сформированность заявленных компетенций, нуждается в дополнительных вопросах, допускает ошибки в освещении принципиальных, ключевых вопросов.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если при ответе на вопросы билета у студента отсутствуют признаки сформированности компетенций, не проявляются даже поверхностные знания по существу поставленного вопроса, плохо ориентируется в обязательной литературе.