

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

САЕ Институт «Умные материалы и технологии»

УТВЕРЖДАЮ:

Директор



И.А. Курзина

« 05 » 11 2024 г.

Оценочные материалы по дисциплине

**Коллоидная химия**

по направлению подготовки

**19.03.01 Биотехнология**

Направленность (профиль) подготовки:  
**«Молекулярная инженерия»**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Бакалавр**

Год приема

**2025**

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

И.А. Курзина

Председатель УМК

Г.А. Воронова

## 1. Компетенции и индикаторы их достижения, проверяемые данными оценочными материалами

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

– ОПК-1 – способен изучать, анализировать, использовать биологические объекты и процессы, основываясь на законах и закономерностях математических, физических, химических и биологических наук и их взаимосвязях;

– ОПК-7 – способен проводить экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, наблюдения и измерения, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные, применяя математические, физические физико-химические, химические, биологические, микробиологические методы.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК-1.1. Демонстрирует способность применять законы математических, физических, химических и биологических наук и их взаимосвязи при решении поставленной задачи;

ИОПК-1.2. Владеет методами теоретического и экспериментального исследования биологических и химических процессов, анализа и обработки экспериментальных данных.

ИОПК-7.1. Проводит экспериментальные исследования и испытания по заданной методике;

ИОПК-7.2. Применяет математические, физические физико-химические, химические, биологические, микробиологические методы для наблюдения, измерения, обработки и интерпретации экспериментальных данных.

## 2. Оценочные материалы текущего контроля и критерии оценивания

Элементы текущего контроля:

- Задачи
- Контрольные работы

### 2.1 Перечень задач (ИОПК-1.1, ИОПК-1.2.)

1. Аэрозоль ртути сконденсировался в виде большой капли объемом  $3,5 \text{ см}^3$ . Определите, насколько уменьшилась поверхностная энергия ртути, дисперсность аэрозоля составляла  $10 \text{ мкм}^{-1}$ . Поверхностное натяжение ртути примите равным  $0,475 \text{ Дж/м}^2$ . (99,75 Дж)
2. Рассчитайте радиус частиц гидрозоля золота, если после установления седиментационно-диффузионного равновесия при 293 К на высоте  $h = 8,56 \text{ см}$  концентрация частиц изменилась в 2,5 раз. Плотность золота  $\rho = 19,3 \text{ г/см}^3$ , плотность воды  $\rho_0 = 1,0 \text{ г/см}^3$ . ( $3,9 \cdot 10^{-9} \text{ м}$ )
3. Для частицы радиусом  $27 \cdot 10^{-7} \text{ см}$  величина среднего смещения составляет  $1 \cdot 10^{-4} \text{ см}$ . Какое смещение будет иметь частица радиусом в  $52 \cdot 10^{-7} \text{ см}$ , находящаяся в той же среде и при той же температуре? ( $0,7 \cdot 10^{-6} \text{ м}$ )
4. Рассчитайте электрокинетический потенциал частиц бентонитовой глины по результатам электрофореза при следующих условиях: расстояние между электродами 25 см, напряжение 100 В, за 15 мин частицы перемещаются на 6 мм к аноду, относительная диэлектрическая проницаемость среды 78,2 (при 298 К), вязкость среды  $8,94 \cdot 10^{-4} \text{ Па}\cdot\text{с}$ . (21 мВ)
5. Удельная поверхность непористой сажи равна  $7367 \cdot 10^3 \text{ м}^2/\text{кг}$ . Рассчитайте площадь, занимаемую молекулой бензола в плотном монослое, исходя из данных об адсорбции бензола на этом адсорбенте при 293 К:

6. $P, \text{ Па}$	7.	8.	9.	10.	11.
12. $\alpha \cdot 10^2,$	13.	14.	15.	16.	17.

моль/кг					
---------	--	--	--	--	--

- Предполагается, что изотерма адсорбции описывается уравнением Ленгмюра. ( $0,51 \text{ нм}^2$ )
- Для коагуляции  $10 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$  золя AgI требуется  $0,45 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$  раствора  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ . Концентрация электролита равна  $0,05 \text{ кмоль/м}^3$ . Найдите порог коагуляции золя. ( $2,15 \cdot 10^{-3} \text{ кмоль/м}^3$ )
  - Вычислите величину среднего смещения частицы гидрозоля Ag за 10 с, если радиус частицы  $5 \cdot 10^{-6} \text{ см}$ , вязкость среды 0,01 пуаз и температура  $20^\circ\text{C}$ . Каков коэффициент диффузии частиц в этом гидрозоле? ( $9,26 \cdot 10^{-6} \text{ м}$ ;  $4,29 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2/\text{с}$ )
  - Для гидрозоля  $\text{Al}_2\text{O}_3$  рассчитайте высоту, на которой концентрация частиц уменьшится в 2,7 раза. Дисперсность фазы гидрозоля составляет  $10^9 \text{ м}^{-1}$ , плотность  $\text{Al}_2\text{O}_3$   $4 \text{ г/см}^3$ , плотность дисперсионной среды  $1 \text{ г/см}^3$ , температура  $293\text{K}$ . Частицы сферические. ( $1,2 \text{ м}$ )
  - Определите поверхностное натяжение бензола при 293, 313 и 343 К. Примите, что полная поверхностная энергия не зависит от температуры и для бензола равна  $61,9 \text{ мДж/м}^2$ . Температурный коэффициент для поверхностного натяжения равен  $-0,13 \text{ мДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$ . ( $23,8 \cdot 10^{-3}$ ;  $21,2 \cdot 10^{-3}$  и  $17,3 \cdot 10^{-3} \text{ Дж/м}^2$ )
  - Частицы аэросила  $\text{SiO}_2$  в водной среде при  $\text{pH} = 6,2$  имеют электрокинетический потенциал, равный  $-34,7 \cdot 10^{-3} \text{ В}$ . На какое расстояние и к какому электроду сместятся частицы за 30 мин, если напряжение в приборе для электрофореза 110 В, расстояние между электродами 25 см, относительная диэлектрическая проницаемость среды 80,1, вязкость  $1 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$  ( $1,95 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ )
  - Какое количество раствора  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  концентрации  $0,01 \text{ кмоль/м}^3$  требуется для коагуляции  $1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$  золя  $\text{As}_2\text{O}_3$ ? Порог коагуляции  $96 \cdot 10^{-6} \text{ кмоль/м}^3$  (9,6 мл)
  - Рассчитайте полную поверхностную энергию 6 г эмульсии бензола в воде с концентрацией 40 % (масс.) и дисперсностью  $5 \text{ мкм}^{-1}$  при температуре 303 К. Плотность бензола  $0,858 \text{ г/см}^3$ ; межфазное поверхностное натяжение  $26,13 \text{ мДж/м}^2$ , а температурный коэффициент поверхностного натяжения бензола равен  $-0,13 \text{ мДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$ . (5,5 Дж)
  - При исследовании адсорбции уксусной кислоты на древесном угле из водных растворов объемом 200 мл получены результаты:

Масса угля, г	3,96	3,94	4,00	4,12	4,04	4,00
Начальная концентрация ( $C_0$ )						
кислоты, ммоль/л,	503,0	252,2	126,0	62,8	31,4	15,7
Равновесная концентрация, $C_p$	434,0	202,0	89,9	34,7	11,3	3,33

Покажите, что эти данные удовлетворяют изотерме адсорбции Фрейндлиха. Рассчитайте константы этого уравнения. ( $1/n = 0,35$ ;  $\beta = 0,45$ ).

- Рассчитайте электрофоретическую скорость передвижения частиц золя сульфида мышьяка по следующим данным:  $\zeta$ -потенциал частиц равен  $-42,3 \text{ мВ}$ , расстояние между электродами 0,4 м, внешняя разность потенциалов 149 В, вязкость среды  $1 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ , относительная диэлектрическая проницаемость 80,1. ( $10,5 \text{ мкм/с}$ )
- Порог коагуляции отрицательно заряженного гидрозоля  $\text{As}_2\text{S}_3$  под действием  $\text{KCl}$  равен  $4,9 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л}$ . С помощью правил Шульце–Гарди и Дерягина–Ландау для этого золя рассчитайте пороги коагуляции, вызываемой следующими электролитами:  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{AlCl}_3$  и  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ .
- Вычислите средний диаметр частиц гидрозоля золота, если подсчет числа частиц в двух слоях, удаленных друг от друга на 0,1 мм, дал в верхнем слое 408 штук, а в нижнем 779. Плотность золота  $19,3 \text{ г/см}^3$ , температура  $19^\circ\text{C}$ . ( $6,5 \cdot 10^{-8} \text{ м}$ )
- Осмотическое давление гидрозоля золота с концентрацией  $2 \text{ кг/м}^3$  при 253 К равно 374 Па. Рассчитайте коэффициент диффузии частиц в этих условиях, если плотность золота  $19,3 \text{ г/см}^3$ , вязкость среды  $1 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ . Форма частиц сферическая ( $3,1 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$ )
- Для определения поверхностного натяжения воды взвешивают капли, отрывающиеся от капилляра, и измеряют диаметр шейки капли в момент ее отрыва. Оказалось, что масса 318 капель воды равна 5 г, а диаметр шейки капли 0,7 мм. Рассчитайте поверхностное натяжение воды. ( $70,17 \cdot 10^{-3} \text{ Дж/м}^2$ )
- Рассчитайте величину  $\zeta$ -потенциала на границе водный раствор  $\text{KCl}$  – мембрана из

полистирола. В процессе электроосмоса объемная скорость равнялась  $15 \cdot 10^{-10} \text{ м}^3/\text{с}$ , сила тока  $I = 7 \cdot 10^{-3} \text{ А}$ , удельная электрическая проводимость среды  $\chi = 9 \cdot 10^{-2} \text{ ом}^{-1} \text{ м}^{-1}$ , вязкость  $\eta = 10^{-3} \text{ Н} \cdot \text{с}/\text{м}^2$ , относительная диэлектрическая проницаемость  $\epsilon = 81$ , электрическая константа  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}/\text{м}$ . (26,9 мВ)

20. Во сколько раз уменьшится порог коагуляции золя  $\text{As}_2\text{S}_3$ , если для коагуляции  $10 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$  золя, вместо  $\text{NaCl}$ , использовать  $\text{MgCl}_2$  и  $\text{AlCl}_3$ ? Концентрация и объем растворов электролитов, необходимых для коагуляции, приведены в таблице. Каков заряд частиц золя?

Электролит	NaCl	MgCl <sub>2</sub>	AlCl <sub>3</sub>
C, кмоль/м <sup>3</sup>	0,5	0,0036	0,01
V·10 <sup>6</sup> , м <sup>3</sup>	1,2	0,4	0,1

21. Имеются следующие данные по адсорбции СО на древесном угле при 273 К:

P, мм рт.ст.	100	200	300	400	500	600	700
a, ммоль/г	46,2	83,3	113,4	140,2	164,6	185,6	205,6

Проверьте, подчиняются ли эти данные уравнению Ленгмюра. Рассчитайте константы этого уравнения. ( $\alpha_{\text{max}} = 454,5 \text{ ммоль}/\text{г}$ ;  $b = 0,0012 \text{ мм рт.ст.}^{-1}$ )

21. Рассчитайте время, за которое сферические частицы стекла оседают в воде на расстояние 1 см, если дисперсность частиц  $0,1 \text{ мкм}^{-1}$ , плотность дисперсной фазы и дисперсионной среды соответственно равны 2,4 и  $1,0 \text{ г}/\text{см}^3$ . Вязкость дисперсионной среды  $1 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ . (131 с)
22. Пользуясь уравнением Релея, сравните интенсивности рассеянного дисперсной системой света при освещении синим светом ( $\lambda_1 = 410 \text{ нм}$ ) и красным светом ( $\lambda_2 = 630 \text{ нм}$ ). Интенсивности падающих монохроматических пучков света одинаковы. (5,57)
23. Вычислите удельную поверхность 1 кг угольной пыли с диаметром частиц, равным  $0,08 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ . Плотность угля  $1,8 \text{ кг}/\text{м}^3$  ( $4,17 \cdot 10^4 \text{ м}^2/\text{кг}$ )
24. Рассчитайте постоянные уравнения Ленгмюра адсорбции аргона на угле, если известны следующие данные:

P10 <sup>3</sup> , Па	2,5	3,43	7,42	13,10	17,20
a·10 <sup>4</sup> , моль/г	1,68	2,27	4,47	6,97	8,19

( $A_{\text{max}} = 23,66 \cdot 10^{-4} \text{ моль}/\text{г}$ ;  $b = 30,6 \text{ Па}^{-1}$ )

25. Рассчитайте электрокинетический потенциал поверхности частиц бентонитовой глины по результатам электрофореза при следующих условиях: расстояние между электродами 25 см, напряжение 110 В, за 15 мин частицы перемещаются на 6 мм к аноду, относительная диэлектрическая проницаемость среды 78,2 (при 298 К), вязкость  $8,94 \cdot 10^{-4} \text{ Па} \cdot \text{с}$ .

(21,5 мВ)

26. Каков знак заряда частиц золя и какова концентрация электролитов, вызвавших коагуляцию  $10 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$  золя сульфида мышьяка, если при приливании ниже указанных объемов растворов электролитов их порог коагуляции следующий:

Электролит	KNO <sub>3</sub>	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Al(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>
V·10 <sup>6</sup> , м <sup>3</sup>	65	17	0,8
Скр, кмоль/м <sup>3</sup>	5,17	0,85	0,0065

(0,795; 0,5; 0,0812 кмоль/м<sup>3</sup>)

27. Вычислите радиус частицы золя золота, если за 1 мин частица переместилась на  $10,65 \cdot 10^{-6} \text{ м}$ . Температура опыта 393 К, вязкость среды  $0,0105 \text{ Па} \cdot \text{с}$ .

( $2,9 \cdot 10^{-8} \text{ м}$ )

28. Рассчитайте, на какой высоте от дна сосуда при установившемся равновесии концентрация гидрозоля сульфида мышьяка уменьшится вдвое, если средний диаметр частиц  $1 \cdot 10^{-8} \text{ м}$ , плотность частиц  $1,9 \text{ г}/\text{см}^3$ , плотность среды  $1 \text{ г}/\text{см}^3$ . Температура 290 К.

(5,89 м)

29. Гидрозоль золота состоит из частиц диаметром  $2 \cdot 10^{-7} \text{ см}$  и находится при температуре 27°C. На какой высоте от дна число частиц в золе уменьшится в 2 раза. Плотности золя

и частиц золота соответственно равны 1 и 19,3 г/см<sup>3</sup>.

(3,82 м)

30. Вязкость глицерина при 67°C равна 0,001 Па·с. Какова величина среднего смещения частицы глицерозоля радиусом 100 мкм в течение 10 с, и чему равен коэффициент диффузии золя при этой температуре?

( $0,7 \cdot 10^{-7}$  м;  $2,5 \cdot 10^{-15}$  м<sup>2</sup>/с)

31. При исследовании поверхностной активности растворов уксусной кислоты при 293К получены следующие результаты:

Концентрация кислоты, С моль/л	0,00	0,01	0,10	0,50	1,00
Поверхностное натяжение $\sigma \cdot 10^3$ , Дж/м <sup>2</sup>	73,26	70,02	66,88	61,66	57,22

Постройте изотерму адсорбции и проверьте подчиняемость ее уравнению Ленгмюра. Рассчитайте коэффициенты уравнения Ленгмюра.

( $\Gamma_{\max} = 21 \cdot 10^{-6}$  моль/м<sup>2</sup>;  $K = 0.79$  м<sup>2</sup>моль)

32. Во сколько раз поверхностная энергия золя серебра, имеющего частицы кубической формы с длиной ребра  $2 \cdot 10^{-7}$  м, меньше, чем у золя серебра с частицами с длиной ребра  $8 \cdot 10^{-8}$  м? В 1 л воды диспергировано одно и то же количество серебра – 1 см<sup>3</sup>.

(2,5 раза)

33. Запишите строение мицеллы гидрозоль бромида серебра, полученного при взаимодействии разбавленного раствора азотнокислого серебра с избытком *KBr*. Как изменится строение мицеллы, если этот гидрозоль получить при взаимодействии сильно разбавленного раствора *KBr* с избытком *AgNO<sub>3</sub>*.

34. Рассчитайте  $\zeta$ -потенциал для суспензии кварца в воде. При электрофорезе частицы перемещаются к аноду; смещение границы составило  $5 \cdot 10^{-4}$  м за 180 с; градиент напряжения внешнего поля  $H = 100$  В/м; диэлектрическая проницаемость среды  $\epsilon = 81$ ; электрическая константа  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м; вязкость среды  $\eta = 1 \cdot 10^{-3}$  Па·с.

(38,75 мВ)

35. Определите поверхностную энергию ( $G^S$ ) капель водяного тумана массой 10 г при 298 К, если поверхностное натяжение воды  $72,35 \cdot 10^{-3}$  Дж/м<sup>2</sup>, плотность воды  $1,0 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, радиус капель  $2 \cdot 10^{-8}$  м.

(109 Дж)

36. Рассчитайте электрофоретическую скорость передвижения частиц золя *As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>* по следующим данным:  $\zeta = -42,3$  мВ, расстояние между электродами 0,4 м, внешняя разность потенциалов 149 В, вязкость среды  $1 \cdot 10^{-3}$  Па·с, относительная диэлектрическая проницаемость среды 80,1.

( $1,1 \cdot 10^{-5}$  м/с)

37. При исследовании адсорбции нормального бутилового спирта из водных растворов различной концентрации получены следующие результаты:

С, моль/л	0,031	0,062	0,125	0,250	0,500
$\Gamma \cdot 10^6$ , моль/м <sup>2</sup>	2,05	3,42	4,52	5,26	0,03

Рассчитайте площадь, занимаемую одной молекулой бутилового спирта в насыщенном монослое.

(0,24 нм<sup>2</sup>)

38. Рассчитайте отношение осмотических давлений двух гидрозольей (частицы сферические) при следующих условиях:

- 1) одинаковая массовая концентрация, но различная дисперсность частиц  $40 \cdot 10^6$  м<sup>-1</sup> и  $20 \cdot 10^6$  м<sup>-1</sup>;
- 2) одинаковая дисперсность, но различная концентрация: 7 г/л и 3,5 г/л.

(1/8; 1/5)

39. Золь гидроксида железа (3) получен при добавлении к 85 мл кипящей дистиллированной воды 15 мл 2% раствора *FeCl<sub>3</sub>*. Напишите формулу мицеллы золя *Fe(OH)<sub>3</sub>*, учитывая, что при образовании частиц гидроксида железа (3) в растворе присутствуют ионы *Fe<sup>+3</sup>*, *Cl<sup>-</sup>*. Как заряжены частицы золя? Проверьте правило Шульце–Гарди, если порог коагуляции, вызываемый *KF*, равен

0,02 моль/л,  $K_2SO_4 - 3,12 \cdot 10^4$  моль/л,  $K_3Fe(CN)_6 - 2,74 \cdot 10^{-5}$  моль/л.

40. Коэффициент диффузии коллоидных частиц золота в воде при 298 К равен  $2,7 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{сут}$ . Определите дисперсность частиц гидрозоля золота. Вязкость воды при 298 К равна  $8,94 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$ .  
( $6,4 \cdot 10^8 \text{ м}^{-1}$ )

41. Определите энергию Гиббса поверхности 5 г тумана воды, если поверхностное натяжение капель жидкости составляет  $71,96 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}/\text{м}^2$ , а дисперсность частиц  $60 \text{ мкм}^{-1}$ . Плотность воды примите равной  $0,997 \text{ г}/\text{см}^3$ .

(130 Дж)

42. Для гидрозоля золота рассчитайте высоту, на которой концентрация частиц уменьшится в 2,7 раза. Форма частиц сферическая, дисперсность гидрозоля равна  $10^9 \text{ м}^{-1}$ , плотность золота  $19,3 \text{ г}/\text{см}^3$  плотность дисперсионной среды  $1 \text{ г}/\text{см}^3$ , температура 293 К.

(43,1 м)

43. При исследовании адсорбции стеариновой кислоты из ее растворов в н-гексане различных концентраций на порошке стали получены следующие результаты:

$c \cdot 10^5$ , моль/л	1	2	4	7	10	15	20	25
$\alpha \cdot 10^3$ кг/кг	0,786	0,864	1	1,17	1,30	1,47	1,60	1,70

Рассчитайте удельную поверхность порошка стали, принимая площадь одной молекулы стеариновой кислоты в насыщенном монослое  $0,20 \text{ нм}^2$ .

( $0,87 \text{ м}^2/\text{г}$ )

44. При исследовании коагуляции полистирольного латекса получены следующие значения порогов коагуляции:

Электролит	NaCl	CaCl <sub>2</sub>	AlCl <sub>3</sub>
Порог коагуляции, моль/л	0,47	$8,8 \cdot 10^{-3}$	$6 \cdot 10^{-4}$

Рассчитайте соотношения порогов коагуляции и сопоставьте его с соотношением, полученным в соответствии с правилом Дерягина-Ландау.

45. Вычислите величину электрокинетического потенциала на границе кварцевое стекло – водный раствор хлорида калия. Если в процессе электроосмоса были получены следующие данные: сила тока  $I = 4 \cdot 10^{-4} \text{ А}$ , время переноса объема раствора, равного  $V = 1 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3$  составляет 12,4 с. Удельная электрическая проводимость среды  $\kappa = 1,8 \cdot 10^{-2} \text{ См}/\text{см}$ . Относительная диэлектрическая проницаемость  $\epsilon = 81$ , вязкость среды  $\eta = 1 \cdot 10^{-3} \text{ н}\cdot\text{с}/\text{м}^2$   
(50,6 мВ)

46. Рассчитайте время, за которое сферические частицы стекла в воде оседают на расстояние 1 см, если дисперсность частиц  $0,1 \text{ мкм}^{-1}$ , плотность дисперсионной фазы и дисперсионной среды соответственно равны 2,4 и  $1,0 \text{ г}/\text{см}^3$ .

(131 с)

47. Длина волны красного света равна 760 нм, а синего света – 430 нм. В каком случае интенсивность рассеянного света будет больше и во сколько раз?

(9,75)

48. Число сферических частиц в определенном объеме гидрозоля золота, находящегося в равновесии в поле силы тяжести, равно 386. Чему равно число частиц в слое, лежащем на 0,1 мм выше, если частицы имеют средний радиус  $6,6 \cdot 10^{-6} \text{ см}$ , температура раствора 292 К, а плотность золота  $19,3 \text{ г}/\text{см}^3$ ?

(198)

49. Осмотическое давление 0,1% раствора каучука в бензоле 400 Па при 292 К, плотность бензола  $0,88 \text{ г}/\text{см}^3$ . Чему равна молекулярная масса частиц каучука?

(5341 г/моль)

50. По экспериментальным данным адсорбции диоксида углерода на активированном угле вычислите константы уравнения Ленгмюра:

Равновесное давление	9,9	49,7	99,8	200,0	297,0	398,5
----------------------	-----	------	------	-------	-------	-------

$P \cdot 10^{-2}$ , Па						
Адсорбция $a \cdot 10^3$ , кг/кг	32,0	70,0	91,0	102,0	107,3	108,0

$$(A_{\max} = 0,129 \text{ кг/кг}; b = 3,0 \cdot 10^{-4} \text{ Па}^{-1})$$

51. Найдите величину  $\xi$ -потенциала коллоидных частиц  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , если при электрофорезе за 30 мин. граница сместилась на 5,4 см. напряженность электрического поля  $H = 8 \cdot 10^2 \text{ В/м}$ . Относительная диэлектрическая проницаемость  $\epsilon = 81$ , вязкость среды  $\eta = 1 \cdot 10^{-3} \text{ н·с/м}^2$ .

(52 мВ)

52. При исследовании коагуляции полистирольного латекса получены следующие данные:

Электролит	NaCl	CaCl <sub>2</sub>	AlCl <sub>3</sub>
Порог коагуляции, моль/л	0,47	$8,8 \cdot 10^{-3}$	$6,0 \cdot 10^{-4}$

Рассчитайте соотношение порогов коагуляции и проверьте правило Дерягина-Ландау.

53. Смещение частицы, находящейся в броуновском движении в воздухе в 8 раз, а в водороде в 15 раз больше, чем в воде. Приняв вязкость воды равной 0,01 Па·с, определите вязкость воздуха и водорода.

$$(1,56 \cdot 10^{-4}; 4,4 \cdot 10^{-5} \text{ Па·с})$$

54. На основании следующих данных об адсорбции аргона на слюде при 90 К определите постоянные уравнения Ленгмюра графическим методом

P, Па	373	453	680	813	1266	1733	4532
A, см <sup>3</sup> /г	11,8	13,5	17,3	19,1	23,0	26,0	32,7

$$(A_{\max} = 39,4 \text{ см}^3/\text{г}; b = 0,0013 \text{ Па}^{-1})$$

55. Определите поверхностную энергию Гиббса капель водяного тумана массой 5 г при 293 К, если поверхностное натяжение воды равно  $72,75 \cdot 10^{-3} \text{ Дж/м}^2$ , плотность воды  $0,998 \text{ г/см}^3$ , дисперсность частиц  $D = 50 \text{ мкм}^{-1}$ .

(109 Дж)

56. Вычислите электрокинетический потенциал золя свинца в метиловом спирте, если за 100 мин уровень раствора переместился на 0,011 см, а напряженность поля 50 В/м. Вязкость золя 0,00612 пуаз, диэлектрическая постоянная среды 34.

(74 мВ)

57. Золя ртути состоит из шариков диаметром  $1 \cdot 10^{-8} \text{ м}$ . Чему равна суммарная поверхность и поверхностная энергия частиц, образующихся из 1 г ртути. Плотность ртути  $13,56 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ , поверхностное натяжение ртути 0,475 Дж/м<sup>2</sup>.

(21 Дж)

58. Какой объем раствора  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  концентрации 0,01 моль/л требуется для коагуляции  $10^{-3} \text{ м}^3$  золя  $\text{As}_2\text{O}_3$ ? Порог коагуляции равен  $96 \cdot 10^{-6} \text{ моль/л}$ .

( $10 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ )

*Критерии оценивания*

% правильности решения задачи	Оценка по традиционной системе
90-100	Отлично
75-89	Хорошо
60-74	Удовлетворительно
0-59	Неудовлетворительно

## 2.2. Тематика лабораторных работ (ИОПК-1.1., ИОПК-1.2., ИОПК-7.1., ИОПК-7.2.)

1. Адсорбция из растворов.
2. Смачивание.
3. Исследование электрофореза золь.
4. Изучение агрегативной устойчивости суспензий.

5. Исследование зон коагуляции и стабилизации зелей электролитами
6. Реология дисперсных систем.

*Критерии оценивания:*

оценка «зачтено» выставляется, если работа выполнена верно не менее, чем на 75%, иначе выставляется оценка «не зачтено».

### **3. Оценочные материалы итогового контроля (промежуточной аттестации) и критерии оценивания**

**Экзамен в пятом семестре** проводится в письменной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из двух частей. Продолжительность экзамена 1,5 часа.

Первая часть содержит два вопроса, проверяющих ИОПК-1.1 и ИОПК-1.2. Ответ на вопрос первой части дается в развернутой форме.

Вторая часть содержит 2 вопроса, проверяющих ИОПК-7.1 и ИОПК-7.2 и оформленные в виде практических задач. Ответы на вопросы второй части предполагают решение задач и краткую интерпретацию полученных результатов.

Примерный перечень теоретических вопросов:

1. Коллоидные частицы и коллоидные системы. Коллоидное (дисперсное) состояние вещества. Количественное определение дисперсности: дисперсность и удельная поверхность, кривизна поверхности частиц дисперсной фазы. Роль поверхностных явлений в процессах, протекающих в дисперсных системах. Адсорбция, адсорбент, адсорбат.

2. Значение коллоидной химии в развитии биологии, биотехнологии и медицины. Термодинамика поверхностных явлений. Поверхностная энергия Гиббса. Удельная поверхность и поверхностное натяжение. Методы определения поверхностного натяжения.

3. Краевой угол смачивания. Закон Юнга. Основные методы измерения поверхностного натяжения жидкостей и поверхностной энергии твердых тел. Избирательное смачивание как метод характеристики поверхностей твердых тел. Полное смачивание (термодинамическое условие). Зависимость поверхностного натяжения от температуры. Энтальпия смачивания и коэффициент гидрофильности.

4. Молекулярные механизмы адсорбции из растворов. Ориентация молекул в поверхностном слое. Определение площади, занимаемой молекулой поверхностно-активного вещества в насыщенном адсорбционном слое, и максимальной длины молекулы ПАВ. Термодинамический анализ адсорбции. Измерение адсорбции на границах раздела твердое тело–газ. Факторы, влияющие на адсорбцию газов и растворенных веществ.

5. Мономолекулярная адсорбция, уравнение изотермы адсорбции Ленгмюра, Фрейндлиха.

6. Полимолекулярная адсорбция. Адсорбция веществ из растворов на поверхности твердых тел. Правило уравнивания полярностей Ребиндера. Модифицирующие свойства ПАВ: гидрофилизация и гидрофобизация твердой поверхности. Управление смачиванием в процессах флотации.

7. Уравнение изотермы адсорбции Гиббса. Измерение адсорбции на границах раздела твердое тело – жидкость. Термодинамика многокомпонентных систем с учетом поверхностной энергии.

8. Адсорбция на границе раздела фаз «жидкость–газ». Поверхностно-активные вещества (ПАВ), поверхностно-инактивные вещества (ПИВ) и поверхностно-неактивные вещества (ПНВ). Изотерма поверхностного натяжения. Уравнение Шишковского. Поверхностная активность. Правило Траубе–Дюкло.

9. Уравнение изотермы адсорбции Гиббса. Классификация ПАВ по механизму их действия (смачиватели, диспергаторы, стабилизаторы, моющие средства).

10. Понятие о гидрофильно-липофильном балансе (ГЛБ) молекул ПАВ.

11. Коллоидные системы, образованные поверхностно-активными веществами. Мицеллярные коллоидные системы. Мицеллообразование в растворах ПАВ. Критическая концентрация мицеллообразования (ККМ), методы ее определения.

12. Солюбилизация и ее значение в медицине. Мицеллярные коллоидные системы в медицине. Коллоидная защита.

13. Неспецифическая (эквивалентная) адсорбция ионов. Избирательная адсорбция ионов. Правило Панета–Фаянса. Лиотропные ряды.

14. Ионообменная адсорбция. Иониты и их классификация. Обменная емкость. Применение ионитов в медицине.

15. Хроматография (М.С.Цвет). Классификация хроматографических методов по технике выполнения и по механизму процесса. Применение хроматографии для получения и анализа лекарственных веществ. Гель–фильтрация.

16. Эмульсии. Типы эмульсий и их классификация. Методы получения эмульсий. Факторы агрегативной устойчивости эмульсий.

17. Эмульгаторы и механизм их действия. Типы эмульгаторов. Определение типа эмульсии. Обращение фаз эмульсии. Способы разрушения эмульсий. Коалесценция. Практическая значимость эмульсий.

18. Дисперсные системы. Структура дисперсных систем. Дисперсная фаза, дисперсионная среда. Степень дисперсности. Классификация дисперсных систем: по размеру частиц, агрегатному состоянию дисперсной фазы и дисперсионной среды, характеру взаимодействия дисперсной фазы с дисперсионной средой, по подвижности дисперсной фазы.

19. Получение коллоидных систем: конденсация и диспергирование, химические способы получения. Очистка дисперсных систем: диализ, электродиализ, ультрафильтрация.

20. Электрокинетические явления. Строение и электрический заряд коллоидных частиц. Природа электрических явлений в дисперсных системах. Механизм возникновения электрического заряда на границе раздела двух фаз. Строение двойного электрического слоя (ДЭС).

21. Строение двойного электрического слоя (ДЭС). Теория Гельмгольца, Гуи–Чепмена, Штерна.

22. Строение мицеллы.

23. Понятие электрокинетического и термодинамического потенциала коллоидной частицы. Влияние электролитов на электрокинетический и термодинамический потенциал. Явление перезарядки коллоидных частиц.

24. Электрокинетические явления: электрофорез, электроосмос, потенциалы течения и оседания. Теория Гельмгольца–Смолуховского. Электрокинетический потенциал; граница скольжения.

25. Методы определения электрокинетического потенциала. Изоэлектрическое состояние в дисперсных системах; методы определения изоэлектрической точки. Практические приложения электрокинетических явлений.

25. Агрегативная и седиментационная устойчивость. Факторы стабилизации дисперсных систем

26. Коагуляция коллоидных систем. Изменение агрегативной устойчивости при помощи электролитов. Порог коагуляции, его определение. Правило Шульце - Гарди. Коагуляция золью смесями электролитов. Правило аддитивности, антагонизм и синергизм ионов.

27. Теории коагуляции. Адсорбционная теория Фрейндлиха. Теория Дерягина–Ландау–Фервея–Овербека (ДЛФО). Расклинивающее давление по Дерягину. Молекулярная составляющая расклинивающего давления.

28. Теория ДЛФО. Электростатическая составляющая расклинивающего давления. Зависимость энергии взаимодействия частиц дисперсной фазы от расстояния между ними.

29. Структурно-механический барьер (теория Ребиндера). Реологические свойства адсорбционных слоев ПАВ – стабилизаторов коллоидов.

30. Молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем.

Броуновское движение, диффузия (уравнение Эйнштейна), распределение коллоидных частиц в гравитационном поле. Седиментация и седиментационная устойчивость. Осмотические свойства.

31. Оптические свойства дисперсных систем. Закономерности светорассеяния и светопоглощения, явление Тиндаля. Уравнение Рэлея. Оптические методы изучения дисперсных систем: ультрамикроскопия, нефелометрия, турбодиметрия. Определение формы, размеров и массы коллоидных частиц.

32. Высокомолекулярные соединения (ВМС) и их растворы. Молекулярные коллоидные системы Методы получения ВМС. Классификация ВМС, гибкость цепи полимеров Внутреннее вращение звеньев в макромолекулах ВМС.

33. Кристаллическое и аморфное состояние ВМС. Полимерные неэлектролиты и полиэлектролиты. Полиамфолиты. Изоэлектрическая точка полиамфолитов и методы ее определения.

34. Набухание и растворение ВМС. Механизм набухания. Термодинамика набухания и растворения ВМС. Влияние различных факторов на степень набухания. Лиотропные ряды ионов.

35. Вязкость растворов ВМС. Отклонение свойств растворов ВМС от законов Ньютона и Пуазейля. Причины аномальной вязкости растворов полимеров. Методы измерения вязкости растворов ВМС.

36. Удельная, приведенная и характеристическая вязкости. Уравнение Штаудингера и его модификация. Определение молярной массы полимера вискозиметрическим методом.

37. Осмотические свойства растворов ВМС. Осмотическое давление растворов полимерных неэлектролитов. Отклонение от закона Вант-Гоффа. Уравнение Галлера. Определение молярной массы полимерных неэлектролитов.

38. Полиэлектролиты. Осмотическое давление растворов полиэлектролитов. Мембранное равновесие Доннана.

39. Методы измерения вязкости растворов ВМС. Факторы устойчивости растворов ВМС. Высаливание. Лиотропные ряды ионов.

40. Застудневание. Влияние различных факторов на скорость застудневания. Тиксотропия студней и гелей. Синерезис студней.

41. Застудневание. Студни в медицине. Диффузия и периодические реакции в студнях и гелях. Гелеобразование (желатинирование).

Примеры задач:

1. Активная поверхность 1 г силикагеля составляет  $456 \text{ м}^2$ . Рассчитайте, сколько молекул  $\text{Br}_2$  поглощается  $1 \text{ см}^2$  поверхности адсорбента, если на 10 г силикагеля адсорбируется 5 мг  $\text{Br}_2$ .

2. Постройте мицеллу золя, полученного путем сливания растворов  $\text{BaCl}_2$  и  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  неизвестных концентраций и объемов. Пороги коагуляции при добавлении  $\text{NaCl}$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{AlCl}_3$  составили 250, 35 и  $0,5 \text{ моль/м}^3$ , соответственно. Как изменятся термодинамический и электрокинетический потенциалы при добавлении  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ ?

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценка «отлично» выставляется, если студент дал верные ответы более, чем на 85% заданий экзаменационного билета; оценка «хорошо» выставляется, если студент дал верные ответы на 69-85% заданий экзаменационного билета; оценка «удовлетворительно» выставляется, если студент дал верные ответы на 55-69% заданий экзаменационного

билета; оценка «неудовлетворительно» выставляется, если студент дал верные ответы менее, чем на 55% заданий экзаменационного билета.

#### **4. Оценочные материалы для проверки остаточных знаний (сформированности компетенций)**

##### **Примеры теоретических вопросов/задач (ИОПК-1.1., ИОПК-7.2.):**

1. Золь сернокислого бария получен смешением равных объемов растворов  $Ba(NO_3)_2$  и  $H_2SO_4$ . Написать формулу мицеллы. Одинаковы ли исходные концентрации растворов, если частицы золя перемещаются к аноду?
2. Рассчитать удельную поверхность одномерной, двумерной и трехмерной дисперсной фазы, если диаметр частиц и цилиндра, а также толщина пленки составляет 10 мкм, а плотность вещества дисперсной фазы –  $1,5 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$

##### **Пример тестовых вопросов (ИОПК-1.1., ИОПК-7.2.):**

1. Что такое коллоидная система?

а) Однородная смесь двух или более веществ, в которой одно вещество равномерно распределено в другом.

б) Неоднородная смесь двух или более веществ, в которой одно вещество диспергировано в другом в виде мелких частиц.

в) Система, состоящая из двух или более фаз, разделенных поверхностью раздела.

г) Система, в которой растворенное вещество находится в виде ионов.

Ответ: б)

2. Какие из перечисленных систем относятся к коллоидным системам?

а) Раствор сахара в воде

б) Молоко

в) Дым

г) Туман

д) Все вышеперечисленные

Ответ: б, в, г

3. Какой из перечисленных факторов НЕ влияет на устойчивость коллоидной системы?

а) Размер частиц дисперсной фазы

б) Природа дисперсной среды и дисперсной фазы

в) Температура

г) Давление

д) Все вышеперечисленные факторы влияют на устойчивость коллоидной системы.

Ответ: д)

4. Какой тип коллоидной системы представлен в молоке?

а) Золь

- б) Эмульсия
- в) Пена
- г) Аэрозоль

Ответ: б)

5. Что такое поверхностное натяжение?

- а) Сила, действующая на поверхность жидкости, стремящаяся уменьшить ее площадь.
- б) Сила, действующая на границу раздела между двумя несмешивающимися жидкостями, стремящаяся уменьшить ее площадь.
- в) Сила, действующая на границу раздела между твердым телом и жидкостью, стремящаяся уменьшить ее площадь.
- г) Все вышеперечисленные определения верны.

Ответ: г)

6. Что такое адсорбция?

- а) Поглощение одного вещества другим, например, поглощение воды губкой.
- б) Концентрация одного вещества на поверхности раздела между двумя фазами.
- с) Образование новой фазы из двух или более веществ.
- д) Распределение одного вещества между двумя фазами.

Ответ: б)

7. Какой из перечисленных факторов НЕ влияет на адсорбцию?

- а) Природа адсорбента и адсорбата
- б) Температура
- в) Давление
- г) Объем адсорбента
- д) Все вышеперечисленные факторы влияют на адсорбцию.

Ответ: д)

8. Что такое коагуляция коллоидной системы?

- а) Увеличение размера частиц дисперсной фазы.
- б) Слияние частиц дисперсной фазы в более крупные агрегаты.
- в) Полное осаждение дисперсной фазы.
- г) Разделение коллоидной системы на две фазы.

Ответ: б)

9. Какие факторы могут вызвать коагуляцию коллоидной системы?

- а) Добавление электролита
- б) Нагревание

- в) Изменение рН среды
- г) Все вышеперечисленные

Ответ: г)

10. Что такое электрокинетический потенциал?

- а) Потенциал, возникающий на границе раздела между дисперсной фазой и дисперсной средой.
- б) Потенциал, возникающий на границе раздела между двумя несмешивающимися жидкостями.
- в) Потенциал, возникающий на границе раздела между твердым телом и жидкостью.
- г) Потенциал, возникающий на границе раздела между двумя твердыми телами.

Ответ: а)

### **Информация о разработчиках**

Курзина Ирина Александровна, д-р физ.-мат. наук, доцент, зав. кафедрой природных соединений, фармацевтической и медицинской химии ХФ НИ ТГУ

Санду Мария Петровна, ассистент кафедры природных соединений, фармацевтической и медицинской химии ХФ НИ ТГУ