

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал) федерального  
государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»  
(НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ»)



УТВЕРЖДАЮ  
Зам. директора по УР  
Н.И.Никифорова  
« 14 » 04 2021г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

по дисциплине

**Б1.О.24 «Физическая и коллоидная химия»**

**19.03.02 «Продукты питания из растительного сырья»**

(код и наименование направления подготовки/специальности)

**Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий**

(наименование профиля/специализации)

квалификация

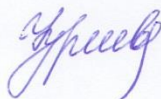
бакалавр

форма обучения

очная

Нижнекамск, 2021г

Составитель ФОС:  
доцент кафедры биотехнологии



Э.Н. Нуриева

ФОС рассмотрен и одобрен на заседании кафедры биотехнологии,  
протокол от «22» марта 2021г. № 7

Зав. кафедрой



Г.С.Сагдеева

Эксперт:  
Руководитель ООП, доцент кафедры БТ  
НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ»



Г.С.Сагдеева



**Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием этапов формирования в процессе освоения дисциплины**

**Компетенция:** ОПК – 2 способен применять основные законы и методы исследований естественных наук для решения задач профессиональной деятельности.

**Индикаторы достижения компетенции:**

ОПК 2.1 знает основные законы и методы исследований естественных наук, используемые для решения задач в области производства продуктов питания из растительного сырья.

ОПК 2.2 умеет применять стандартные методики измерения параметров сырья, полуфабрикатов и готовых изделий при производстве продуктов питания из растительного сырья.

ОПК 2.3 владеет навыками проведения исследований и анализа полученных результатов для решения задач в области производства продуктов питания из растительного сырья.

| <b>Индикаторы достижения компетенции</b> | <b>Этапы формирования в процессе освоения дисциплины<br/>(указать все темы из РПД)</b> |   |                             |                                 | <b>Оценочное средство</b>               |
|--|--|---|-----------------------------|---------------------------------|---|
|  | <b>Лекции</b>  | <b>Практические занятия, лабораторный практикум</b> | <b>Лабораторные занятия</b> | <b>Курсовой проект (работа)</b> |   |
| <b>ОПК-2.1</b>                           | Тема 1, Тема 2, Тема 3, Тема 4, Тема5, Тема 6.   | Не предусмотрены                                    | Тема 2, Тема 4, Тема5.      | Не предусмотрены                | Лабораторная работа. Коллоквиум. Зачет. |
| <b>ОПК-2.2</b>                           | Тема 1, Тема 2, Тема 3, Тема 4, Тема5, Тема 6.   | Не предусмотрены                                    | Тема 2, Тема 4, Тема5.      | Не предусмотрены                | Лабораторная работа. Коллоквиум. Зачет. |
| <b>ОПК-2.3</b>                           | Тема 1, Тема 2, Тема 3, Тема 4, Тема5, Тема 6.   | Не предусмотрены                                    | Тема 2, Тема 4, Тема5.      | Не предусмотрены                | Лабораторная работа. Коллоквиум. Зачет. |

**Шкала оценивания**

| <b>Цифровое выражение</b> | <b>Выражение в баллах:</b> | <b>Словесное выражение</b>              | <b>Критерии оценки индикаторов достижения при форме контроля - зачет</b>  |
|---------------------------|----------------------------|---|---|
| <b>5</b>                  | <b>от 87 до 100</b>        | <b>Отлично (зачтено)</b>                | Оценка «зачтено» выставляется студенту, если ответы на вопросы по темам дисциплины последовательны, логически изложены, допускаются незначительные недочеты в ответе студента, такие как отсутствие самостоятельного вывода, речевые ошибки и пр. |
| <b>4</b>                  | <b>от 73 до 87</b>         | <b>Хорошо (зачтено)</b>                 | Оценка «зачтено» выставляется студенту, если ответы на вопросы по темам дисциплины последовательны, логически изложены, допускаются незначительные недочеты в ответе студента, такие как отсутствие самостоятельного вывода, речевые ошибки и пр. |
| <b>3</b>                  | <b>от 60 до 73</b>         | <b>Удовлетворительно (зачтено)</b>      | Оценка «зачтено» выставляется студенту, если ответы на вопросы по темам дисциплины последовательны, логически изложены, допускаются незначительные недочеты в ответе студента, такие как отсутствие самостоятельного вывода, речевые ошибки и пр. |
| <b>2</b>                  | <b>до 60</b>               | <b>Неудовлетворительно (не зачтено)</b> | Оценка «не зачтено» выставляется студенту, если студент не знает основных понятий темы дисциплины, не отвечает на дополнительные и наводящие вопросы преподавателя.   |

**Перечень оценочных средств по дисциплине  
«Физическая и коллоидная химия»**

**5 семестр – очная форма обучения**

| <b>Оценочные средства</b>  | <b>Кол-во</b> | <b>Min,<br/>баллов(базовый<br/>уровень)</b> | <b>Max,<br/>баллов(повышенный<br/>уровень)</b> |
|----------------------------|---------------|---|--|
| <b>Лабораторная работа</b> | <b>4</b>      | <b>4*6=24</b>                               | <b>4*10=40</b>                                 |
| <b>Коллоквиум</b>          | <b>6</b>      | <b>6*6=36</b>                               | <b>6*10=60</b>                                 |
| <b>Зачет</b>               |               | <b>60</b>                                   | <b>100</b>                                     |
| <b>Итого</b>               |               | <b>60</b>                                   | <b>100</b>                                     |

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»  
*Факультет- технологический*  
*Кафедра - биотехнологии*  
Направление 19.03.02 «Продукты питания из растительного сырья»  
Профиль/программа: «Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий»

**Вопросы для зачета по дисциплине**  
**«Физическая и коллоидная химия»**  
**(5 семестр)**

1. Химическое равновесие. Закон действия масс. Вывод Основные определения и понятия химической термодинамики (система, параметр, функция состояния, процесс). Внутренняя энергия, теплота и работа. Связь между ними.
2. Первый закон термодинамики, формулировки и математическое выражение.
3. Термохимия. Тепловые эффекты реакций при изохорном и изобарном процессах. Связь между термодинамическими величинами изобарных и изохорных процессов. Закон Гесса и следствия из него.
4. Теплоемкость веществ. Изохорная и изобарная теплоемкости. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры, закон Кирхгофа, анализ уравнения Кирхгофа.
5. Приближенное и точное интегрирование уравнения Кирхгофа и расчеты тепловых эффектов при любой температуре.
6. Самопроизвольные, равновесные и несамопроизвольные процессы. Два метода определения возможности, направления и предела протекания самопроизвольных процессов.
7. Обратимые и необратимые процессы. Энтропия как мера беспорядка. Энтропия и термодинамическая вероятность. Уравнение Больцмана. Термодинамический взгляд на энтропию.
8. Второй закон термодинамики, математическое выражение.
9. Энтропия как критерий направленности самопроизвольных процессов.
10. Энергия Гиббса и энергия Гельмгольца, их связь с работой процесса.
11. Термодинамические функции как критерии направленности самопроизвольных процессов.
12. Химический потенциал.
13. Химическое равновесие. Закон действия масс. Вывод Основные определения и понятия химической термодинамики (система, параметр, функция состояния, процесс). Внутренняя энергия, теплота и работа. Связь между ними.
14. Способы выражения констант равновесия и связь между ними. Химическое равновесие в гетерогенных системах.
15. Изотерма Вант-Гоффа и ее использование для определения направления протекания химической реакции.
16. Зависимость константы равновесия от температуры (уравнение изобары и изохоры Вант-Гоффа): анализ уравнения изобары.
17. Интегрирование уравнения изобары Вант-Гоффа.
18. Зависимость константы равновесия от давления, уравнение Планка, его анализ.
19. Уравнение изобары Вант-Гоффа и уравнение Планка как количественное выражение принципа Ле Шателье.
20. Фазовое равновесие, понятия «фаза», «компонент», «степень свободы». Правило фаз Гиббса. Классификация систем в соответствии с правилом фаз Гиббса.
21. Однокомпонентные системы.
22. Тепловые эффекты фазовых переходов. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса.
23. Растворы. Характеристика и свойства растворов, способы выражения концентраций. Идеальные, предельно разбавленные и реальные растворы.

24. Давление насыщенного пара над раствором. Закон Рауля. Отрицательные и положительные отклонения от закона Рауля.
25. Диаграммы «давление - состав» и «температура - состав» жидких систем с неограниченной взаимной растворимостью компонентов. Законы Коновалова.
26. Перегонка и ректификация двойных жидких систем с неограниченной взаимной растворимостью компонентов.
27. Двухкомпонентные растворы, один из компонентов которого нелетуч. Повышение температуры кипения, понижение температуры замерзания растворов. Определение молярной массы растворенного вещества (эбулиоскопия и криоскопия). Коэффициент Вант-Гоффа  $i$ . Коэффициент распределения и закон распределения. Экстракция.
28. Химическая кинетика. Понятия скорости и константы скорости реакции. Зависимость скорости реакции от концентрации. Общий и частный порядки реакции, понятие молекулярности. Вывод уравнений 0, 1, 2, 3 порядка реакции. Методы определения порядка реакции.
29. Кинетика сложных реакций: обратимых, параллельных и последовательных. Зависимость скорости реакции от температуры. Правило Вант-Гоффа и уравнение Аррениуса. Два метода расчета энергии активации.
30. Цепные реакции. Стадии зарождения, роста и обрыва цепи.
31. Типы фотохимических реакций (ФХР). Законы фотохимии.
32. Гетерогенные процессы и их стадии.
33. Основные положения и особенности катализа.
34. Кислотно-основной гомогенный катализ, зависимость константы скорости специфического катализа от pH среды.
35. Особенности гетерогенного катализа.
36. Ферментативный катализ.
37. Предмет коллоидной химии. Основные понятия.
38. Количественные характеристики дисперсных систем.
39. Классификация дисперсных систем: по общему признаку, по частному признаку.
40. Поверхностное натяжение. Экспериментальные методы определения поверхностного натяжения.
41. ПАВ, ПИАВ и ПНАВ.
42. Уравнение адсорбции Гиббса. Анализ.
43. Поверхностная активность. Правило Траубе-Дюкло.
44. Основные понятия и классификация адсорбционных процессов.
45. Количественные характеристики адсорбции.
46. Уравнение адсорбции Генри.
47. Уравнение адсорбции Фрейндлиха.
48. Основные теории адсорбции:
49. Теория мономолекулярной адсорбции Ленгмюра;
50. Теория полимолекулярной адсорбции Поляни;
51. Теория БЭТ.
52. Молекулярная адсорбция. Особенности.
53. Ионная адсорбция. Особенности. Факторы, влияющие на данную адсорбцию.
54. Ионно-обменная адсорбция. Особенности.
55. Полное смачивание, полное несмачивание, неполное смачивание
56. Адгезия и когезия.
57. Получение дисперсных систем.
58. Очистка дисперсных систем.
59. Строение мицеллы.
60. Два вида устойчивости дисперсных систем.
61. Коагуляция. Правила коагуляции.
62. Кинетика коагуляции электролитов.
63. Быстрая и медленная коагуляция.
64. Теория устойчивости и коагуляции лиофобных дисперсных систем.
65. Факторы устойчивости лиофобных золей. Коллоидная защита.
66. Виды коагуляции электролитами.
67. Электрокинетические свойства дисперсных систем: электрофорез, электроосмос, потенциал седиментации, потенциал течения.

68. Пути образования ДЭС.
69. Строение ДЭС.
70. Влияние различных факторов на электрокинетический потенциал. Методы определения электрокинетического потенциала.
71. Молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем: броуновское движение.
72. Диффузия. Законы диффузии. Удельный поток диффузии.
73. Осмос. Осмотическое давление.
74. Седиментация. Седиментационная устойчивость.
75. Поток диффузии и поток седиментации.
76. Седиментационный анализ.
77. Экспериментальные приемы седиментационного анализа.
78. Оптические свойства дисперсных систем.
79. Рассеяние света. Уравнения Рэлея (анализ).
80. Поглощение света. Закон Бугера-Ламберта-Бэра.
81. Оптические методы исследования коллоидных растворов.
82. Структурообразование. Типы структур.
83. Связно-дисперсные системы. Два типа структур (по Ребиндеру)



Министерство образования и науки Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал) федерального  
государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»  
*Факультет- технологический*  
*Кафедра - биотехнологии*  
Направление 19.03.02 «Продукты питания из растительного сырья»  
Профиль/программа: «Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий»

**Комплект заданий для лабораторных работ**  
по дисциплине «Физическая и коллоидная химия»

**5 семестр**

**«Термодинамика фазового равновесия»**

**Лабораторная работа №1**

**«Экспериментальное изучение равновесия жидкий раствор – насыщенный пар в  
двухкомпонентных системах. Построение диаграммы»**

Цель работы: изучить равновесие между жидкостью и паром и построить равновесную диаграмму  
«состав-температура кипения двойной жидкой системы» (смеси летучих компонентов).

Приоры и реактивы:

1. Сосуд для перегонки;
2. Колбонагреватель;
3. Кипятильники;
4. Термометр;
5. Холодильник;
6. Система "ацетон - изопропиловый спирт";
7. Рефрактометр

В общем случае составы равновесных жидкости и пара в системе летучих смесей не совпадают друг с другом. На указанном различии составов явление перегонки (разделения) компонентов смеси, которое широко используется для получения чистых жидкостей.

Если приготовить ряд бинарных смесей неограниченно растворимых жидкостей, определить их температуру кипения при атмосферном давлении и составы равновесных фаз (пар + жидкость), то на основании этих данных может быть построена диаграмма «температура кипения – состав» для исследованной системы.

Такая диаграмма характеризует фазовые равновесия в системе, которые подчиняются правилу Гиббса.

**Порядок выполнения работы**

1. Сосуд для перегонки (рис. 1) через шлиф заполните на 2/3 его объёма исследуемой жидкостью. Для предотвращения бурного кипения и переброса жидкости опустите в неё 2-3 кусочка кирпича, обычно называемых «кипятилниками». Проверьте тока воды в холодильнике.
2. Включите колбонагреватель и доведите до равномерного кипения. При изучении легковоспламеняющихся и горючих жидкостей необходимо соблюдать максимальную осторожность и пользоваться нагревательными приборами закрытого типа.
3. За температуру кипения следует принять среднюю из величин температуры начала и конца периода отбора конденсата.
4. После отбора конденсата отключите и уберите колбонагреватель.
5. Определите состав конденсата.
6. Результаты опытов запишите в табл.1 (для системы «ацетон – изопропиловый спирт»).

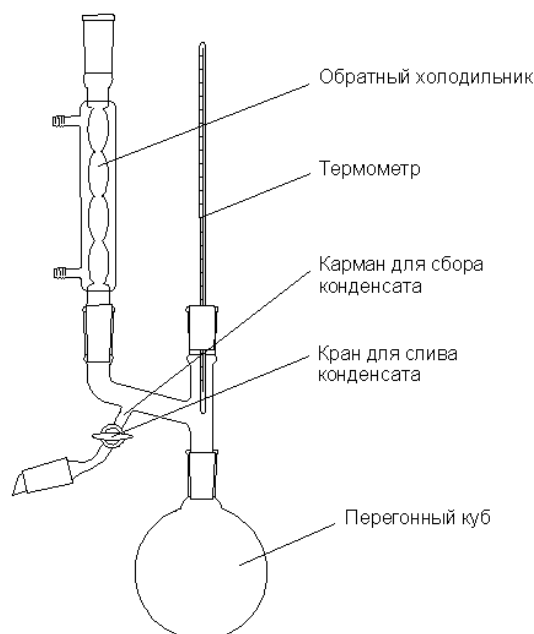


Рис. 1. Прибор Свентославского.

Таблица 1

| № раствора | Концентрация исходного раствора |        | Показатель преломления |                     | Концентрация конденсата |        | Температура кипения, °С |                    |         |
|------------|---------------------------------|--------|------------------------|---------------------|-------------------------|--------|-------------------------|--------------------|---------|
|            | об. %                           | мол. % | Исходного раствора     | Парового конденсата | об. %                   | мол. % | До отбора пробы         | После отбора пробы | Средняя |
|            |                                 |        |                        |                     |                         |        |                         |                    |         |

Состав собранного конденсата, который принимают равным составу равновесного пара при температуре кипения раствора, определяют рефрактометрическим методом. Показатель преломления раствора линейно зависит от его концентрации, выраженной в объемных долях  $W$ .

$$W_B^0 = \frac{V_B}{V_A + V_B} \quad (1)$$

Определение состава конденсата производится по калибровочному графику. Для его построения измеряют показатели преломления чистых компонентов ацетона и изопропилового спирта (или если нет уверенности в чистоте исходных компонентов, для конденсата, собранного при определении температур их кипения) и проводят на графике зависимость показателя преломления  $n$  от объемной доли  $W_B^0$  компонента ацетона, соединяющую полученные значения (рис. 2.).

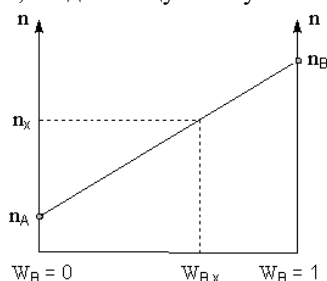


Рис. 2. Калибровочная прямая для определения состава конденсата.

### Определение состава равновесных фаз и построение диаграмм

Для определения состава могут быть использованы различные методы объемного или инструментального анализа.

Для органических жидкостей пользуются измерением показателя преломления. Измеряют показатели преломления исходных растворов известного состава и чистых веществ. Далее вычерчивают калибровочную кривую зависимости показателя преломления от состава. По этой калибровочной кривой, зная показатель

преломления конденсата, определяют его состав.

Количественный состав растворов выражают различными способами. Однако на диаграммах равновесия «жидкость – пар» состав обычно выражают в мольных долях или молярных процентах. Для перевода объёмных процентов в молярное надо сначала найти число молей каждого компонента.

$$n_i = \frac{v_i}{V_i},$$

где  $v_i$  – объёмная доля  $i$ -го компонента в растворе;

$$V_i = \frac{M_i}{\rho_i}$$

$\rho_i$  – молекулярный объём  $i$ -го компонента в чистом виде:

$M_i$  – молекулярный вес  $i$ -го компонента;

$\rho_i$  – плотность компонента, г/см<sup>3</sup>.

Далее находят долю  $i$ -го компонента в растворе по уравнению

$$N_i = \frac{n_i}{\sum n_i},$$

где  $\sum n_i$  – сумма числа молей всех компонентов в смеси.

Молярный процент определяется как  $N \cdot 100$ .

Для построения диаграммы «температура кипения – состав» на оси абсцисс откладывают состав в мол. %, а на осях ординат – температуры кипения чистых веществ и изученных растворов. Каждой температуре (кроме температур кипения чистых веществ) соответствуют две точки, определяющие составы жидкости и равновесного с ней пара. Соединяя соответствующие точки, получают две кривые; кривую жидкости и пара. Анализ полученной диаграммы проводят на основе законов Коновалова и правила фаз.

После пересчета состава раствора и пара в мольные доли строят диаграмму состояния системы. На графике в координатах состав – температура наносят точки, образующие две зависимости: зависимость температуры кипения от состава раствора и зависимость температуры кипения раствора от состава равновесного пара (рис. 3). Соединяя эти точки, получают диаграмму состояния системы.

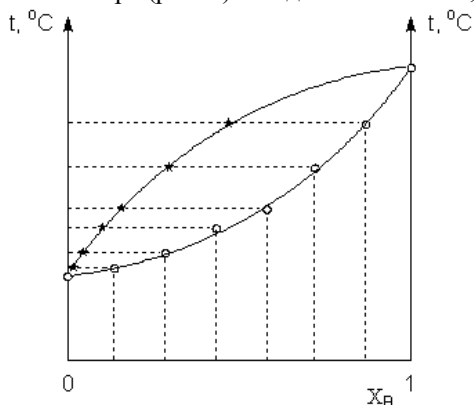


Рис. 3. Построение диаграммы состояния системы раствор – пар.

## «Основные понятия коллоидной химии. Получение коллоидных систем»

### Лабораторная работа №2

#### «Получение золей методом конденсации»

**Цель работы:** получение гидрозолей методом конденсации; наблюдение явления опалесценции.

**Приборы и реактивы:** исходные растворы для получения коллоидных систем, конические колбы, пипетки и набор пробирок, бюретки на 50 мл, воронки, мерные цилиндры, кюветы с плоскопараллельными стенками и проекционный фонарь для наблюдения конуса Тиндала.

**Контрольные вопросы:** предмет коллоидной химии; основные понятия: дисперсная фаза, дисперсная среда, дисперсность; условия получения стабильных коллоидных систем; диспергирование и конденсация; физические и химические методы получения золей методом конденсации; строение мицелл; пептизация.

#### Теоретическое введение

Дисциплина «Коллоидная химия» изучает физикохимию дисперсных систем и поверхностных явлений. Коллоидное состояние -высокодисперсное (сильно раздробленное) состояние, в котором отдельные частицы представляют собой агрегаты, включающие множество молекул. Поскольку раздробленное вещество всегда находится в какой-либо среде.можно считать ,что коллоидные системы состоят минимум из двух фаз: одна фаза -частицы вещества называется дисперсной (она дискретна), другая – дисперсионной средой (она непрерывна). Частицы дисперсной фазы распределены в дисперсионной среде.

По интенсивности взаимодействия между дисперсной фазой и дисперсионной средой коллоидные системы подразделяются на *лиофильные* и *лиофобные*. Критерием межфазного взаимодействия является поверхностное натяжение на границе раздела фаз  $\sigma_{1,2}$ . Известна критическая величина поверхностного натяжения  $\sigma_{кр}$ , равная  $1 \cdot 10^{-5}$  Дж/м<sup>2</sup> (так называемый критерий Ребиндера). При  $\sigma_{1,2} \ll \sigma_{кр}$  система считается лиофильной. Получается она путем самопроизвольного диспергирования веществ в дисперсионной среде и поэтому является термодинамически устойчивой. Примером такой системы является раствор ПАВ в воде, например, раствор мыла. При  $\sigma_{1,2} > \sigma_{кр}$  система лиофобна. Такая система самопроизвольно получиться не может, для ее образования необходима затрата работы извне, что делает ее принципиально термодинамической неустойчивой.

В основе синтеза лиофобных систем лежат следующие принципы.

1. Для того чтобы  $\sigma_{1,2}$  было больше  $\sigma_{кр}$ , необходимо подобрать два компонента, не растворимых друг в друге, т.е дисперсная фаза не должна растворяться в дисперсионной среде.
2. Вещество, являющееся дисперсной фазой, должно обладать определенной степенью дисперсности. Дисперсность – величина, обратная диаметру частиц:  $D = \frac{1}{d}$

Системы с размером частиц  $10^5 - 10^7$  см называется золями ( если дисперсионной средой является вода — это гидрозоли, если любая другая среда — лиозоли). Системы, у которых размер частиц находится в пределах от  $10^2$  до  $10^5$  см, относятся к суспензиям и эмульсиям.

3. Полученные частицы дисперсной фазы должны равномерно распределяться в дисперсной среде, находится в броуновском движении и при этом не слипаться друг с другом, то есть коллоидная система должна быть стабильной. Для этой цели применяют специальные добавки - стабилизаторы. Ими могут быть поверхностно-активные вещества, высокомолекулярные соединения или соединения, принимающие участие в реакции получения коллоидных систем и взятые в избытке.

Поскольку коллоидные частицы занимают промежуточное положение между молекулами ( $d < 10^{-7}$  см) и грубодисперсными телами ( $d > 10^{-1}$  см) ,они могут получены либо путём соединения отдельных молекул или ионов агрегаты, либо в результате измельчения крупных частиц. Отсюда вытекают два метода получения коллоидных систем: диспергирование и конденсация.

*Диспергирование* — это раздробление вещества до нужной степени дисперсности.

Существуют различные способы диспергирования: механические (дробление, истирание, использование различных мельниц, в том числе и коллоидных), вибрационные, электрические. Достоинством метода является простота, недостатком — большие энергозатраты и невозможность получения высокой степени дисперсности ( $d < 10^5$  см).

*Конденсация* — метод, обратный диспергированию. В основе всех конденсационных способов лежат процессы агрегирования — объединение молекул или ионов гомогенной среды, приводящие к возникновению новой дисперсной фазы. Для образования гетерогенной системы из

гомогенной необходимо создать перенасыщение. В зависимости от того, каким путём это состояние достигается, различают физические и химические способы конденсации.

*Физические способы* — заключается в замене растворителя (растворитель, хорошо растворяющие данное вещество, заменяется другим, в котором это вещество нерастворимо) и понижении температуры (конденсация паров).

*Химические способы* предполагают проведение таких химических реакций, в результате которых получаются труднорастворимые в данном растворителе (дисперсионной среде) вещества.

Для получения различных гидрозолей применяют реакции:

восстановления:  $2\text{HAuCl}_4 + 4\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Au} \downarrow + 8\text{HCl} + 4\text{O}_2$ ;  
(гидрозоль золота)

окисления:  $2\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + 3\text{S} \downarrow$ ;  
(гидрозоль серы)

двойного обмена:  $\text{BaCl}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{NaCl}$ .  
(гидрозоль сульфата бария)

Коллоидные системы гидрозоли состоит из мицелл и молекул дисперсионной среды.

*Мицелла* — это структурная единица коллоидной системы, представляющая собой совокупность молекул дисперсной фазы (агрегат) вместе со своим двойным электрическим слоем. Рассмотрим строение мицеллы на примере гидрозоля йодистого серебра  $\text{AgI}$ , которые получают по реакции:  $\text{AgNO}_3 + \text{KI} \rightarrow \text{AgI} \downarrow + \text{KNO}_3$ .

Для придания стабильности коллоидной системе один из исходных компонентов необходимо взять в избытке. Вещество, взятое в избытке, является *стабилизатором* коллоидной системы. Рассмотрим два случая получения гидрозоля  $\text{AgI}$ : а) когда в избытке берётся  $\text{AgNO}_3$ ; б) когда в избытке берётся  $\text{KI}$ . Мицеллы в этих гидрозолях йодида серебра будут отличаться друг от друга. При написании формулы мицеллы необходимо учитывать следующие правила:

1. Основой мицеллы является нерастворимый агрегат, включающий неопределённое количество молекул  $m$  нерастворимого соединения:

$m(\text{AgI}) \quad m \cong 80000$  молекул.

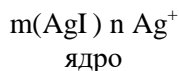
агрегат

2. На поверхности агрегата адсорбируются ионы электролита - стабилизатора, способные достраивать его кристаллическую решётку, т.е те ионы, которые входят в состав агрегата в растворе в избытке (правило Фаянса-Панета). Эти ионы называются *потенциалоопределяющими*. Они вместе с агрегатом составляет ядро мицеллы. Состав ядра мицеллы для случаев (а) и (б) будет различен.

Если в избытке берётся  $\text{AgNO}_3$ , то он будет стабилизатором.

Диссоциирует  $\text{AgNO}_3$  по уравнению:  $\text{AgNO}_3 \leftrightarrow \text{Ag}^+ + \text{NO}_3^-$

т.е в растворе в избытке имеются ионы  $\text{Ag}^+$  (потенциалоопределяющие) и отрицательно заряженные ионы  $\text{NO}_3^-$  (противоионы). Ионы серебра способны достраивать кристаллическую решётку агрегата (входят в его состав), поэтому они адсорбируются на поверхности агрегата, образуя ядро мицеллы:



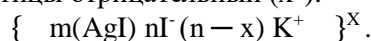
где  $n$  - количество адсорбирующихся противоионов.

Если в избытке берётся  $\text{KI}$ , то стабилизатором будет этот электролит, диссоциирующий по уравнению:  $\text{KI} \leftrightarrow \text{K}^+ + \text{I}^-$ .

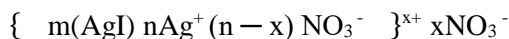
Ионы  $\text{I}^-$  является потенциалоопределяющими, они входят в состав агрегата и адсорбируются на его поверхности образуя отрицательно заряженное ядро:  $m(\text{AgI}) \quad n\text{I}^-$   
ядро

3. Ионы  $\text{NO}_3^-$  в случае (а) и ионы  $\text{K}^+$  в случае (б) называются *противоионами*. Часть этих противоионов ( $n - x$ ) прочно притягиваются к ядру мицеллы, вследствие чего образуется заряженная коллоидная частица. В случае а) частица имеет положительный заряд ( $x^+$ ):  $\{ m(\text{AgI}) \quad n\text{Ag}^+ (n - x) \text{NO}_3^- \}^{x+}$ .

В случае б) поверхности заряд частицы отрицательный ( $x^-$ ):



4. Остальные  $x$  противоионы связаны с частицей непрочны, они распределены диффузно в жидкой среде. В итоге образуется нейтральная мицелла. Таким образом формула мицеллы в случае (а) имеет вид:



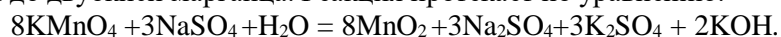
в случае (б):  $\{ m(\text{AgI}) \quad n\text{I}^- (n - x) \text{K}^+ \}^{x-} \quad x\text{K}^+$ .

### **Выполнение работы**

Гидрозоли в данной работе получается по следующим методикам.

**1. Получение золя канифоли путем замены растворителя.** 3%-ный спиртовый раствор канифоли прибавляют по каплям (5÷6 капель) в пробирку, заполненную примерно на 1/3 дистиллированной водой, и встряхивают. Образуется прозрачный опалесцирующий золь канифоли. Стабилизаторами этого золя являются продукты окисления канифоли и содержащиеся в ней примеси.

**2. Получение золя диоксида марганца путём восстановления.** При добавлении гидросульфата натрия к раствору перманганата калия (марганцовокислого калия) соль марганца восстанавливается до двуокиси марганца. Реакция протекает по уравнению:

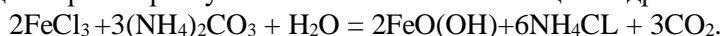


При избытке перманганата калия образуется золь двуокиси марганца с отрицательно заряженными частицами. Потенциалопределяющим ионом является ион  $\text{MnO}_4^-$ , а против ионом —  $\text{K}^+$ .

Синтез выполняется следующим образом: 1мл 1, 5% раствора перманганата калия помещают в колбу и разбавляют дистиллированной водой до 50 мл. В разбавленный раствор вводят пипеткой 2-3 капли 1 % раствора гипосульфита натрия. Образуется вишнево -красный золь двуокиси марганца.

**3. Получение золя гидроксида железа** проводится двумя способами, в основе которых лежит реакция гидролиза. По первому способу 85 мл дистиллированной воды нагревают в конической колбе до кипения. В кипящую воду небольшими порциями приливают 15 мл 2% раствора хлористого железа. Через несколько минут в результате реакции вишнево-коричневый золь гидроксида железа:  $\text{FeCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O} = \text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{HCl}$ .

По второму способу гидролиз растворенного  $\text{FeCl}_3$  осуществляется при взаимодействии его с водным раствором углекислого аммония. Реакция гидролиза выражается уравнением:

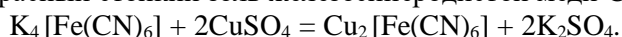


Для получения золя к 5мл 2% раствора  $\text{FeCl}_3$  при интенсивном помешивании прибавляют по каплям 1М раствор  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  до тех пор, пока образовавшийся осадок не перейдёт во взвешенное состояние.

**4. Получение гидрозолей берлинской лазури и железосинеродистой меди.**

Для получения гидрозоля берлинской лазури  $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$  к 5 мл 0,1 % раствора железосинеродистого калия прибавляют по каплям 2 % раствор хлористого железа:  $3\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] + 4\text{FeCl}_3 = \text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3 + 12\text{KCl}$ .

Для получения гидрозоля железосинеродистой меди к 10 мл 0,1 % раствора железосинеродистого калия прибавляют 2- 3 капли 2% раствора сернокислой или хлористой меди. Получается коричнево-красный стойкий золь железосинеродистой меди  $\text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ :



**5. Получение золя берлинской лазури пептизацией щавелевой кислотой.** К 10 мл 0,016 М раствора  $\text{FeCl}_3$  приливают по каплям 5мл насыщенного раствора  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ . Образуемый осадок берлинской лазури отфильтровывают, промывают водой, удаляют фильтрат и заливают осадок на фильтре 0,05М раствором щавелевой кислоты . Осадок быстро пептизируется щавелевой кислотой, и через фильтр проходит синий золь берлинской лазури. Потенциалопределяющим ионом в данном случае является анион щавелевой кислоты.

После синтеза гидрозоли наливают в цилиндр и наблюдают опалесценцию (конус Тандаля) путем пропускания через золь светового луча проекционного фонаря. Для сравнения этот же опыт проводят с дистиллированной водой. В отчете дают краткое описание способа получения гидрозоля, записывают химическую реакцию его образования и формулу мицеллы.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Что называется дисперсной системой? По каким признакам классифицируются дисперсные (коллоидные системы)?
2. Как зависит удельная поверхность от размера частиц?
3. Какими методами получают дисперсные системы?
- 4 В чём сущность диспергационных методов получения дисперсных систем? Приведите примеры.

5. Что такое золь? Как построена мицелла гидрофобного золя? Приведите пример.
6. Является ли мицелла электронейтральным образованием?
7. Что называют пептизацией? Какие способы пептизации применяются для получения зольей? Приведите конкретный пример.

### Лабораторная работа №3

#### ИЗУЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ И АДСОРБЦИЯ НА ГРАНИЦЕ РАЗДЕЛА ЖИДКОСТЬ – ГАЗ

**Цель работы:** определение поверхностного натяжения и изучение адсорбции на границе «раствор – воздух».

**Приборы и реактивы:** прибор Ребиндера; водный раствор ПАВ; колбы емкостью 50 см<sup>3</sup>; мерные колбы и пипетки.

#### *Теоретическое введение*

Молекулы в поверхностном слое по своему энергетическому состоянию отличаются от молекул в объеме фазы. Равнодействующая молекулярных сил в объеме фазы равна нулю, так как каждая молекула испытывает одинаковое притяжение со стороны окружающих ее молекул. Молекула на поверхности граничит не только с подобными себе молекулами, но и с молекулами другой фазы. Поскольку межмолекулярное взаимодействие между разнородными молекулами обычно отличается от притяжения однородных молекул, равнодействующая молекулярных сил притяжения оказывается нескомпенсированной, т.е. она не равна нулю. Если поверхность жидкости граничит с воздухом, то эта равнодействующая направлена вглубь жидкой фазы. Следовательно, для увеличения поверхности, т.е. переноса вещества из объема фазы в поверхностный слой, нужно совершить работу против сил межмолекулярного сцепления.

Работа  $A$ , затраченная на образование единицы поверхности при изотермических и обратимых условиях, называется поверхностным натяжением  $\sigma$ . Исходя из определения  $\sigma$ , очевидна размерность этой величины – Дж/м<sup>2</sup> или Н/м. Соответственно в качестве размерности величины  $\sigma$  в равной степени используются Дж/м<sup>2</sup>; эрг/см<sup>2</sup>; Н/м; дин/см. Под влиянием поверхностного натяжения жидкость всегда стремится принять форму шара, так как это наименьшая поверхность, ограничивающая объем.

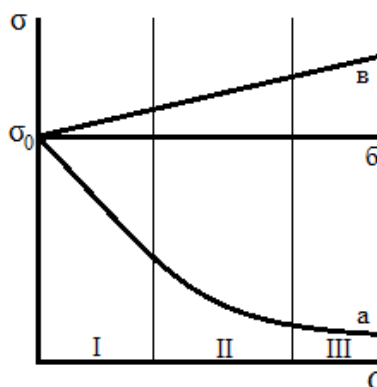
На величину поверхностного натяжения влияет ряд факторов: температура, природа жидкости, присутствие в жидкости посторонних веществ.

С ростом температуры поверхностное натяжение жидкости  $\sigma$  снижается по прямолинейному закону. При критической температуре исчезает различие между граничащими фазами и  $\sigma = 0$ .

Чем сильнее межмолекулярное взаимодействие в жидкости, тем больше ее поверхностное натяжение. Поверхностное натяжение у полярных жидкостей выше, чем у неполярных: например, у воды (полярная жидкость)  $\sigma_{H_2O} = 72,75$  мДж/м<sup>2</sup>, у бензола (неполярный растворитель)  $\sigma_{C_6H_6} = 21,6$  мДж/м<sup>2</sup>.

При растворении в индивидуальной жидкости каких-либо веществ поверхностные свойства системы изменяются.

Вещества, характеризующиеся слабым взаимодействием с растворителями, выталкиваются из объема раствора на поверхность и концентрируются у границы раздела фаз, при этом поверхностное натяжение жидкости уменьшается (рис. 1.1, кривая а). Процесс самопроизвольного накопления вещества на границе раздела фаз называется адсорбцией  $\Gamma$ .



**Рис. 1.1** Зависимость поверхностного натяжения от концентрации раствора

а – изотерма ПАВ;

б – изотерма для вещества, не влияющего на поверхностное натяжение;

в – изотерма для поверхностно-инактивного вещества.

Адсорбция выражается числом молей вещества  $n$ , адсорбированного единицей поверхности  $S$ :

$$\Gamma = n / S, \quad (1.1)$$

Отсюда размерность адсорбции [моль/см<sup>2</sup>]. Вещества, способные накапливаться (адсорбироваться) на поверхности, называются поверхностно-активными (ПАВ). Поверхностно-активными веществами относительно воды являются многие органические соединения: жирные кислоты, например  $C_3H_7COOH$ , соли жирных кислот, например олеат натрия  $C_{17}H_{33}COONa$  спирты, например бутиловый  $C_4H_9OH$ . Большинство из них обладает характерной особенностью строения молекул – дифильностью. Молекула таких веществ состоит из двух частей: полярной – гидрофильной ( $-COOH$ ,  $-COONa$ ,  $-OH$ ) и неполярной – гидрофобной ( $-C_{17}H_{33}$ ,  $-C_3H_7$ ,  $-C_4H_9$ ). Молекулы ПАВ принято изображать символом  $\text{---}\bigcirc$ , где кружок обозначает полярную группу, а черточка – неполярный радикал.

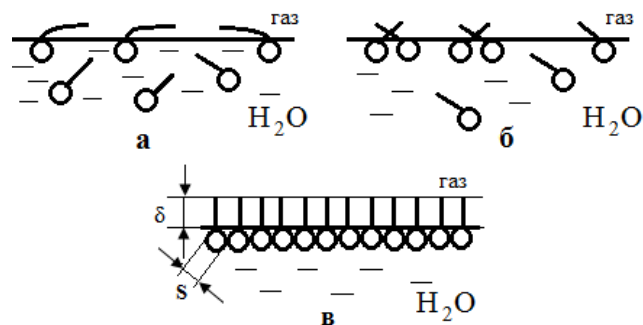
Длина углеводородного радикала молекулы сильно сказывается на поверхностной активности вещества  $G$ , которая равна

$$G = -\left(\frac{d\sigma}{dC}\right)_{C \rightarrow 0}, \quad (1.2)$$

Вещества, характеризующиеся сильным взаимодействием с молекулами растворителя, остаются в объеме. Такие вещества называются инактивными, поверхностный слой ими обеднен. Поверхностное натяжение системы при этом незначительно возрастает (рис. 1.1, кривая в). Поверхностно-инактивными веществами относительно воды являются, например, неорганические кислоты ( $HCl$ ,  $H_2SO_4$ ), соли ( $NaCl$ ,  $KCl$ ). Помимо поверхностно-активных веществ и инактивных веществ, понижающих и повышающих поверхностное натяжение растворителя, существуют вещества, при растворении которых поверхностное натяжение не изменяется (рис. 1.1, кривая б). Таким веществом по отношению к воде является сахар. Изотерма поверхностного натяжения жидкости в присутствии ПАВ имеет три характерных участка, соответствующих малым (прямолинейный участок I), средним (пологий участок II) и большим (горизонтальный участок III) концентрациями ПАВ.

При малых концентрациях ПАВ граница раздела «жидкость – газ» свободна от молекул поверхностно-активного вещества, поэтому почти все добавленные молекулы могут располагаться в поверхностном слое, и поверхностное натяжение будет снижаться пропорционально добавленному количеству ПАВ (рис. 1.2а)





**Рис. 1.2** Ориентация молекул ПАВ в адсорбционном слое:

а – при малых концентрациях ПАВ;

б – при средних;

в – при больших.

При средних концентрациях значительная часть поверхности занята молекулами ПАВ, поэтому поверхностное натяжение будет зависеть от концентрации в меньшей степени (рис. 1.2 б).

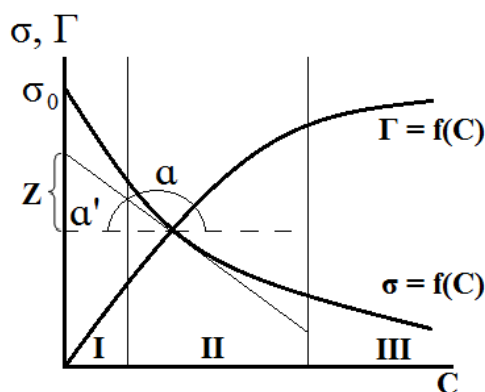
При больших концентрациях ПАВ на изотерме наблюдается почти горизонтальный участок, т.е. поверхностное натяжение системы мало изменяется при добавке ПАВ в раствор. При этих условиях на поверхности образуется сплошной мономолекулярный слой поверхностно-активного вещества, и дальнейшая адсорбция невозможна (рис. 1.2 в).

Адсорбция, соответствующая состоянию, при котором образуется насыщенный мономолекулярный слой, называется предельной адсорбцией и обозначается  $\Gamma_{\text{макс}}$  или  $\Gamma_{\infty}$ .

Связь между адсорбцией, (количеством избыточного вещества на поверхности) и способностью снижать поверхностное натяжение разбавленных растворов, описывается уравнением Гиббса:

$$\Gamma = -\frac{C}{RT} \cdot \frac{d\sigma}{dC}, \quad (1.3)$$

Где  $C$  – концентрация;  $R$  – универсальная газовая постоянная;  $T$  – абсолютная температура;  $d\sigma/dC$  – производная, определяющая меру снижения поверхностного натяжения в зависимости от концентрации вещества.



**Рис. 1.3** Построение изотермы адсорбции по изотерме поверхностного натяжения

По уравнению Гиббса рассчитывается изотерма адсорбции, т.е. зависимость адсорбции от концентрации при постоянной температуре (рис. 1.3). Для этого при разных концентрациях ПАВ в растворе изменяют поверхностное натяжение и строят зависимость  $\sigma \rightarrow f(C)$ . В какой-либо точке пологого участка кривой проводят касательную. Тангенс угла наклона этой касательной к оси абсцисс  $\tan \alpha$  равен первой производной в этой точке, т.е.  $\tan \alpha = d\sigma/dC$ .

Для расчета адсорбции необходимо подставить в уравнение Гиббса значения производной, концентрации в этой точке, а также температуры опыта. Определив для ряда точек значения адсорбций, строят изотерму адсорбции, т.е. зависимость адсорбции от концентрации:

$$\Gamma = f(C).$$

Кроме уравнения Гиббса, изотерму адсорбции так же хорошо описывает уравнение Ленгмюра:

$$\Gamma = \Gamma_{\infty} \cdot \frac{bC}{1 + bC}, \quad (1.4)$$

Где  $\Gamma_{\infty}$  - величина адсорбции при полном насыщении слоя;

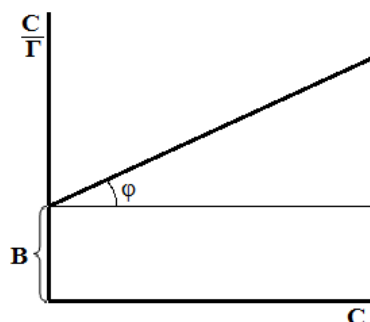
$b$  – константа адсорбционного равновесия.

Для нахождения констант в уравнении Ленгмюра ( $\Gamma_{\infty}$  и  $b$ ) графическим путем его преобразуют к виду:

$$\frac{C}{\Gamma} = \frac{C}{\Gamma_{\infty}} + \frac{1}{b \cdot \Gamma_{\infty}}. \quad (1.5)$$

Откладывая на оси ординат величину  $C/\Gamma$ , а по оси абсцисс –  $C$  (рис 1.4), получают прямую. Котангенс угла  $\phi$ , образуемый этой прямой с осью абсцисс, равен  $\Gamma_{\infty}$ . отрезок, отсекаемый от оси

ординат  $B = \frac{1}{\Gamma_{\infty} \cdot b}$ .



**Рис. 1.4** Решение уравнения Ленгмюра путем его преобразования в уравнение прямой

По найденной величине  $\Gamma_{\infty}$  можно вычислить параметры адсорбционного слоя:  $S_0$  и  $\delta$ .  $S_0$  – площадь, занимаемая одной адсорбированной молекулой, численно равная площади полярной гидрофильной части молекулы (например, площади группы –ОН при адсорбции бутилового спирта  $C_4H_9OH$ ). Величина  $\delta$  примерно равна длине углеводородного радикала молекулы ПАВ, т.е. в случае адсорбции бутилового спирта – длине цепочки – $C_4H_9$ . Поскольку адсорбцию  $\Gamma$ , а значит, и предельную адсорбцию выражают числом молей вещества  $n$ , адсорбированного в монослой на площади  $S$ , т.е.  $\Gamma_{\infty} = n/S$ , то если  $n$  равно 1 моль,

$$\Gamma_{\infty} = \frac{1}{S_0 \cdot N_a}, \quad (1.6)$$

Где  $S_0$  – площадь, занимаемая одной молекулой ( $S = S_0 N_a$ );  $N_a$  – число Авогадро, равное числу молекул в 1 моле вещества. Следовательно,

$$S_0 = \frac{1}{\Gamma_{\infty} \cdot N_a}. \quad (1.7)$$

Толщину адсорбционного слоя  $\delta$  можно определить, вычислив объем этого слоя. Объем равен произведению толщины слоя  $\delta$  на его площадь  $S$  ( $V = \delta S$ ). В свою очередь, объем можно вычислить, разделив молекулярную массу вещества  $M$  на плотность  $\rho$  ( $V = M/\rho$ ). Из равенства  $\delta \cdot S = M/\rho$  получаем  $\delta = M/S \cdot \rho$ . Поскольку  $S = S_0 N_a$ , а  $S_0 = 1/\Gamma_{\infty} \cdot N_a$ , то  $\delta = M \cdot \Gamma_{\infty} / \rho$ . Сопоставляя вычисленные значения толщины слоя с длиной молекулы, известной из ее строения, можно сделать заключение об ориентации молекул в адсорбционном слое. Если толщина слоя совпадает с длиной молекулы, то наблюдается вертикальная ориентация молекул ПАВ в адсорбционном слое.

Рассмотренный метод имеет ряд недостатков:

1. Величина  $\frac{\partial \sigma}{\partial C}$  увеличивается с ростом концентрации только при малых значениях  $C$ , а при больших концентрациях, по мере насыщения адсорбционного слоя молекулами ПАВ, величина

первой производной начинает убывать с ростом концентрации. Вследствие этого изотерму  $\Gamma = f(C)$  можно построить только при незначительных концентрациях.

2. Поскольку начальный участок зависимости  $\sigma = f(C)$  линейный, то и адсорбция, рассчитанная для малых концентраций ПАВ, тоже, как правило, изменяется с ростом концентрации по линейному закону. Поэтому графическим решением уравнения Ленгмюра, которое представляет собой параболическую зависимость, для нахождения  $\Gamma_\infty$  и  $b$  пользоваться нельзя, т.к. функциональная зависимость  $C/\Gamma$  от концентрации не будет прямолинейна.
3. При построении касательных к кривой  $\sigma = f(C)$ , т.е. при проведении графического дифференцирования, возможно привнесение ошибок в расчет адсорбции. Поэтому расчет  $\Gamma_\infty$  проводят другими методами, используя уравнения Гиббса или Шишковского.

#### **Расчет $\Gamma_\infty$ по уравнению Гиббса**

В уравнении Гиббса величина предельной адсорбции не содержится. Однако, если допустить, что существует некоторое предельное значение  $\Gamma_\infty$  достигнув которого величина адсорбции остается постоянной, можно произвести интегрирование уравнения Гиббса в той области концентраций, где адсорбция уже перестала изменяться:

$$RT\Gamma_\infty = -\frac{d\sigma}{d\ln C}, \quad (1.8)$$

т.е. величина  $RT\Gamma_\infty$  постоянна. Поэтому вышеприведенное уравнение можно проинтегрировать следующим образом:

$$\pi = -\Delta\sigma = RT\Gamma_\infty \ln C + \text{const} \quad (1.9)$$

где const – постоянная интегрирования.

Строя зависимость  $\Delta\sigma = \sigma_0 - \sigma = f(\ln C)$ , получаем кривую, которая при достаточно больших концентрациях (в пределе) переходит в прямую (рис. 1.5). Тангенс угла наклона этой прямой, судя по вышеприведенному уравнению, равен угловому коэффициенту при  $\ln C$ : ( $\text{tg} \alpha = RT\Gamma_\infty$ ), откуда  $RT\Gamma_\infty = -\frac{\text{tg} \alpha}{RT}$ .

Зная величину  $\Gamma_\infty$  из уравнения Шишковского:

$$\sigma_0 - \sigma = A \ln(1 + bc),$$

где  $A = RT\Gamma_\infty$

$b$  – константа адсорбционного равновесия,

находят константу  $b$ . По уравнению Ленгмюра вычисляют адсорбцию, а затем строят полную изотерму адсорбции при всех значениях концентраций.

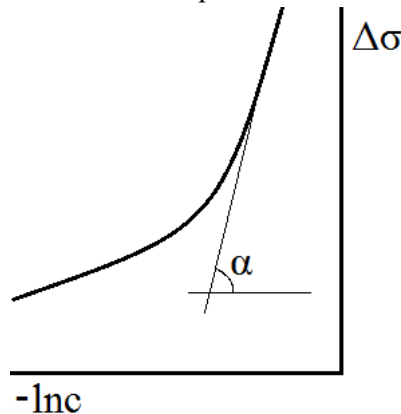


Рис. 1.5 Изотерма двумерного давления, зависимость  $\Delta\sigma$  от  $\ln c$

#### **Расчет предельной адсорбции по уравнению Шишковского**

Для определения  $A$  и  $b$  в уравнении Шишковского решают систему уравнений:

$$\begin{aligned} \sigma_0 - \sigma_1 &= A \ln(1 + bc_1), \\ \sigma_0 - \sigma_2 &= A \ln(1 + bc_2), \end{aligned} \quad (1.10)$$

где  $\sigma_0$  – поверхностное натяжение воды;

$\sigma_1$  и  $\sigma_2$  – значения поверхностного натяжения, измеренные при концентрациях вещества  $C_1$  и  $C_2$ .

Величины  $\sigma_i$  берутся из экспериментальных данных по измерению зависимости поверхностного натяжения от концентрации  $C_i$  ПАВ в растворе.

Расчет параметров  $A$  и  $b$  в уравнении Шишковского можно выполнить с помощью нелинейного регрессионного анализа, воспользовавшись программой STATEGRAPHICS.

Кроме того, вышеприведенная система уравнений решается и вручную, для чего уравнение Шишковского нужно предварительно продифференцировать. После дифференцирования уравнение Шишковского имеет вид:

$$-\frac{d\sigma}{dc} = \frac{Ab}{1+bc}. \quad (1.11)$$

Полагая, что  $d\sigma \sim \Delta\sigma$ ,  $dc \sim \Delta c$ , можно записать систему уравнений:

$$\begin{aligned} -\frac{d\sigma_1}{dc} &= \frac{Ab}{1+bc_1}, \\ -\frac{d\sigma_2}{dc} &= \frac{Ab}{1+bc_2}. \end{aligned} \quad (1.12)$$

Поделив одно уравнение на другое и воспользовавшись опытными данными зависимости поверхностного натяжения от концентрации, находят  $b$ :

$$b = \frac{k-1}{c_2 - kc_1}, \quad (1.13)$$

где  $k = -\frac{\Delta\sigma_1}{\Delta\sigma_2} - \frac{\Delta\sigma_2}{\Delta\sigma_1}$ . Затем, подставив  $b$  в уравнение Шишковского, вычисляют константу  $A$ , которая равна  $RT\Gamma_\infty$ .

Отсюда  $\Gamma_\infty = A/RT$ . По уравнению Ленгмюра рассчитывают адсорбцию и строят полную изотерму адсорбции  $\Gamma = f(c)$ .

### **Методы измерения поверхностного натяжения**

Методы определения поверхностного натяжения подразделяются на статические (при неподвижных или медленно образующихся поверхностях) и динамические (при движущихся и непрерывно изменяющихся поверхностях). Динамические методы не могут быть использованы для определения поверхностного натяжения растворов ПАВ, так как формирование адсорбционных слоев – длительный процесс, и поверхностное натяжение, измеренное за непродолжительное время, не будет соответствовать равновесному. Статические и полустатические методы позволяют измерить равновесные значения поверхностного натяжения жидкости.

Известны следующие методы определения поверхностного натяжения: метод капиллярного поднятия жидкости, метод отрыва кольца, метод наибольшего давления пузырька газа в жидкости, сталагмометрический метод (отрыв капли) и др. Наиболее распространенным является полустатический метод давления газового пузырька. Суть его заключается в том, что измеряется давление  $P$ , необходимое для образования пузырька газа. Это давление можно измерить на приборе, сконструированном академиком П.А. Ребиндером (рис 1.6).

Между максимальным избыточным давлением  $P$ , измеряемым до проскакивания пузырька через капилляр, опущенный в жидкость, и поверхностным натяжением существует зависимость:

$$\Delta P = \frac{2\sigma}{r}, \quad (1.14)$$

где  $r$  – радиус капилляра.

Следует заметить, что в момент проскакивания пузырька обычно наблюдается резкое уменьшение давления, что позволяет четко фиксировать максимальное значение давления, отвечающего условию, при котором выполняется вышеприведенное уравнение. Давление  $P$  можно выразить через разность уровней столба жидкости  $\Delta h$  в манометре, тогда

$$\sigma = \frac{\Delta h \cdot r}{2} = K \cdot \Delta h, \quad (1.15)$$

где  $K$  – константа прибора, в которую не входят величины, зависящие от природы измеряемой жидкости ( $K = r/2$ ).

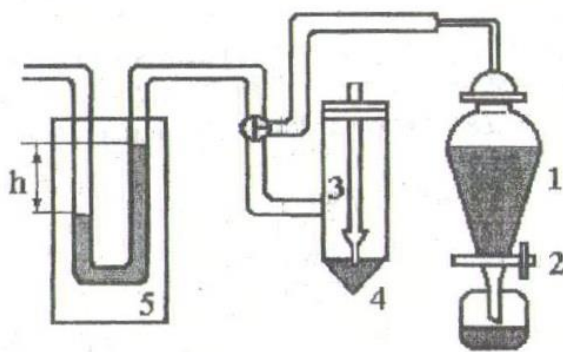


Рис. 1.6 Схема установки для измерения поверхностного натяжения жидкости (прибор Ребиндера)  
1 – делительная воронка; 2 – кран; 3 – трубка с капилляром; 4 – сосуд с исследуемой жидкостью; 5 – манометр.

Для определения постоянной  $K$  измеряют максимальное давление  $\Delta h_0$  для стандартной, например, воды, у которой величина поверхностного натяжения  $\sigma_0$  известна. Зная  $\sigma_0$  и измерив  $\Delta h_0$ , вычисляют  $K = \sigma_0 / \Delta h_0$ . Подставив  $K$  в уравнение  $\sigma = K \cdot \Delta h$ , получают:

$$\sigma = \sigma_0 \frac{\Delta h}{\Delta h_0}. \quad (1.16)$$

### Выполнение работы

Для выполнения работы необходимо иметь прибор Ребиндера, водный раствор ПАВ, колбы емкостью 30 см<sup>3</sup>, мерные колбы и пипетки.

1. Получив от преподавателя раствор ПАВ известной концентрации, с помощью мерных колб и пипеток готовят 5 растворов путем последовательного разбавления вдвое.

2. В сосуд (рис.1.6) наливают дистиллированную воду примерно наполовину емкости измерительной ячейки и устанавливают капилляр так 3 так, чтобы он касался ее поверхности. Плотнo закрывают все шлифы и краны.

3. Для того чтобы создать разрежение в сосуде, через кран 2 выливают воду из делительной воронки 1, при этом разность между уровнями жидкости в манометре увеличивается. Измеряют максимальную разность уровней жидкости в манометре, при которой происходит проскакивание пузырьков воздуха через капилляр. Измерение производят 3-4 раза и вычисляют среднее значение. Скорость проскакивания пузырьков регулируют так, чтобы число пузырьков не превышало 2-3 в минуту.

**ВНИМАНИЕ!** Если при открывании крана вода из делительной воронки не течет, значит, в резиновые шланги попала жидкость. Необходимо снять шланги и вылить из них воду. Если при течении воды из воронки не наблюдается пробуксовывания пузырьков через капилляр, необходимо проверить герметичность установки.

4. Производят измерение с исходным и приготовленными растворами и находят  $\Delta h$ . Начинать измерение следует с раствора самой низкой концентрации.

5. На основании полученных данных вычисляют поверхностное натяжение  $\sigma$  для всех растворов ПАВ по формуле (1.16). В формулу подставляют  $\sigma_0$  – поверхностное натяжение воды, рассчитанное при температуре опыта  $t$  по уравнению (1.17):

$$\sigma_0 = 73,5 - 0,15(t - 15), \quad (1.17)$$

где 73,5 мДж/м<sup>2</sup> – поверхностное натяжение воды при температуре 15 °С.

По найденным значениям  $\sigma$  строят изотерму поверхностного натяжения  $\sigma = f(C)$ . Экспериментальные и рассчитанные данные заносят в таблицу 1.1.

Рассчитывают адсорбцию. Поскольку физический смысл производной  $d\sigma/dC$  есть тангенс угла наклона касательной к кривой  $\sigma = f(C)$ , то в средней области кривой (области 2 на рис. 1.3)

берут 5-6 точек и проводят к ним касательные и прямые, параллельные оси абсцисс. Соответствующие этим точкам концентрации заносят в табл. 1.2.

Таблица 1.1

| $C, \text{ моль/л}$ | $\Delta h, \text{ см}$ | $\sigma, \text{ мДж/м}^2$ |
|---------------------|------------------------|---------------------------|
|                     |                        |                           |

Рассмотрим (см. рис 1.3) порядок проведения расчета для одной из точек, например, для точки А. Из рис. 1.3 видно, что производная в этой точке  $\frac{d\sigma}{dC} = tg\alpha = -tg'\alpha'; tg\alpha' = \frac{z}{c}$ .

Для нахождения тангенса угла наклона нельзя пользоваться транспортиром, его следует рассчитывать как отношение катетов треугольника, т.е. отрезков осей координат, выраженных в соответствии с масштабом графика. Подставив в уравнение Гиббса найденное значение производной  $\frac{d\sigma}{dC} = -\frac{z}{c}$ , получают  $\Gamma = \frac{z}{RT}$ .

7. По преобразованному уравнению Ленгмюра находят предельную адсорбцию  $\Gamma_{\infty}$ . Для этого на оси абсцисс откладывают значения концентрации, а на оси ординат – соответствующее им вычисленные значения  $C/\Gamma$ . в результате получают прямую (рис. 1.4), из котангенса угла наклона которой можно вычислить  $\Gamma_{\infty}$ .

8. По найденной величине  $\Gamma_{\infty}$  определяют площадь молекулы  $S_0$  и толщину адсорбционного слоя  $\delta$ .

9. Измеренные и вычисленные данные записывают в таблицу 1.2.

**ПРИМЕЧАНИЕ:**

Значение газовой постоянной  $R = 8,3142 \text{ Дж}\cdot\text{К}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$ .

$N_a = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ 1/моль}$ .

Таблица 1.2

| $C, \text{ моль/л}$ | $\Delta\sigma = z,$<br>$\text{мДж/м}^2$ | $\Gamma, \text{ моль/см}^2$ | $C/\Gamma$ |
|---------------------|---|-----------------------------|------------|
|                     |   |                             |            |

Значения плотности н-бутилового спирта и олеата натрия приведены в табл. 1.3. Молекулярные массы бутилового спирта и олеата натрия рассчитываются как сумма их атомных масс исходя из химических формул:  $C_4H_9OH$ ,  $C_{17}H_{33}COONa$ .

Таблица 1.3

| Вещество                         | Плотность (г/см <sup>3</sup> ) при температуре |        |        |
|----------------------------------|--|--------|--------|
|                                  | 15 °C  | 20 °C  | 30 °C  |
| Н-бутиловый спирт $C_4H_9OH$     | 0,8233   | 0,8086 | 0,8020 |
| Олеат натрия $C_{17}H_{33}COONa$ | -  | 0,8906 | -      |

## «Устойчивость дисперсных систем» Лабораторная работа № 4

### *Исследование электролитной коагуляции зольей*

**Цель работы:** определение порогов коагуляции электролитов.

**Определение приборов и реактивы:** золь гидроксида железа (2, 0 %-ный раствор); растворы электролитов KCL (4M), NaCL (4 M), K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ( 0,5 M), Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0,5 M), K<sub>3</sub>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>O (0,33M), чистые пробирки и пипетки.

**Контрольные вопросы:** устойчивость лиофобных коллоидных систем и их стабилизация, коагуляция зольей, правила электролитной коагуляции.

#### **Теоретическое введение**

Лиофобные коллоидные системы характеризуются избытком свободной поверхностной энергии:

$$F_{1,2} = \sigma_{1,2} S_{1,2}. \quad (1)$$

где  $S_{1,2}$  — межфазная поверхность (индекс 1,2 означает фазы), достигает больших значений вследствие высокоразвитой поверхности раздела дисперсной фазы (1) и дисперсионной среды (2), а также значительной величины межфазного натяжения  $\sigma_{1,2}$ .

Согласно второму закону термодинамики, величина  $F_{1,2}$  как свободная энергия стремится к минимуму, что проявляется в укрупнении частиц за счет их слипания. Это, в конечном счете, приводит к разделению системы на макрофазы. Таким образом, лиофобные коллоидные системы являются принципиально термодинамическими неустойчивыми системами.

Для существования устойчивой коллоидной системы должны соблюдаться следующие условия: постоянство величины дисперсности  $D = 1/d$  ( $d$  — диаметр частицы) и равномерность распределения дисперсной фазы в дисперсионной среде. Способность коллоидной системы сохранять дисперсность, т.е. размер частиц во времени, называется *агрегативной устойчивостью*. Способность коллоидной системы сохранять равномерность распределения дисперсной фазы в дисперсионной среде называется *кинетической устойчивостью*. Потеря коллоидной системой устойчивости приводит к *коагуляции* — процессу агрегирования частиц, в результате которого система может потерять агрегативную и кинетическую устойчивость.

В дисперсных системах, сохраняющих агрегативную устойчивость во времени, действуют те или иные факторы стабилизации.

Факторы агрегативной устойчивости дисперсных систем подразделяются на термодинамические и кинетические.

К термодинамическим относятся следующие:

1. *Электростатический* — способствует созданию электростатических сил отталкивания, возрастающих при увеличении потенциала частиц поверхности ( $\varphi$ ) и особенно электрокинетического ( $\xi$ ) потенциала;
2. *Адсорбционно-сольватный* — приводит к уменьшению межфазного натяжения и снижению энергии Гиббса поверхности раздела фаз.
3. *Энтропийный* — является дополнением к двум первым факторам, что особенно характерно для тонкодисперсных систем, частицы дисперсной фазы которых участвуют в броуновском движении. Этот фактор способствует равномерному распределению частиц по объёму системы.

К кинетическим факторам устойчивости, снижающим скорость агрегации частиц дисперсной фазы, относятся:

1. *Структурно-механический*, связанный с образованием на поверхности частиц защитных слоев, стойких к разрушению и обладающих упругостью и механической прочностью.
2. *Гидродинамический*, снижающий скорость агрегации вследствие изменения вязкости среды, плотности дисперсной фазой и дисперсионной среды.

В дисперсных системах агрегативная устойчивость обусловлена действием одновременно нескольких факторов, но основным из них является электростатический и адсорбционно-сольватный.

Нарушение факторов стабилизации приводит к потере коллоидной системой устойчивости, то есть коагуляции. *Коагуляция* — это процесс агрегирования (слипания) частиц, в результате которого система теряет агрегативную и кинетическую устойчивость. Коагуляция может быть вызвана разнообразными

причинами: добавкой электролита (электролитная коагуляция), изменение температуры, механическим воздействием, воздействием света и т.д.

Особенно чувствительны золи к действию на них электролитов.

В зависимости от концентрации электролита коагуляция осуществляется в две стадии: медленную и быструю (рис.1)

При медленной коагуляции изменение концентрации сопровождается резким изменением скорости коагуляции. В области быстрой коагуляции увеличение концентрации электролита в коллоидной системе не вызывает изменения скорости коагуляции, достигшей своего максимального значения.

Концентрацию электролита начиная с которой скорость коагуляции отстаёт постоянной, называют порогом коагуляции.

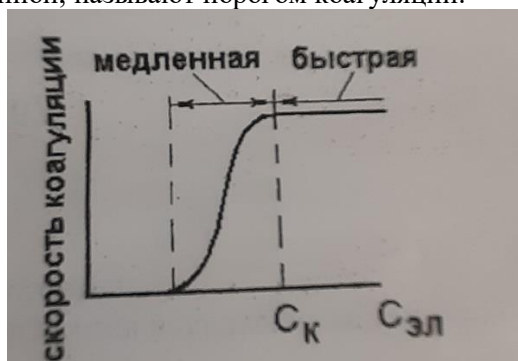


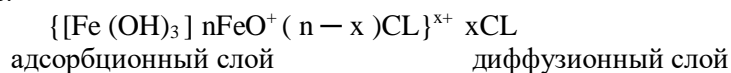
Рис. 1 Зависимость скорости коагуляции от концентрации электролита

При быстрой коагуляции золь электролитами возможны два механизма:

1. Концентрационная коагуляция, при которой потеря устойчивости вызывается сжатием в диффузной части двойного электрического слоя (ДЭС) при неизменяющемся  $\varphi$  - потенциале поверхности.

2. Нейтрализационная коагуляция, происходящая в результате снижения поверхностного  $\varphi$  - потенциала частиц ( $\varphi$  - электрохимический потенциал).

Существует *правила электролитной коагуляции*. Рассмотрим их на конкретном примере:



Частицы золь положительно заряжены, и его агрегативная устойчивость в основном обусловлена наличием электростатического фактора стабилизации. Кроме того, здесь действуют сольватный и энтропийный факторы.

При добавлении электролитов (например,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) происходит коагуляция гидрозоля железа, о чём свидетельствует изменение его цвета. Заканчивается процесс коагуляции выделением осадка — *коагулянта*.

Добавление электролита в гидрозоль приводит к сжатию диффузной части электрического слоя мицелл, благодаря чему они могут приблизиться друг к другу. При этом часть противоионов (в приведенном примере противоионы  $\text{CL}^-$ ) переходит из диффузионного слоя в адсорбционный, и заряд частицы уменьшается. В связи с этим уменьшаются силы отталкивания между частицами и возрастают силы молекулярного притяжения, которые действуют на коротких расстояниях.

В итоге введение электролита вызывает потерю агрегативной устойчивости золя.

Существует несколько правил электролитной коагуляции:

1. Добавка любого электролита в золь вызывает коагуляцию.
2. Коагулирующая способность электролита характеризуется порогом быстрой коагуляции  $C_K$  - минимальной концентрацией электролита, вызывающей коагуляцию коллоидной системы. Чем меньше порог коагуляции, тем больше коагулирующая способность электролита. Значение  $C_K$  можно рассчитать по формуле

$$C_K = \frac{C_{эл} \cdot V}{V}, \quad (2)$$



где  $V_{эл}$  (мл) — пороговый объем раствора электролита концентрации  $C_{эл}$ , добавляемого в  $V$  (мл) исходного золя.

3. Коагулирующим ионом является ион электролита, имеющий знак заряда, противоположный знаку заряда коллоидной частицы. В случае гидрозоля железа коагулирующим ионом будет анион электролита.

4. Чем больше заряд коагулирующего иона, тем больше коагулирующая способность электролита (правило Шульце-Гарди).

Так, в случае электролитной коагуляции гидрозоля железа

$$C_{KCl} > C_{K_2SO_4}^{2-}$$

Для различных электролитов величины порогов коагуляции сильно различаются, даже если они найдены для одного и того же золя. Теоретическими расчётами показано, что концентрационный порог коагуляции обратно пропорционален шестой степени величины заряда (правило Дерягина-Ландау):

$$C_K = B \frac{\varepsilon (kT)^5}{A^2 e^6 z^6} = \frac{const}{z^6}, \quad (3)$$

где  $B$  — константа, слабо зависящая от асимметрии электролита, т.е. отношения числа зарядов катиона и аниона;  $e$  — заряд электрона;  $z$  — заряд коагулирующего иона.

Порог концентрационной коагуляции не зависит от  $\phi$  — потенциала, но зависит от значения постоянной  $A$ , диэлектрической проницаемости  $\varepsilon$  раствора, температуры  $T$ , и заряда  $z$  коагулирующего иона. Из уравнения следует что значение порога коагуляции для одно- двух- трехзарядных ионов должны относиться как

$$\frac{1}{1^6} : \frac{1}{2^6} : \frac{1}{3^6} = 1 : \frac{1}{64} : \frac{1}{729} = 1 : 0,016 : 0,0013 \quad (4)$$

### **Выполнение работы**

Работа выполняется по одной из методик, указанных преподавателем.

#### **Методика 1**

Определение порога коагуляции золя гидроксида железа производится методом светорассеяния.

Метод основан на определении зависимости оптической плотности от концентрации вводимого электролита.

Готовят золь гидроксида железа: в колбу 250 мл кипящей дистиллированной воды наливают 10 мл раствора хлорида железа (2 %-ный раствор). Образуется золь красно-коричневого цвета. Охлаждают золь до комнатной температуры

Затем исследуют коагуляцию полученного золя при введении в него раствора сульфата калия (0,00125 М) путем изменения оптической плотности  $D$  получаемой системы.

В 10 тщательно вымытых пробирок наливают по 10 мл полученного золя, дистиллированную воду и раствор сульфата калия в объеме указанном в таблице.

Таблица 1

|                          |    |     |   |     |   |     |   |     |   |     |
|--------------------------|----|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|
| Номер пробирки           | 1  | 2   | 3 | 4   | 5 | 6   | 7 | 8   | 9 | 10  |
| Объем воды, мл           | 10 | 9.5 | 9 | 8.5 | 8 | 7.5 | 7 | 6.5 | 6 | 5.5 |
| Объем электролита, мл    | 0  | 0.5 | 1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 4.6 |
| Оптическая плотность $D$ |    |     |   |     |   |     |   |     |   |     |

Электролит вводят в каждую пробирку золем за 2-4 минуты непосредственно перед изменением её оптической плотности. Измеряют оптическую плотность соли в

каждой пробирке с помощью электрофотокolorиметра (согласно инструкции к прибору) с применением светофильтра №.8 Полученные данные заносят в таблицу 1.

Строят зависимость оптической плотности  $D$  от объема электролита  $D = f(V_{эл})$  (рис.2). Порог быстрой коагуляции находят по пороговому объему электролита  $V_k$  (мл), при котором оптическая плотность золя достигает максимального значения, а при дальнейшем добавлении электролита не изменяется.

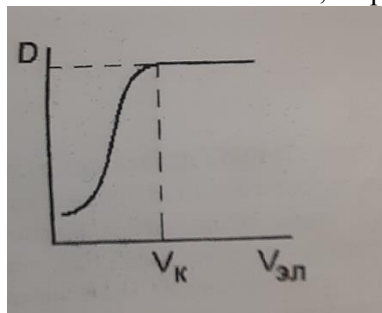


Рис.2 Зависимость оптической плотности золя от объема добавленного электролита —  $K_2SO_4$

Значение  $C_k$  рассчитывают по формуле:

$$C_k = \frac{C_{эл} \cdot V_k}{V} 1000, \text{ ммоль/л} \quad (5)$$

где  $C_{эл}$  — концентрация введенного электролита, моль/л (0,00125 М),  $V$  — объем электролита, мл.

## Методика 2

Готовят контрольную пробу: в пробирку наливают 1 мл золя и добавляют 1 мл дистиллированной воды. Контрольной пробой пользуются на протяжении всех опытов. Отклонение испытуемой пробы от контрольной (появление мутности, изменение окраски, выпадение осадка) указывает на наличие коагуляции.

Измерение порогов коагуляции производится следующим образом. В пробирки наливают по 1 мл золя (одной и той же пипеткой на 1 мл). Затем в каждую пробирку прибавляют по одному мл раствора электролита определенной концентрации. Концентрация электролита от пробирки к пробирке уменьшают вдвое. Например, пробирка №1 содержит 1 мл золя в смеси с 1 мл 0,5 М раствора электролита, пробирка № 2 содержит тот же объем золя в смеси с 1 мл 0,25 раствора электролита и т.д.

При выполнении работы используют следующий метод разбавления. В чистую пробирку наливают 1 мл электролита исходной концентрации и 1 мл этого же электролита приливают к золю в пробирку №1. К 1 мл неразбавленного электролита добавляют 1 мл  $H_2O$ , получают 2 мл раствора электролита, концентрация которого в два раза меньше первоначальной. Далее 1 мл полученного раствора электролита отливают в пробирку с золем № 2, а оставшийся 1 мл снова разбавляют водой вдвое.

Каждый раз при сливании золя с электролитом отмечают действие последнего на золь. Если установлено, что прибавление 1 мл 0,5 М раствора электролита вызывает коагуляцию, т.е. изменяется цвет золя, а прибавление 0,25 М раствора не даёт внешних изменений в золе, то определение порога коагуляции можно считать законченным и дальнейших разбавлений производить не следует. Отметим, что коагуляции нет, если золь в смеси с электролитом по внешнему виду не отличается от контрольной пробы. Полученные результаты заносят в таблицу 2.

Таблица 2

| № пробирки | Концентрация прибавленного электролита моль/л | Действие электролита (+ или —) |
|------------|---|--------------------------------|
|            |   |                                |

Примечание: Знаком (—) отмечают отсутствие коагуляции, знаком (+) — наличие.

Расчет порогов коагуляции можно производить следующим образом. Если при действии 0,5 мл раствора наблюдается коагуляция, а при действии 0,5 М раствора коагуляции не происходит, то порог коагуляции рассчитывается как средняя величина этих двух значений концентраций

электролита. Учитывая, что при смешении раствора электролита с равным объемом золя концентрация электролитов понижается вдвое, порог коагуляции в приведенном примере:

$$C_k = \frac{0,5 + 0,25}{2 * 2} * 1000, \quad [ \text{мМ} / \text{л} ]. \quad (6)$$

Сравнение порогов коагуляции различных электролитов позволяет сделать вывод о знаке заряда коллоидных частиц.

Например, электролиты NaCl и Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> имеют одинаковый катион Na<sup>+</sup> и различные анионы Cl<sup>-</sup> и SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. По правилу Шульца-Гарди коагулирующими ионами будут Cl<sup>-</sup> и SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, так как порог коагуляции для Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> меньше порога коагуляции NaCl. Следовательно, частица исследуемого золя заряжена положительно. При введении в золь лимоннокислого натрия — электролита с трехзарядным анионом — наблюдается явление неправильных рядов. Оно заключается в том, что при добавлении электролита золь сначала устойчив, затем в определенном интервале концентраций происходит коагуляция. При дальнейшем добавлении электролита трехзарядные анионы перезаряжают положительно заряженные частицы гидрозоля железа и золь становится устойчивым. Наконец, при высоких концентрациях электролита наступает окончательная коагуляция. Таким образом, явление неправильных рядов сопровождается чередованием зон устойчивости и неустойчивости при введении в золь многозарядных ионов.

### ***Критерии оценки лабораторных работ:***

При подготовке к лабораторной работе по «Физической и коллоидной химии» в 5 семестре студент должен выполнить следующие виды работ:

- самостоятельная проработка теоретического материала к лабораторной работе;
- ознакомление с установкой, прибором, методикой выполнения лабораторной работы;
- выполнение необходимого эксперимента;
- обработка результатов исследования, построение графиков;
- анализ результатов исследования и вывод по работе.
- **максимально 10 баллов** за каждую выполненную лабораторную работу (6\*10=60), если работа выполнена в полном объеме, в отчете правильно и аккуратно выполнены все вычисления и построены графики, логически и обоснованно приведены выводы по теме лабораторной работы.
- **минимально 6 баллов** (4\*6=24), если в ходе эксперимента допущены грубые промахи, в отчете есть грубые ошибки, присутствуют ошибки в вычислениях, неточно построены графики, не логически сформирован вывод к лабораторной работе.

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал) федерального  
государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»  
*Факультет- технологический*  
*Кафедра - биотехнологии*  
Направление 19.03.02 «Продукты питания из растительного сырья»  
Профиль/программа: «Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий»

**Комплект вопросов коллоквиумов по разделам  
по дисциплине «Физическая и коллоидная химия»**

**5 семестр**

**Тема 1**

**«Основные понятия физической химии. Химическая термодинамика и химическое  
равновесие. Термохимия»**

**Коллоквиум 1**

**Вариант 1**

**К каждому заданию А даны несколько ответов, из которых только один верный. Выберите верный, по  
Вашему мнению, ответ.**

**А1.** Из приведенных ниже формул выберите ту, которая справедлива только для идеального  
газа.

1)  $C_p = \left( \frac{\partial(\Delta H)}{\partial T} \right)_p$  ;    2)  $H = U + PV$ ; 3)  $\left( \frac{\partial U}{\partial V} \right)_T = 0$ ;    4)  $\delta Q = dU + \delta W$ ;    5)  $\delta W = PdV$ .

**А2.** Являются ли теплота и работа функциями состояния?

- 1) теплота – да, а работа – нет;
- 2) теплота – нет, а работа – да;
- 3) и теплота, и работа являются функциями состояния;
- 4) и теплота, и работа не являются функциями состояния;
- 5) ответ зависит от направления процесса.

**А3.** Как выбирают знаки Q и W в уравнении первого закона термодинамики? Эти величины  
считаются положительными, если

- 1) теплота поглощается системой, а работа совершается над системой;
- 2) теплота поглощается системой, а работа совершается самой системой;
- 3) теплота выделяется системой, а работа совершается над системой;
- 4) теплота выделяется системой, а работа совершается самой системой;
- 5) процесс проводится обратимо.

**А4.** Стандартная теплота образования аммиака равна  $\Delta H_{f,298}^0(NH_3) = -294,1$  кДж/моль. В  
какой из приведенной ниже реакций тепловой эффект при T=298 К равен этой величине?

- 1)  $HCN + 3H_2 = NH_3 + CH_4$ ;
- 2)  $1/2N_2 + 3/2H_2 = NH_3$ ;
- 3)  $N + 3H = NH_3$ ;
- 4)  $NH_2COONH_4 = CO_2 + 2NH_3$ ;
- 5)  $2NO_2 + 6H_2O = 4NH_3 + 7O_2$ .

**А5.** Для каких веществ справедливо соотношение  $C_p = C_v + R$ ?

- 1) для твердых;    2) для жидких;    3) для конденсированных;
- 4) для идеальных газов;    5) для простых кристаллических систем.

К каждому заданию В даны ответы, из которых могут быть верными несколько вариантов. Выберите верные, по Вашему мнению, ответы.

В1. Выражения, справедливые для изохорной теплоемкости  $C_V$  одного моля идеального газа.

- 1)  $\left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_p$ ; 2)  $\left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_p$ ; 3)  $\left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_V$ ; 4)  $C_p - R$ ; 5)  $\left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V$ ; 6)  $\Delta U + W$ .

В2. Укажите реакции, для которых можно пренебречь разностью между изменением энтальпии и изменением внутренней энергии.

- 1)  $\text{Ca(OH)}_{2(p-p)} + \text{CO}_{2(g)} = \text{CaCO}_{3(тв)} + \text{H}_2\text{O}_{(ж)}$ ; 2)  $\text{CaO}_{(тв)} + \text{CO}_{2(g)} = \text{CaCO}_{3(тв)}$ ;  
3)  $2\text{AsH}_{3(g)} = 2\text{As}_{(тв)} + 3\text{H}_{2(g)}$ ; 4)  $\text{Pb}_{(тв)} + \text{PbO}_{2(тв)} = 2\text{PbO}_{(тв)}$ ;  
5)  $\text{Sb}_2\text{O}_{4(тв)} + 4\text{C}_{(тв)} = 2\text{Sb}_{(тв)} + 4\text{CO}_{(г)}$ ; 6)  $\text{Si}_{(тв)} + 2\text{Li}_2\text{O}_{(тв)} = \text{SiO}_{2(тв)} + 4\text{Li}_{(тв)}$ .

В3. Выберите экстенсивные параметры процесса:

- 1) давление; 2) масса; 3) объем; 4) температура; 5) концентрация;  
6) внутренняя энергия; 7) молярная теплоемкость.

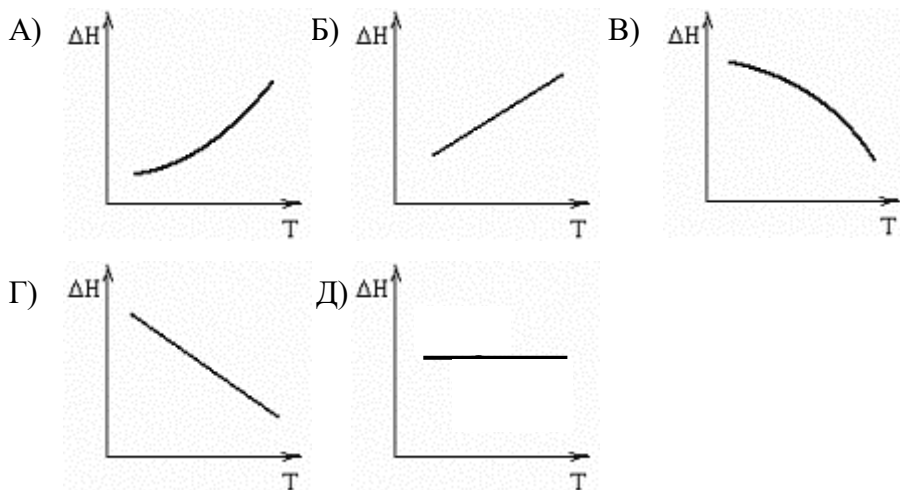
### Задания С

С1. Найдите соответствие между представленными реакциями и соотношением энтальпии и внутренней энергии (ответ представьте в виде последовательности букв, например, АБВ).

- 1)  $\text{CO}_{(г)} + \frac{1}{2}\text{O}_{2(г)} = \text{CO}_{2(г)}$ ; А)  $\Delta H > \Delta U$ ;  
2)  $\text{CaCO}_{3(тв)} = \text{CaO}_{(тв)} + \text{CO}_{2(г)}$ ; Б)  $\Delta H = \Delta U$ ;  
3)  $\text{H}_2\text{S}_{(г)} + \text{Sn}_{(тв)} = \text{SnS}_{(тв)} + \text{H}_{2(г)}$ . В)  $\Delta H < \Delta U$ .

С2. Найдите соответствие между знаком изменения теплоемкости процесса и зависимостью  $\Delta H = f(T)$  (ответ представьте в виде последовательности букв, например, АБГ).

- 1)  $\Delta C_p = 0$ ;  
2)  $\Delta C_p > 0$ ;  
3)  $\Delta C_p < 0$ .



С3. Стандартные энтальпии сгорания веществ в кислороде (кДж/моль) при температуре 298 К

|                            |                                  |                   |
|----------------------------|----------------------------------|-------------------|
| $\text{C}_2\text{H}_4$ (г) | $\text{C}_{(тв, \text{графит})}$ | $\text{H}_{2(г)}$ |
| -1411                      | -393                             | -286              |

По приведенным табличным данным о стандартных энтальпиях сгорания веществ в кислороде при температуре 298 К вычислите стандартную энтальпию образования этилена  $\text{C}_2\text{H}_4$  из простых веществ при указанной температуре. Ответ выразите в кДж/моль.

С4. Совокупность тел, взаимодействующих между собой и обособленных от окружающей среды реальной или воображаемой оболочкой, называется..... (напишите пропущенное слово).

С5. Параметр термодинамической системы, не зависящий от общего количества вещества в системе, называется..... (напишите пропущенное слово).

## ВАРИАНТ 2

**К каждому заданию А даны несколько ответов, из которых только один верный. Выберите верный, по Вашему мнению, ответ.**

А1. При каком процессе работа, совершаемая системой, достигает максимального значения?

- 1) при изотермическом;    2) при необратимом;    3) при обратимом;  
4) при адиабатном;    5) при круговом.

А2. Стандартная теплота образования нитробензола  $\Delta H_{f,298}^0(C_6H_5NO_2) = -11,2$  кДж/моль. В какой из приведенных ниже реакций тепловой эффект при  $T=298$  К равен этой величине?

- 1)  $C_6H_6 + HNO_3 = C_6H_5NO_2 + H_2O$ ;    2)  $C_6H_5NH_2 + 3S + 6NH_3 + 3H_2O = C_6H_5NO_2 + 3(NH_4)_2S$ ;  
3)  $12C + 5H_2 + N_2 + 2O_2 = 2C_6H_5NO_2$ ;    4)  $6C + 5/2H_2 + 1/2N_2 + O_2 = C_6H_5NO_2$ ;  
5)  $C_6H_5NH_2 + 2H_2O = C_6H_5NO_2 + 3H_2$ .

А3. Какое выражение справедливо для изобарной теплоемкости  $C_p$  одного моля идеального газа?

- 1)  $\left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_p$ ;    2)  $\left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_p$ ;    3)  $\left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_v$ ;    4)  $\left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_v$ ;    5)  $\Delta U + W$ .

А4. Для каких веществ справедливо соотношение  $C_p \approx C_v$ ?

- 1) только для твердых;    2) только для жидких;    3) для идеальных газов;  
4) для конденсированных веществ;    5) только для кристаллических систем.

А5. Что показывает величина  $\Delta H$  системы при её переходе из одного состояния в другое?

- 1) работу, совершенную системой при постоянном давлении;  
2) работу, совершенную системой при постоянной температуре;  
3) теплоту, отданную или поглощенную системой при постоянном давлении;  
4) теплоту, отданную или поглощенную системой при постоянной температуре.

**К каждому заданию В даны ответы, из которых могут быть верными несколько вариантов. Выберите верные, по Вашему мнению, ответы.**

В1. Выражение первого начала термодинамики, записанное с использованием теплоты процесса  $Q$ , имеет вид:

- 1)  $Q = \Delta U - W$ ;    2)  $\delta Q = dU + PdV$ ;    3)  $\delta Q = PdV - dU$ ;    4)  $Q = \Delta U + W$ ;  
5)  $\Delta U = Q + W$ ;    6)  $\Delta U = Q - W$ ;    7)  $W = \Delta U + Q$ ;    8)  $\delta W = dU - \delta Q$ .

В2. Выберите все виды уравнения Кирхгофа:

- 1)  $\Delta H_T^0 = \Delta H_{298}^0 - \Delta C_p(T - 298)$ ;    2)  $\Delta H_T^0 = \Delta H_{298}^0 + \Delta C_p(T - 298)$ ;  
3)  $\left(\frac{\partial(\Delta H)}{\partial P}\right)_T = \Delta C_p$ ;    4)  $\left(\frac{\partial(\Delta H)}{\partial T}\right)_p = \Delta C_p$ ;  
5)  $\left(\frac{\partial(\Delta U)}{\partial V}\right)_T = \Delta C_v$ ;    6)  $\left(\frac{\partial(\Delta U)}{\partial T}\right)_v = \Delta C_v$ .

В3. Выберите интенсивные параметры процесса:

- 1) давление;    2) масса;    3) объем;    4) температура;    5) концентрация;  
6) внутренняя энергия;    7) молярная теплоемкость.

**Задания С**

C1. Определите, какой функцией (состояния или процесса) являются нижеприведенные функции (*ответ представьте в виде последовательности букв, например, ААБА*)?

- |                                    |                       |
|------------------------------------|-----------------------|
| 1) энтальпия $\Delta H$ ;          | А) функция процесса;  |
| 2) внутренняя энергия $\Delta U$ ; | Б) функция состояния. |
| 3) теплота $Q$ ;                   |                       |
| 4) давление $P$ ;                  |                       |
| 5) работа $W$ .                    |                       |

C2. Используя справочник, найдите соответствующие приведенным веществам теплоты сгорания ( $\Delta H_{c,298}^0$ , кДж/моль) (*ответ представьте в виде последовательности букв, например, АББДГ*).

- |  |              |
|--|--------------|
| 1) этилен $C_2H_{4(g)}$ ;              | А) -4194,75; |
| 2) сахароза $C_{12}H_{22}O_{11(тв)}$ ; | Б) -3301,51; |
| 3) этанол $C_2H_5OH_{(ж)}$ ;           | В) -5646,73; |
| 4) гексан $C_6H_{14(g)}$ ;             | Г) -1410,97; |
| 5) бензол $C_6H_{6(g)}$ ;              | Д) -1370,68. |

C3. Изменение энтальпии реакции при  $T=298\text{ К}$   $2NaOH_{(тв)}+CO_{2(г)}=Na_2CO_{3(тв)}+H_2O_{(г)}$  равно  $\Delta H_{298}^0 = -126,4\text{ кДж}$ . Найдите тепловой эффект этой реакции при температуре 800 К, используя данные о молярных теплоемкостях веществ (Дж/(моль·К)). Ответ выразите в кДж.

| $NaOH_{(тв)}$ | $CO_{2(г)}$ | $Na_2CO_{3(тв)}$ | $H_2O_{(г)}$ |
|---------------|-------------|------------------|--------------|
| 38,49         | 37,13       | 110,50           | 33,57        |

C4. Переход системы из одного состояния в другое вследствие изменения хотя бы одного параметра называется.....(*напишите пропущенное слово*).

C5. Параметр термодинамической системы, зависящий от общего количества вещества в системе, называется..... (*напишите пропущенное слово*).

### ВАРИАНТ № 3

К каждому заданию А даны несколько ответов, из которых только один верный. Выберите верный, по Вашему мнению, ответ.

A1. Как энтальпия процесса зависит от температуры?

- |   |   |
|---|---|
| 1) $H_{T_2}^0 = H_{T_1}^0 + \int_{T_1}^{T_2} \frac{C_p}{T} dT$ ;            | 2) $H_{T_2}^0 = H_{T_1}^0 + \int_{T_1}^{T_2} C_p dT$ ;        |
| 3) $\Delta H_{T_2}^0 = \Delta H_{T_1}^0 + \int_{T_1}^{T_2} \Delta C_p dT$ ; | 4) $H_{T_2}^0 = H_{T_1}^0 + \int_{T_1}^{T_2} \Delta C_p dT$ . |

A2. Каково аналитическое выражение I закона термодинамики?

- |                                 |                                 |                           |
|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------|
| 1) $\delta Q = dU + \delta W$ ; | 2) $\delta Q = dU + dW$ ;       | 3) $dQ = dU + \delta W$ ; |
| 4) $dQ = \delta U + dW$ ;       | 5) $dQ = \delta U + \delta W$ . |                           |

A3. Из приведенных ниже формул выберите ту, которая справедлива только для идеального газа.

- 1)  $C_p = \left( \frac{\partial(\Delta H)}{\partial T} \right)_p$ ;    2)  $H = U + PV$ ; 3)  $\left( \frac{\partial U}{\partial V} \right)_T = 0$ ;    4)  $\delta Q = dU + \delta W$ ;    5)  $\delta W = PdV$ .

A4. Что такое  $\Delta H_{f,298}^0$  данного вещества? Это изменение энтальпии при

- нагревании этого вещества от 0 до 298 К;
- реакции образования этого вещества из элементов;

- 3) реакции образования этого вещества из простых веществ, взятых в их наиболее устойчивых состояниях, при  $T=298\text{ K}$  и парциальных давлениях всех компонентов газовой фазы, равных  $1\text{ атм}$ ;
- 4) реакции окисления данного вещества.

A5. Что показывает величина  $\Delta U$  системы при её переходе из одного состояния в другое?

- 1) работу, совершенную системой при постоянном объёме;
- 2) работу, совершенную системой при постоянной температуре;
- 3) теплоту, отданную или поглощенную системой при постоянном объёме;
- 4) теплоту, отданную или поглощенную системой при постоянной температуре.

**К каждому заданию В даны ответы, из которых могут быть верными несколько вариантов. Выберите верные, по Вашему мнению, ответы.**

B1. Выберите химические реакции, у которых изменение энтальпии больше изменения внутренней энергии.

- |  |  |
|--|--|
| 1) $\text{MgCO}_{3(\text{тв})} = \text{MgO}_{(\text{тв})} + \text{CO}_{2(\text{г})}$ ;   | 2) $2\text{H}_{2(\text{г})} + \text{O}_{2(\text{г})} = 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}$ ;     |
| 3) $\text{H}_2\text{S}_{(\text{г})} + 2\text{NaOH}_{(\text{ж})} = \text{Na}_2\text{S}_{(\text{ж})} + 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}$ ; | 4) $2\text{CO}_{2(\text{г})} = 2\text{CO}_{(\text{г})} + \text{O}_{2(\text{г})}$ ;             |
| 5) $\text{NH}_4\text{Cl}_{(\text{тв})} = \text{NH}_3_{(\text{г})} + \text{HCl}_{(\text{г})}$ ;   | 6) $\text{CH}_{4(\text{г})} + \text{CO}_{2(\text{г})} = \text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{г})}$ . |

B2. Какие величины имеют размерность Дж/(моль·К)?

- 1) теплота  $Q$ ;
- 2) работа  $W$ ;
- 3) молярная изобарная теплоёмкость  $C_p$ ;
- 4) энтальпия  $\Delta H$ ;
- 5) универсальная газовая постоянная  $R$ ;
- 6) энтропия  $S$ ;
- 7) внутренняя энергия  $\Delta U$ .

B3. Условия, отличающие изолированную термодинамическую систему:

- 1) запас внутренней энергии в изолированной системе постоянен;
- 2) запас внутренней энергии в изолированной системе не постоянен;
- 3) исключен обмен веществом и энергией с окружающей средой;
- 4) возможен обмен энергией с окружающей средой, но исключен обмен веществом;
- 5) возможен обмен веществом с окружающей средой, но исключен обмен энергией;
- 6) возможен обмен веществом и энергией с окружающей средой.

### Задания С

C1. Найдите соответствие между названием процесса и его обозначением из правого столбца (ответ представьте в виде последовательности букв, например, АБДЕГ).

- |                             |  |
|-----------------------------|--|
| 1) изобарный;               | А) $T = \text{const}$ ;                      |
| 2) изотермический;          | Б) $P = \text{const}$ ;                      |
| 3) изохорный;               | В) $T = \text{const}$ и $P = \text{const}$ ; |
| 4) изобарно-изотермический; | Г) $T = \text{const}$ и $V = \text{const}$ ; |
| 5) изохорно-изотермический; | Д) $Q = 0$ ;                                 |
| 6) адиабатный;              | Е) $V = \text{const}$ .                      |

C2. Найдите соответствие между принадлежностью параметра и указанной величиной (ответ представьте в виде последовательности букв, например, АББАБ).

### ВЕЛИЧИНА

### ПАРАМЕТР

- |  |                  |
|--|------------------|
| 1) температура $T$ ;                       | А) экстенсивный; |
| 2) внутренняя энергия $\Delta U$ ;         | Б) интенсивный.  |
| 3) давление $P$ ;                          |                  |
| 4) молярная изобарная теплоёмкость $C_p$ ; |                  |
| 5) концентрация $C$ ;                      |                  |
| 6) масса $m$ ;                             |                  |
| 7) объём $V$ .                             |                  |



С3. По теплотам сгорания  $\alpha$ -глюкозы,  $\beta$ -фруктозы и сахарозы (в кДж/моль) при 25 °С рассчитайте теплоту гидролиза сахарозы  $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O = C_6H_{12}O_6(\alpha\text{-глюкоза}) + C_6H_{12}O_6(\beta\text{-фруктоза})$ . Ответ выразите в кДж.

| $\alpha$ -глюкоза | $\beta$ -фруктоза | сахароза |
|-------------------|-------------------|----------|
| -2802             | -2810             | -5644    |

С4. Отношение количества теплоты, подведенной к системе, к тому изменению температуры, которое при этом происходит, называется..... (напишите пропущенное слово).

С5. При постоянном давлении или объеме тепловой эффект химической реакции зависит только от вида и состояния исходных веществ и продуктов реакции, но не зависит от пути перехода (напишите, какой закон сформулирован).

## Тема «Второй закон термодинамики»

### Коллоквиум 2

#### ВАРИАНТ № 1

К каждому заданию А даны несколько ответов, из которых только один верный. Выберите верный, по Вашему мнению, ответ.

**A1.** Известно соотношение  $dS \geq \frac{\delta Q}{T}$ . Когда следует брать знак  $>$  и когда знак  $=$ ?

- 1)  $>$  для необратимого процесса и  $=$  для изотермического;
- 2)  $>$  для неизотермического процесса и  $=$  для обратимого;
- 3)  $>$  для изотермического процесса и  $=$  для неизотермического;
- 4)  $>$  для неизолированной системы и  $=$  для изолированной;
- 5)  $>$  для необратимого процесса и  $=$  для обратимого.

**A2.** Может ли энтропия вещества быть отрицательной?

- 1) только при низких температурах;
- 2) только при высоких температурах;
- 3) только для простых веществ, взятых в их наиболее устойчивом состоянии;
- 4) да;
- 5) нет.

**A3.** Укажите правильную формулу:

- 1)  $dH = Vdp + TdS + \sum_i \mu_i dn_i$  ;
- 2)  $dH = -pdV + TdS + \sum_i \mu_i dn_i$  ;
- 3)  $dH = pdV + SdT - \sum_i \mu_i dn_i$  ;
- 4)  $dH = -pdV + SdT - \sum_i \mu_i dn_i$  ;
- 5)  $dH = -Vdp - TdS + \sum_i \mu_i dn_i$  .

**A4.** Укажите правильную формулу:

- 1)  $F = U - TS$ ;
- 2)  $F = H - TS$ ;
- 3)  $F = U + TS$ ;
- 4)  $F = H + TS$ ;
- 5)  $F \leq U + TS$ .

**A5.** Укажите правильную формулу:

- 1)  $\left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_p = V$  ;
- 2)  $\left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_V = -S$  ;
- 3)  $\left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_p = -S$  ;
- 4)  $\left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_p = -V$  ;
- 5)  $\left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_p = S$  .

К каждому заданию В даны ответы, из которых могут быть верными несколько вариантов. Выберите верные, по Вашему мнению, ответы.

**B1.** Свойства химического потенциала компонента системы в общем случае

- 1) функция состояния системы;
- 2) функция процесса;
- 3) экстенсивная функция;
- 4) интенсивная функция;
- 5) функция, равная теплоте процесса;
- 6) функция, равная работе процесса.

**В2.** Дан ряд утверждений, касающихся энергии Гиббса. Укажите, какие из них - правильные.

- 1) убыль энергии Гиббса равна полезной работе процесса;
- 2) убыль энергии Гиббса равна полной работе процесса;
- 3) размерность энергии Гиббса кДж/(моль·К);
- 4) размерность энергии Гиббса кДж/моль.

**Задания С**

**С1.** Найдите соответствие между частными производными термодинамических функций и параметрами процесса (ответ представьте в виде последовательности букв, например, АВВГ).

1)  $\left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_P$ ;    2)  $\left(\frac{\partial F}{\partial V}\right)_T$ ;    3)  $\left(\frac{\partial H}{\partial S}\right)_P$ ;    4)  $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_S$ .

А) -S; Б) S; В) P; Г) -P; Д) T; Е) V; Ж) -V.

**С2.** Напишите определение химического потенциала.

**С3.** Напишите уравнение Гиббса-Гельмгольца для системы.

**ВАРИАНТ № 2**

**К** каждому заданию А даны несколько ответов, из которых только один верный. Выберите верный, по Вашему мнению, ответ.

**А1.** Для каких процессов справедливо соотношение  $dS = \frac{\delta Q}{T}$  ?

- 1) для любых;
- 2) для любых изотермических;
- 3) для адиабатных;
- 4) для любых обратимых;
- 5) для обратимых изотермических.

**А2.** Как связаны между собой величины измерений энтропии, энтальпии и температуры при фазовых переходах?

1)  $\Delta S = \frac{\Delta H}{T}$ ; 2)  $\Delta S = \Delta H \cdot T$ ;    3)  $\Delta S = -\frac{\Delta H}{T}$ ;    4)  $\Delta S = \frac{d\Delta H}{dT}$ ;    5)  $\Delta S = \Delta H$ .

**А3.** Укажите правильную формулу:

1)  $\left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_P = V$ ;    2)  $\left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_V = -S$ ;    3)  $\left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_V = S$ ;    4)  $\left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_P = -V$ ;  
5)  $\left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_V = P$ .

**А4.** Укажите правильную формулу:

1)  $dF = Vdp + SdT + \sum_i \mu_i dn_i$ ; 2)  $dF = -Vdp + SdT + \sum_i \mu_i dn_i$ ;  
3)  $dF = -pdV - SdT + \sum_i \mu_i dn_i$ ; 4)  $dF = -pdV - SdT - \sum_i \mu_i dn_i$ ;  
5)  $dF = Vdp + SdT - \sum_i \mu_i dn_i$ .

**А5.** Укажите правильную формулу:

1)  $G = U - TS + PV$ ; 2)  $G = U - TS - PV$ ; 3)  $G = U + TS + PV$ ; 4)  $G = U + TS - PV$ ; 5)  $G \leq U + TS + PV$ .

**К** каждому заданию В даны ответы, из которых могут быть верными несколько вариантов. Выберите верные, по Вашему мнению, ответы.

**В1.** Свойства энергии Гиббса компонента системы в общем случае

- 1) функция состояния системы;
- 2) функция процесса;
- 3) экстенсивная функция;
- 4) интенсивная функция;
- 5) функция, равная теплоте процесса;
- 6) функция, равная полезной работе процесса.

**В2.** Дан ряд утверждений, касающихся энтропии. Укажите, какие из них - правильные.

- |  |                                       |
|--|---------------------------------------|
| 1) энтропия – мера беспорядка системы; | 2) энтропия – теплота процесса;       |
| 3) размерность энтропии кДж/моль;      | 4) размерность энтропии кДж/(моль·К); |
| 5) энтропия - экстенсивная функция;    | 6) энтропия - интенсивная функция.    |

**Задания С**

**С1.** Найдите соответствие между частными производными термодинамических функций и параметрами процесса (*ответ представьте в виде последовательности букв, например, АВВГ*).

1)  $\left(\frac{\partial G}{\partial P}\right)_T$ ;    2)  $\left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_V$ ;    3)  $\left(\frac{\partial H}{\partial P}\right)_S$ ;    4)  $\left(\frac{\partial U}{\partial S}\right)_V$ .

А) –S; Б) S; В) P; Г) –P; Д) T; Е) V; Ж) –V.

**С2.** Напишите постулаты II закона термодинамики.

**С3.** Напишите уравнение Гиббса-Гельмгольца для процесса.

**ВАРИАНТ № 3**

**К** каждому заданию **А** даны несколько ответов, из которых только один верный. Выберите верный, по Вашему мнению, ответ.

**А1.** Как изменяется энтропия вещества при его нагревании при постоянном объеме или постоянном давлении?

- 1) увеличивается;    2) уменьшается;    3) не изменяется;  
4) может изменяться немонокотонно;  
5) возрастает пропорционально изменению температуры.

**А2.** Укажите правильную формулировку: «При постоянном объеме и температуре самопроизвольные процессы идут в сторону...»

- 1) возрастания энергии Гиббса системы;    2) убывания энергии Гиббса системы;  
3) возрастания энтропии системы;    4) возрастания энергии Гельмгольца системы;  
5) убывания энергии Гельмгольца системы.

**А3.** При каком процессе работа, совершаемая системой, достигает максимального значения?

- 1) при изотермическом;    2) при необратимом;    3) при обратимом;  
4) при адиабатном;    5) при круговом.

**А4.** Укажите правильную формулу:

1)  $dG = Vdp + SdT + \sum_i \mu_i dn_i$ ;    2)  $dG = -Vdp + SdT + \sum_i \mu_i dn_i$ ;    3)  $dG = Vdp - SdT + \sum_i \mu_i dn_i$ ;  
4)  $dG = -pdV + TdS + \sum_i \mu_i dn_i$ ;    5)  $dG = VdT + pdT - \sum_i \mu_i dn_i$ .

**А5.** Укажите правильную формулу:

- 1)  $H = U - PV$ ;    2)  $H = U + PV$ ;    3)  $H = U/PV$ ;    4)  $H = U \cdot PV$ ;    5)  $H \leq U + PV$ .

**К** каждому заданию **В** даны ответы, из которых могут быть верными несколько вариантов. Выберите верные, по Вашему мнению, ответы.

**В1.** Свойства энергии Гельмгольца компонента системы в общем случае

- 1) функция состояния системы;    2) функция процесса;  
3) экстенсивная функция;    4) интенсивная функция;  
5) функция, равная теплоте процесса;    6) функция, равная работе процесса.

**В2.** Дан ряд утверждений, касающихся энтальпии. Укажите, какие из них - правильные.

- |   |  |
|---|--|
| 1) энтальпия – мера беспорядка системы; | 2) энтальпия – теплота процесса;       |
| 3) размерность энтальпии кДж/моль;      | 4) размерность энтальпии кДж/(моль·К); |
| 5) энтальпия - экстенсивная функция;    | 6) энтальпия - интенсивная функция.    |

**Задания С**

**С1.** Найдите соответствие между частными производными термодинамических функций и параметрами процесса (ответ представьте в виде последовательности букв, например, АВБГ).

1)  $\left(\frac{\partial G}{\partial P}\right)_T$ ;    2)  $\left(\frac{\partial F}{\partial V}\right)_T$ ;    3)  $\left(\frac{\partial H}{\partial P}\right)_S$ ;    4)  $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_S$ .

А) –S; Б) S; В) P; Г) –P; Д) T; Е) V; Ж) –V.

**С2.** Дайте определения самопроизвольного, несамопроизвольного и равновесного процессов.

**С3.** Напишите формулу химического потенциала компонента при постоянном объеме и температуре.

### Тема «Химическая кинетика. Основные понятия. Катализ»

#### Коллоквиум3

#### вариант 1

К каждому заданию А даны несколько ответов, из которых только один верный. Выберите верный, по Вашему мнению, ответ.

**А1.** Укажите определение скорости гомогенной реакции  $aA + bB \rightarrow cC$ .

1)  $w = kC_A C_B$ ;    2)  $w = \frac{dC_A}{d\tau}$ ;    3)  $w = -\frac{dC_A}{d\tau}$ ;    4)  $w = -\frac{1}{a} \frac{dC_A}{d\tau}$ ;  
5)  $w = k \frac{dC_A}{d\tau} \frac{dC_B}{d\tau}$ .

**А2.** Укажите размерность скорости реакции, порядок которой равен  $n=1$ .

1)  $\frac{\text{л}}{\text{моль} \cdot \text{с}}$ ;    2)  $\frac{\text{моль}}{\text{л} \cdot \text{с}}$ ;    3)  $\frac{\text{моль}^{1/2}}{\text{л}^{1/2} \cdot \text{с}}$ ;    4)  $\frac{\text{моль}^2}{\text{л}^2 \cdot \text{с}}$ ;    5)  $\frac{1}{\text{с}}$ .

**А3.** Порядком реакции называется

- 1) количество различных видов частиц исходных веществ;
- 2) количество различных видов частиц исходных веществ и продуктов;
- 3) количество частиц исходных веществ, взаимодействующих в одном элементарном акте превращения;
- 4) количество частиц, взаимодействующих и образующихся в одном элементарном акте превращения;
- 5) показатель степени при концентрации в дифференциальной форме кинетического уравнения;
- 6) показатель степени при концентрации в интегральной форме кинетического уравнения.

**А4.** От чего зависит константа скорости реакции?

- 1) от природы веществ и температуры;
- 2) только от природы вещества;
- 3) только от температуры;
- 4) от температуры и времени;
- 5) от температуры и концентрации реагирующих веществ.

**А5.** В каких координатах следует спрямлять зависимость  $C_A(\tau)$ , чтобы убедиться, что реакция  $aA + bB \rightarrow cC$  имеет третий порядок, если исходные вещества взяты в стехиометрическом соотношении?

- 1)  $x=\tau, y=C_A$ ; 2)  $x=\tau, y=1/C_A$ ; 3)  $x=\tau, y=\ln C_A$ ; 4)  $x=\ln \tau, y=\ln C_A$ ; 5)  $x=\tau, y=1/C_A^2$ .

К каждому заданию В даны ответы, из которых могут быть верными несколько вариантов. Выберите верные, по Вашему мнению, ответы.

В1. Ниже приведены элементарные односторонние реакции, протекающие в одну стадию. Выберите мономолекулярные реакции.

- 1)  $A+B \rightarrow D$ ; 2)  $2A \rightarrow D$ ; 3)  $A \rightarrow B+D$ ; 4)  $A \rightarrow D$ ; 5)  $2A+B \rightarrow D$ ; 6)  $A+B \rightarrow D+E$ .

В2. Какие уравнения применимы для расчета константы скорости реакции второго порядка?

- 1)  $k = \frac{1}{\tau} \ln \frac{C_0}{C}$ ; 2)  $k = \frac{1}{\tau} (C_0 - C)$ ; 3)  $k = \frac{1}{\tau} \cdot \frac{1}{C_0^A - C_0^B} \ln \frac{(C_0^A - x)C_0^B}{(C_0^B - x)C_0^A}$ ;  
4)  $k = \frac{1}{2\tau} \left( \frac{1}{C^2} - \frac{1}{C_0^2} \right)$ ; 5)  $k = \frac{1}{\tau} \left( \frac{1}{C} - \frac{1}{C_0} \right)$ .

В3. В каких случаях молекулярность и порядок реакции не совпадают?

- 1) для простых реакций
- 2) для сложных реакций;
- 3) для гомогенных реакций;
- 4) для гетерогенных реакций;
- 5) для реакций, где реагирующие вещества взяты в стехиометрическом соотношении;
- 6) для реакций с избытком одного из реагирующих веществ.

### Задания С

С1. Найдите соответствие между порядком реакции и формулой для расчета времени полупревращения (ответ представьте в виде последовательности букв, например, АВБГ).

- 1)  $n=1$ ; 2)  $n=0$ ; 3)  $n=3$ ; 4)  $n=2$ .

А)  $\tau_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}$ ; Б)  $\tau_{1/2} = \frac{1}{kc_0}$ ; В)  $\tau_{1/2} = \frac{c_0}{2k}$ ; Г)  $\tau_{1/2} = \frac{3}{2kc_0^2}$ .

С2. Найдите соответствие между порядком реакции и размерностью константы скорости (ответ представьте в виде последовательности букв, например, АБВГД).

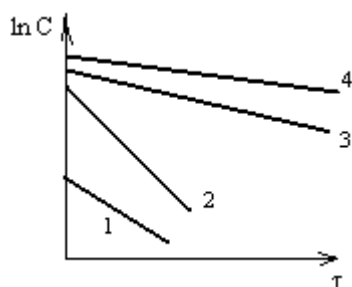
- 1)  $n=1$ ; А)  $\frac{\text{моль}}{\text{л} \cdot \text{с}}$ ;  
2)  $n=2$ ; Б)  $\frac{\text{л}^2}{\text{моль}^2 \cdot \text{с}}$ ;  
3)  $n=0$ ; В)  $\frac{\text{л}^{1/2}}{\text{моль}^{1/2} \cdot \text{с}}$ ;  
4)  $n=3$ ; Г)  $\frac{\text{л}}{\text{моль} \cdot \text{с}}$ ;  
5)  $n=1/2$ ; Д)  $\frac{1}{\text{с}}$ .

С3. Для химической реакции получены кинетические данные:

|              |       |       |       |       |       |       |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\tau$ , мин | 0     | 5     | 10    | 15    | 20    | 25    |
| $C$ , моль/л | 0,500 | 0,413 | 0,359 | 0,323 | 0,295 | 0,274 |

Определите порядок реакции методом подстановки (ответ напишите числом).

С4. Расположите односторонние реакции, характеризующиеся графиками зависимости логарифма концентрации от времени (линии 1 – 4) в порядке возрастания константы скорости. (Ответ напишите последовательностью чисел).



### ВАРИАНТ № 2

К каждому заданию А даны несколько ответов, из которых только один верный. Выберите верный, по Вашему мнению, ответ.

А1. При каких условиях кинетику химической реакции  $A+2B \rightarrow C$  можно описать кинетическим уравнением типа  $w = k C_A^{n_A} C_B^{n_B}$ ?

- 1) при высоких температурах;
- 2) вдали от состояния равновесия;
- 3) всегда;
- 4) никогда;
- 5) вблизи состояния равновесия.

А2. Укажите размерность скорости реакции, порядок которой равен  $n=2$ .

- 1)  $\frac{\text{л}}{\text{моль} \cdot \text{с}}$ ; 2)  $\frac{\text{моль}}{\text{л} \cdot \text{с}}$ ; 3)  $\frac{\text{моль}^{1/2}}{\text{л}^{1/2} \cdot \text{с}}$ ; 4)  $\frac{\text{моль}^2}{\text{л}^2 \cdot \text{с}}$ ; 5)  $\frac{1}{\text{с}}$ .

А3. Молекулярностью реакции называется

- 1) количество различных видов частиц исходных веществ;
- 2) количество различных видов частиц исходных веществ и продуктов;
- 3) количество частиц исходных веществ, взаимодействующих в одном элементарном акте превращения;
- 4) количество частиц, взаимодействующих и образующихся в одном элементарном акте превращения;
- 5) показатель степени при концентрации в дифференциальной форме кинетического уравнения;
- 6) показатель степени при концентрации в интегральной форме кинетического уравнения.

А4. От чего не зависит константа скорости реакции?

- 1) от природы веществ и температуры;
- 2) только от природы вещества;
- 3) только от температуры;
- 4) от температуры и времени;
- 5) от времени и концентрации реагирующих веществ.

А5. В каких координатах следует спрямлять зависимость  $C_A(\tau)$ , чтобы убедиться, что реакция  $aA+bB \rightarrow cC$  имеет второй порядок, если исходные вещества взяты в стехиометрическом соотношении?

- 1)  $x=\tau, y=C_A$ ; 2)  $x=\tau, y=1/C_A$ ; 3)  $x=\tau, y=\ln C_A$ ;  
 4)  $x=\ln \tau, y=\ln C_A$ ; 5)  $x=\tau, y=1/C_A^2$ .

К каждому заданию В даны ответы, из которых могут быть верными несколько вариантов. Выберите верные, по Вашему мнению, ответы.

В1. Ниже приведены элементарные односторонние реакции, протекающие в одну стадию. Выберите бимолекулярные реакции.

- 1)  $A+B \rightarrow D$ ; 2)  $2A \rightarrow D$ ; 3)  $A \rightarrow B+D$ ; 4)  $A \rightarrow D$ ; 5)  $2A+B \rightarrow D$ ; 6)  $A+B \rightarrow D+E$ .

В2. Какие уравнения применимы для расчетов кинетики реакций первого порядка?

1)  $k = \frac{1}{\tau} \ln \frac{C_0}{C}$ ;      2)  $k = \frac{1}{\tau} (C_0 - C)$ ;      3)  $k\tau = \ln C_0 - \ln C$ ;      4)  $\ln C = \frac{\ln C_0}{k\tau}$ ;  
 5)  $k = \frac{1}{2\tau} \left( \frac{1}{C^2} - \frac{1}{C_0^2} \right)$ ;      6)  $k = \frac{1}{\tau} \left( \frac{1}{C} - \frac{1}{C_0} \right)$ .

В3. В каких случаях молекулярность и порядок реакции совпадают?

- 1) для простых реакций
- 2) для сложных реакций;
- 3) для гомогенных реакций;
- 4) для гетерогенных реакций;
- 5) для реакций, где реагирующие вещества взяты в стехиометрическом соотношении;
- 6) для реакций с избытком одного из реагирующих веществ.

### Задания С

С1. Найдите соответствие между порядком реакции и формулой для расчета времени полупревращения (ответ представьте в виде последовательности букв, например, АББГ).

1)  $n=1$ ;      2)  $n=0$ ;      3)  $n=3$ ;      4)  $n=2$ .  
 А)  $\tau_{1/2} = \frac{c_0}{2k}$ ;    Б)  $\tau_{1/2} = \frac{1}{kc_0}$ ;      В)  $\tau_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}$ ;      Г)  $\tau_{1/2} = \frac{3}{2kc_0^2}$ .

С2. Найдите соответствие между порядком реакции и размерностью константы скорости (ответ представьте в виде последовательности букв, например, АБВГД).

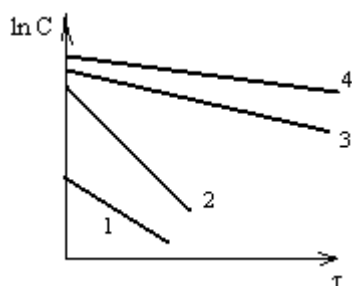
1)  $n=0$ ;      А)  $\frac{\text{моль}}{\text{л} \cdot \text{с}}$ ;  
 2)  $n=2$ ;      Б)  $\frac{\text{л}^2}{\text{моль}^2 \cdot \text{с}}$ ;  
 3)  $n=1$ ;      В)  $\frac{\text{л}^{1/2}}{\text{моль}^{1/2} \cdot \text{с}}$ ;  
 4)  $n=1/2$ ;      Г)  $\frac{\text{л}}{\text{моль} \cdot \text{с}}$ ;  
 5)  $n=3$ ;      Д)  $\frac{1}{\text{с}}$ .

С3. Для химической реакции получены следующие кинетические данные:

|                    |       |       |       |      |
|--------------------|-------|-------|-------|------|
| $C_0$ , моль/л     | 0,5   | 0,7   | 0,9   | 1,2  |
| $\tau_{1/2}$ , мин | 50,00 | 25,52 | 15,43 | 8,68 |

Определите порядок реакции (ответ напишите числом).

С4. Расположите односторонние реакции, характеризующиеся графиками зависимости логарифма концентрации от времени (линии 1 – 4) в порядке убывания константы скорости. (Ответ напишите последовательностью чисел).



### ВАРИАНТ № 3

К каждому заданию А даны несколько ответов, из которых только один верный. Выберите верный, по Вашему мнению, ответ.

А1. Укажите определение скорости гомогенной реакции  $aA + bB \rightarrow cC$ .

- 1)  $w = kC_A C_B$ ;      2)  $w = \frac{dC_A}{d\tau}$ ;      3)  $w = -\frac{dC_A}{d\tau}$ ;      4)  $w = -\frac{1}{a} \frac{dC_A}{d\tau}$ ;  
5)  $w = k \frac{dC_A}{d\tau} \frac{dC_B}{d\tau}$ .

А2. Укажите размерность скорости реакции, порядок которой равен  $n=3$ .

- 1)  $\frac{\text{л}}{\text{моль} \cdot \text{с}}$ ;    2)  $\frac{\text{моль}}{\text{л} \cdot \text{с}}$ ;    3)  $\frac{\text{моль}^{1/2}}{\text{л}^{1/2} \cdot \text{с}}$ ;    4)  $\frac{\text{моль}^2}{\text{л}^2 \cdot \text{с}}$ ;    5)  $\frac{1}{\text{с}}$ .

А3. Порядком реакции называется

- 1) количество различных видов частиц исходных веществ;
- 2) количество различных видов частиц исходных веществ и продуктов;
- 3) количество частиц исходных веществ, взаимодействующих в одном элементарном акте превращения;
- 4) количество частиц, взаимодействующих и образующихся в одном элементарном акте превращения;
- 5) показатель степени при концентрации в дифференциальной форме кинетического уравнения;
- 6) показатель степени при концентрации в интегральной форме кинетического уравнения.

А4. От чего зависит константа скорости реакции?

- 1) от природы веществ и температуры;
- 2) только от природы вещества;
- 3) только от температуры;
- 4) от температуры и времени;
- 5) от температуры и концентрации реагирующих веществ.

А5. В каких координатах следует спрямлять зависимость  $C_A(\tau)$ , чтобы убедиться, что реакция  $aA+bB \rightarrow cC$  имеет третий порядок, если исходные вещества взяты в стехиометрическом соотношении?

- 1)  $x=\tau, y=C_A$ ;      2)  $x=\tau, y=1/C_A$ ;      3)  $x=\tau, y=\ln C_A$ ;  
4)  $x=\ln \tau, y=\ln C_A$ ;    5)  $x=\tau, y=1/C_A^2$ .

К каждому заданию В даны ответы, из которых могут быть верными несколько вариантов. Выберите верные, по Вашему мнению, ответы.

В1. Ниже приведены элементарные односторонние реакции, протекающие в одну стадию. Выберите мономолекулярные реакции.

- 1)  $A+B \rightarrow D$ ;    2)  $2A \rightarrow D$ ;    3)  $A \rightarrow B+D$ ;    4)  $A \rightarrow D$ ;    5)  $2A+B \rightarrow D$ ;    6)  $A+B \rightarrow D+E$ .

В2. Какие уравнения применимы для расчета константы скорости реакции второго порядка?

- 1)  $k = \frac{1}{\tau} \ln \frac{C_0}{C}$ ;      2)  $k = \frac{1}{\tau} (C_0 - C)$ ;      3)  $k = \frac{1}{\tau} \cdot \frac{1}{C_0^A - C_0^B} \ln \frac{(C_0^A - x)C_0^B}{(C_0^B - x)C_0^A}$ ;  
4)  $k = \frac{1}{2\tau} \left( \frac{1}{C^2} - \frac{1}{C_0^2} \right)$ ;      5)  $k = \frac{1}{\tau} \left( \frac{1}{C} - \frac{1}{C_0} \right)$ .

В3. В каких случаях молекулярность и порядок реакции не совпадают?

- 1) для простых реакций
- 2) для сложных реакций;
- 3) для гомогенных реакций;
- 4) для гетерогенных реакций;
- 5) для реакций, где реагирующие вещества взяты в стехиометрическом соотношении;



б) для реакций с избытком одного из реагирующих веществ.

### Задания С

С1. Найдите соответствие между порядком реакции и формулой для расчета времени полупревращения (*ответ представьте в виде последовательности букв, например, АБВГ*).

1)  $n=1$ ;      2)  $n=0$ ;      3)  $n=3$ ;      4)  $n=2$ .

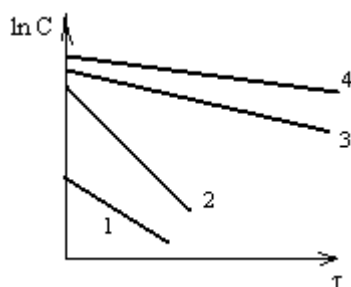
А)  $\tau_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}$ ;      Б)  $\tau_{1/2} = \frac{1}{kc_0}$ ;      В)  $\tau_{1/2} = \frac{c_0}{2k}$ ;      Г)  $\tau_{1/2} = \frac{3}{2kc_0^2}$ .

С2. Найдите соответствие между порядком реакции и размерностью константы скорости (*ответ представьте в виде последовательности букв, например, АБВГД*).

- |              |  |
|--------------|--|
| 1) $n=1$ ;   | А) $\frac{\text{моль}}{\text{л} \cdot \text{с}}$ ;             |
| 2) $n=2$ ;   | Б) $\frac{\text{л}^2}{\text{моль}^2 \cdot \text{с}}$ ;         |
| 3) $n=0$ ;   | В) $\frac{\text{л}^{1/2}}{\text{моль}^{1/2} \cdot \text{с}}$ ; |
| 4) $n=3$ ;   | Г) $\frac{\text{л}}{\text{моль} \cdot \text{с}}$ ;             |
| 5) $n=3/2$ ; | Д) $\frac{1}{\text{с}}$ .                                      |

С3. В реакции 2 порядка  $A+B \rightarrow D$  начальные концентрации веществ А и В равны, соответственно 3,0 моль/л и 4,5 моль/л. Скорость реакции равна 0,0015 моль/л·с при концентрации вещества А 2,5 моль/л. Рассчитайте константу скорости и скорость реакции при концентрации вещества В 2,8 моль/л. (ответ напишите числом).

С4. Расположите односторонние реакции, характеризующиеся графиками зависимости логарифма концентрации от времени (линии 1 – 4) в порядке возрастания константы скорости. (Ответ напишите последовательностью чисел).



## Тема «Основные понятия, характеристики коллоидных систем»

### Коллоквиум 4

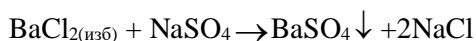
#### ВАРИАНТ № 1

- По какому признаку классифицируют дисперсные системы на высокодисперсные, среднедисперсные и грубодисперсные:
  - По степени дисперсности или размеру частиц дисперсной фазы;
  - По агрегатному состоянию дисперсной фазы и дисперсионной среды;
  - По взаимодействию дисперсной фазы и дисперсионной среды;
  - По взаимодействию частиц дисперсной фазы.
- По какому признаку классифицируют дисперсные системы на свободно- и связодисперсные:

- 1) По степени дисперсности;
  - 2) По агрегатному состоянию дисперсной фазы и дисперсионной среды;
  - 3) По взаимодействию дисперсной фазы и дисперсионной среды;
  - 4) По взаимодействию частиц дисперсной фазы.
3. Какая формула соответствует определению «дисперсности»?
- 1)  $D=a$  (м)                      3)  $D=r$  (м)
  - 2)  $D=1/a$  (м<sup>-1</sup>)                4)  $D=a \cdot r$  (м<sup>2</sup>)
4. Какие из перечисленных классификаций дисперсных систем относятся к общему признаку:
- 1) По виду дисперсной фазы;
  - 2) По размеру частиц дисперсной фазы;
  - 3) По взаимодействию частиц дисперсной фазы;
  - 4) По степени взаимодействия дисперсной фазы и дисперсионной среды;
  - 5) По агрегатному состоянию дисперсной фазы и дисперсионной среды.
5. Какими из перечисленных способов получают дисперсные системы:
- 1) флотация;
  - 2) пептизация;
  - 3) смачивание;
  - 4) диспергирование;
  - 5) конденсация;
  - 6) адгезия.
6. Дисперсная система – это...(закончите предложение).
7. Что называют дисперсной фазой?
- 1) совокупность измельченных частиц;
  - 2) среду, в которой равномерно распределены частицы;
  - 3) окружающую жидкость;
  - 4) окружающую жидкость и совокупность измельченных частиц.
8. .... - системы состоящие из частиц одного размера.
9. Основные признаки дисперсных систем:
- 1) гетерогенность;
  - 2) высокая раздробленность;
  - 3) высокая раздробленность и гетерогенность;
  - 4) гомогенность.
10. Какой размер имеют частицы в среднедисперсных системах?
- 1)  $10^{-7} - 10^{-5}$  м;
  - 2)  $10^{-5} - 10^{-3}$  м;
  - 3)  $10^{-9} - 10^{-7}$  м;
  - 4)  $10^{-9}$  м.
11. Сплавы, замороженное масло являются представителями дисперсных систем типа:
- 1) твердое в жидком;                      3) жидкое в твердом;
  - 2) твердое в твердом;                    4) газообразное в твердом.
12. Почва, живые клетки являются представителями дисперсных систем типа:
- 1) жидкое в твердом;
  - 2) жидкое в жидком;
  - 3) твердое в жидком;
  - 4) газообразное в жидком.
13. Туман, облака являются представителями дисперсных систем типа:
- 1) жидкое в газообразном;
  - 2) жидкое в жидком;
  - 3) жидкое в твердом;

4) газообразное в жидком.

14. Написать формулу мицеллы:



## ВАРИАНТ № 2

1. По какому признаку классифицируют дисперсные системы на лиофильные и лиофобные:
  - 1) по степени дисперсности;
  - 2) по агрегатному состоянию дисперсной фазы и дисперсионной среды;
  - 3) по взаимодействию дисперсной фазы и дисперсионной среды;
  - 4) по взаимодействию частиц дисперсной фазы .
2. По какому признаку классифицируют дисперсные системы на бесструктурные и структурированные:
  - 1) по степени дисперсности;
  - 2) по агрегатному состоянию дисперсной фазы и дисперсионной среды;
  - 3) по взаимодействию дисперсной фазы и дисперсионной среды;
  - 4) по взаимодействию частиц дисперсной фазы .
3. Из приведенных ниже формул выберите ту, которая справедлива для удельной поверхности:
  - 1)  $S_{\text{уд}} = S_{1.2} / V$
  - 2)  $S_{\text{уд}} = S_{1.2} * V$
  - 3)  $S_{\text{уд}} = V / S_{1.2}$
4. Какие из перечисленных классификаций дисперсных систем относятся к частному признаку:
  - 1) по виду дисперсной фазы;
  - 2) по размеру частиц дисперсной фазы;
  - 3) по взаимодействию частиц дисперсной фазы;
  - 4) по степени взаимодействия дисперсной фазы и дисперсионной среды;
  - 5) по агрегатному состоянию дисперсной фазы и дисперсионной среды.
5. Какими из перечисленных способов очищают коллоидные растворы?
  - 1) пептизация;
  - 2) диализ;
  - 3) диспергирование;
  - 4) ультрафильтрация;
  - 5) тиксотропия;
  - 6) электродиализ.
6. Дисперсная система – это...(закончите предложение).
7. Что называют дисперсной средой?
  - 1) совокупность измельченных частиц;
  - 2) окружающую жидкость и совокупность измельченных частиц;
  - 3) среду, в которой равномерно распределены частицы.
8. .... - системы состоящие из частиц различных размеров.
9. Основные признаки дисперсных систем:
  - 5) гетерогенность;
  - 6) высокая раздробленность;
  - 7) высокая раздробленность и гетерогенность;
  - 8) гомогенность.
10. Какой размер имеют частицы в высокодисперсных системах?
  - 5)  $10^{-7} - 10^{-5}$  м;

6)  $10^{-5} - 10^{-3}$  м;

7)  $10^{-9} - 10^{-7}$  м;

8)  $10^{-9}$  м.

11. Молоко, сырая нефть, являются представителями дисперсных систем типа:

- 1) твердое в жидком;
- 2) газообразное в жидком;
- 3) жидкое в жидком;
- 4) газообразное в газообразном.

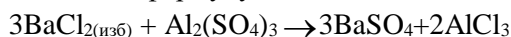
12. Пыль, мука являются представителями дисперсных систем типа:

- 1) жидкое в твердом;
- 2) газообразное в жидком;
- 3) твердое в газообразном;
- 4) газообразное в твердом.

13. Пенопласт, хлеб являются представителями дисперсных систем типа:

- 1) газообразное в твердом;
- 2) газообразное в жидком;
- 3) твердое в жидком;
- 4) твердое в твердом.

14. Написать формулу мицеллы:



**Тема «Поверхностные явления»**  
**«Адсорбция на границе «жидкость-газ»**  
**Коллоквиум 5**  
**ВАРИАНТ № 1**

1. Какие из формул отражают понятие поверхностного натяжения?

а)  $G = -\frac{dC}{d\sigma}$ ;      б)  $\Gamma = -\frac{C}{RT} \cdot \frac{d\sigma}{dC}$ ;      в)  $\sigma = -\frac{\delta A}{dS}$ ;      г)  $\sigma = \frac{G_s}{S}$ .

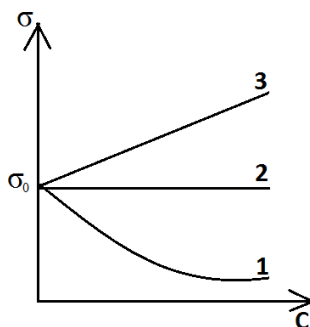
2. Какая из формул отражает понятие поверхностной активности?

а)  $g = -\left(\frac{d\sigma}{dC}\right)$ ;      б)  $g = -\left(\frac{dC}{d\sigma}\right)$ ;      в)  $\sigma = \frac{G_s}{S}$ .

3. Поверхностно-активными веществами (ПАВ) называются вещества:

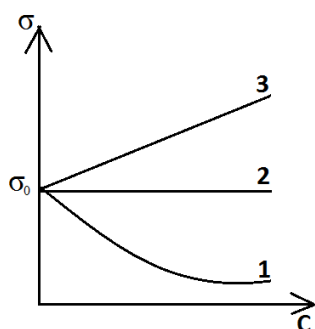
- а) способные повышать поверхностное натяжение;
- б) способные понижать поверхностное натяжение;
- в) способные равномерно распределяться между объемом фазы и поверхностным слоем;
- г) при растворении которых поверхностное натяжение не изменяется.

4. Какая из приведенных кривых соответствует ПАВ:



5. Какие из приведенных веществ (в случае водных растворов) относятся к ПИАВ:
- |                                      |                              |
|--------------------------------------|------------------------------|
| а) $\text{BaSO}_4$ ;                 | г) $\text{NaCl}$ ;           |
| б) $\text{K}_2\text{SO}_4$ ;         | д) $\text{HCl}$ ;            |
| в) $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$ ; | е) $\text{H}_2\text{SO}_4$ . |
6. Поверхностно-неактивными веществами (ПНАВ) называются вещества:
- способные повышать поверхностное натяжение;
  - способные понижать поверхностное натяжение;
  - способные равномерно распределяться между объемом фазы и поверхностным слоем;
  - при растворении которых поверхностное натяжение не изменяется.

7. Какая из приведенных кривых соответствует ПИАВ:



8. Методы определения поверхностного натяжения подразделяются на:
- диспергационные методы;
  - статические;
  - конденсационные;
  - динамические.
9. Какие из приведенных методов используются для определения поверхностного натяжения растворов ПАВ:
- метод капиллярного поднятия жидкости;
  - метод отрыва кольца;
  - метод наибольшего давления пузырька газа в жидкости;
  - метод отрыва капли;
  - все перечисленные.
10. При каких условиях выполняется правило Траубе-Дюкло?
- при больших концентрациях ПАВ;
  - при комнатной температуре;
  - при малых концентрациях;
  - для полярных растворителей;
  - для неполярных растворителей;
  - для ПАВ с небольшой длиной углеводородного радикала.

## ВАРИАНТ № 2

1. Какие из формул отражают понятие поверхностного натяжения?

а)  $G = -\frac{dC}{d\sigma}$ ;      б)  $\Gamma = -\frac{C}{RT} \cdot \frac{d\sigma}{dC}$ ;      в)  $\sigma = -\frac{\delta A}{dS}$ ;      г)  $\sigma = \frac{G_s}{S}$ .

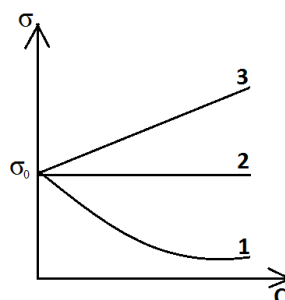
2. Какая из формул отражает понятие поверхностной активности?

а)  $g = -\left(\frac{d\sigma}{dC}\right)$ ;      б)  $g = -\left(\frac{dC}{d\sigma}\right)$ ;      в)  $\sigma = \frac{G_s}{S}$ .

3. Поверхностно-инактивными веществами (ПИАВ) называются вещества:

- а) способные повышать поверхностное натяжение;
- б) способные понижать поверхностное натяжение;
- в) способные равномерно распределяться между объемом фазы и поверхностным слоем;
- г) при растворении которых поверхностное натяжение не изменяется.

4. Какая из приведенных кривых соответствует ПНАВ:



5. Какие из приведенных веществ (в случае водных растворов) относятся к ПАВ:

- а)  $C_3H_7COOH$ ;
- б)  $C_4H_9OH$ ;
- в)  $H_2SO_4$ ;
- г)  $C_{13}H_{27}COONa$ ;
- д)  $NaCl$ .

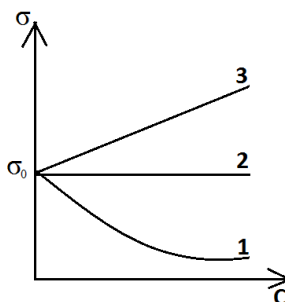
6. Какие из приведенных методов используются для определения поверхностного натяжения растворов ПАВ:

- а) метод капиллярного поднятия жидкости;
- б) метод отрыва кольца;
- в) метод наибольшего давления пузырька газа в жидкости;
- г) метод отрыва капли;
- д) все перечисленные.

7. Методы определения поверхностного натяжения подразделяются на:

- а) диспергационные методы;
- б) статические;
- в) конденсационные;
- г) динамические.

8. Какая из приведенных кривых соответствует ПАВ:



9. Какие из приведенных веществ (в случае водных растворов) относятся к ПИАВ:

- |                                      |                                     |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| а) BaSO <sub>4</sub> ;               | г) NaCl;                            |
| б) K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ;  | д) HCl;                             |
| в) C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH; | е) H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> . |

10. При каких условиях выполняется правило Траубе-Дюкло?

- а) при больших концентрациях ПАВ;
- б) при комнатной температуре;
- в) при малых концентрациях;
- г) для полярных растворителей;
- д) для неполярных растворителей;
- е) для ПАВ с небольшой длиной углеводородного радикала.

## Тема 5

### «Свойства дисперсных систем. Устойчивость дисперсных систем»

#### Коллоквиум 6

#### ВАРИАНТ № 1

1. Способность коллоидной системы сохранять дисперсность, т.е. размер частиц во времени, называется.....
2. Коагуляцией называется.....
3. Что называется порогом коагуляции:
  - а) объем золя, который коагулирует под действием 1 моля электролита;
  - б) минимальная концентрация электролита, при которой начинается коагуляция;
  - в) оба варианта.
4. Коагуляция – это самопроизвольный процесс, который приводит:
  - а) к уменьшению межфазной поверхности;
  - б) к увеличению межфазной поверхности;
  - в) к уменьшению свободной поверхностной энергии;
  - г) к увеличению свободной поверхностной энергии.
5. Какое из перечисленных определений подчиняется правилу Шульца-Гарди:
  - а) чем больше заряд коагулирующего иона, тем больше коагулирующая способность электролита;
  - б) коагулирующим ионом является ион электролита, имеющий знак заряда, противоположный знаку заряда коллоидной частицы;
  - в) коагулирующим действием обладает тот ион электролита, который имеет заряд одноименный заряду коллоидной частицы.
6. Какими свойствами иона определяется его коагулирующая сила:
  - а) знаком заряда иона;
  - б) величиной заряда иона;
  - в) размером иона;
  - г) все перечисленное.
7. Какие из перечисленных уравнений используются в качестве количественной характеристики коагуляции:
 

|                              |  |
|------------------------------|--|
| а) $W = -\frac{dv}{d\tau}$ ; | б) $\alpha = \frac{Z_{эф}}{Z}$ ;                     |
| в) $V_K = \frac{1}{C_K}$ ;   | г) $C_K = \alpha \cdot \left(\frac{1}{Z^6}\right)$ . |
8. Факторы агрегативной устойчивости дисперсных систем подразделяются на:
  - 1) термодинамические;
  - 2) кинетические
 Какие из перечисленных факторов относятся к первой, а какие ко второй:

- а) электрокинетические;
  - б) адсорбционно-сольватные;
  - в) энтропийные;
  - г) структурно-механические;
  - д) гидродинамические.
9. При коагуляции золя электролитами различают:
- а) нейтрализационную коагуляцию;
  - б) концентрационную коагуляцию;
  - в) смесью двух электролитов;
  - г) явление неправильных рядов;
  - д) все перечисленные.
10. Индифферентный электролит – это.....

## ВАРИАНТ № 2

1. Способность коллоидной системы сохранять равномерность распределения дисперсной фазы в дисперсионной среде называется.....
2. Что называется порогом коагуляции:
  - а) объем золя, который коагулирует под действием 1 моля электролита;
  - б) минимальная концентрация электролита, при которой начинается коагуляция;
  - в) оба варианта.
3. Назовите причины, которые могут привести к коагуляции коллоидной системы:
  - а) нагревание и охлаждение;
  - б) действие электромагнитных полей;
  - в) механическое воздействие;
  - г) действие видимого света;
  - д) облучение электромагнитными частицами;
  - е) добавление электролитов;
  - ж) все выше перечисленное.
4. Коагуляция – это самопроизвольный процесс, который приводит:
  - а) к уменьшению межфазной поверхности;
  - б) к увеличению межфазной поверхности;
  - в) к уменьшению свободной поверхностной энергии;
  - г) к увеличению свободной поверхностной энергии.
5. Какое из перечисленных определений подчиняется правилу Шульца-Гарди:
  - а) чем больше заряд коагулирующего иона, тем больше коагулирующая способность электролита;
  - б) коагулирующим ионом является ион электролита, имеющий знак заряда, противоположный знаку заряда коллоидной частицы;
  - в) коагулирующим действием обладает тот ион электролита, который имеет заряд одноименный заряду коллоидной частицы.
6. Какими свойствами иона определяется его коагулирующая сила:
  - а) знаком заряда иона;
  - б) величиной заряда иона;
  - в) размером иона;
  - г) все перечисленное.
7. Какие из перечисленных уравнений используются в качестве количественной характеристики коагуляции:
 

а)  $W = -\frac{dV}{d\tau}$ ;

в)  $V_K = \frac{1}{C_K}$ ;

б)  $\alpha = \frac{Z_{эф}}{Z}$ ;

г)  $C_K = \alpha \cdot \left(\frac{1}{Z^6}\right)$ .
8. Факторы агрегативной устойчивости дисперсных систем подразделяются на:



- 1) термодинамические;
  - 2) кинетические.
- Какие из перечисленных факторов относятся к первой, а какие ко второй:
- а) электрокинетические;
  - б) адсорбционно-сольватные;
  - в) энтропийные;
  - г) структурно-механические;
  - д) гидродинамические.
9. При коагуляции золя электролитами различают:
- а) нейтрализационную коагуляцию;
  - б) концентрационную коагуляцию;
  - в) смесь двух электролитов;
  - г) явление неправильных рядов;
  - д) все перечисленные.
10. Неиндифферентный электролит – это.....

***Критерии оценки коллоквиумов:***

Каждый правильный ответ на вопрос в варианте 1 балл.

Каждый неправильный ответ – 0 баллов.

Решение задачи: оценивается ход решения и правильность численного ответа.  
Задача оценивается в соответствии с уровнем сложности.

Набранное количество баллов приводится к максимальному в процентном выражении, т.е. студент набрал 24 балла из 28 возможных. Это составляет 86%. Перевод процентов теста в четырех-бальную систему следующая:

|          |                       |         |         |          |
|----------|-----------------------|---------|---------|----------|
| Проценты | < 61                  | 61 – 72 | 73 – 86 | 87 – 100 |
| Баллы    | <3,6                  | 3,6-4,3 | 4,4-5,2 | 5,3-6    |
| Оценка   | Коллоквиум<br>не сдан | 3       | 4       | 5        |

