**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**
**«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ИМПЕРАТОРА ПЕТРА I»**

**ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНОЛОГИИ И ТОВАРОВЕДЕНИЯ**

**Кафедра химии**

# РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ

ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ:

**«ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ»**

**для обучающихся заочной формы обучения**

биологических специальностей и направлений подготовки

Ф.И.О. студента_____

Факультет, курс_____(полный / сокращенный)

_____

(название специальности или направления подготовки)

_____

(шифр для выбора варианта заданий)

_____

(номера заданий, соответствующие шифру)

**Составители**:
доц. Перегончая О.В., доц. Дьяконова О.В., доц. Звягин А.А.,

**Правила заполнения рабочей тетради**

В процессе самостоятельного изучения дисциплины обучающийся выполняет задания, представленные в рабочей тетради, в соответствии с программой учебного курса. Задания, представленные в данной рабочей тетради, касаются основ физической химии и коллоидной химии.

Перед выполнением заданий необходимо ознакомиться с теоретическим материалом и разобрать примеры, приведенные в данной методической разработке.

При оформлении рабочей тетради ответы на теоретические вопросы записываются кратко, ясно и по существу. При решении задач приводятся ход расчетов, математические преобразования и размерности величин. Рабочая тетрадь с полностью выполненными заданиями подписывается студентом и предоставляется на проверку в период экзаменационной сессии.

Вариант выполняемых заданий определяется по последним двум цифрам шифра (номера зачетной книжки) с помощью таблицы на странице 48. Например, шифру № 53 соответствует вариант № 53, задания: 4, 16, 25, 34, 45, 56, 67, 77, 85, 94, 109.

При возникновении трудностей в ходе выполнения заданий следует обратиться на кафедру химии за консультацией, воспользовавшись контактной информацией:

**Почтовый адрес:** 394087, Воронеж, ул. Мичурина, д.1, ФГБОУ ВО ВГАУ, главный корпус, кафедра химии, 156 ауд.

**Телефон**: при наборе с городского / мобильного — 8(473) 253 87 97 (деканат ФТТ) добавочный кафедры химии 1155

**e-mail**: chem-vsau@mail.ru

При обращении с вопросом по электронной почте просьба предоставлять информацию о себе: направление подготовки, фамилию, имя и отчество, обратный адрес.

# ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

## 1. Агрегатные состояния вещества

**Приведите письменные ответы на вопросы**.

Кратко укажите, в чем различие и сходство между газообразным, жидким и твердым состоянием вещества? Какие из собственных характеристик вещества определяют его агрегатное состояние при обычных условиях? Почему некоторые вещества не имеют всех трех агрегатных состояний? Приведите примеры.

**Контрольные задания № 1-10**

Используя уравнение Менделеева - Клапейрона и закон Авогадро вычислите недостающие данные для своего номера задачи в таблице 1.

Таблица 1

| № задачи | Формула газа | Давление $P$, атм. | Давление $P$, Па | Число молей $\nu$, моль | Объем $V$, л | Масса $m$, кг | Число молекул $N$ | $T$, К | $t$ ,°С |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | $CO_2$ | | | | 20 | 0,040 | | 273 | |
| 2 | $H_2$ | | $10^5$ | 0,50 | | | | | 0 |
| 3 | $N_2$ | 3,0 | | | 10 | | $6{,}02\cdot10^{20}$ | | 15 |
| 4 | $CH_4$ | | | | 30 | 0,50 | | 400 | |
| 5 | $O_2$ | | | 2,50 | 100 | | | 350 | |
| 6 | Ne | 5,0 | | | | 1,20 | | | 300 |
| 7 | $Cl_2$ | | $10^4$ | | | 0,35 | | 500 | |
| 8 | $NO_2$ | 2,5 | | | | | $6{,}02\cdot10^{22}$ | | 50 |
| 9 | NO | | $10^6$ | 0,75 | 2,0 | | | | |
| 10 | CO | 2,0 | | | 40 | | | | 25 |

**Пример.** *Дано*: газ – $H_2S$, давление – 4 атм, масса – 0,068 кг, температура 200°С.

*Ответ*:

1). Переведем значение давления $P$ в Па: 1 атм – 101.3 кПа, поэтому

$$P = 4 \text{ атм} \cdot 101{,}3 \text{ кПа} = 405{,}2 \text{ кПа} = 405200 \text{ Па}$$

2). Переведем значение температуры в значения шкалы Кельвина:
0 ºС соответствует 273 К, поэтому

$$T = t \text{ ºC} + 273 = 200 + 273 = 473 \text{ K}.$$

3). В условиях отличных от нормальных ($T$ = 273 К, $P$ = 101,3 кПа) объем газа вычисляется по уравнению Менделеева-Клапейрона:

$$PV = \frac{m}{M}RT,$$

где $P$ – давление, Па; $V$ – объем, м$^3$; $m$ – масса, г; $M$ – молярная масса, г/моль; $R$ – универсальная газовая постоянная $R$ = 8,31 Дж/К·моль; $T$ – температура, К.

Вычислим молярную массу сероводорода: $M$ ($H_2S$) = 2·1 + 32 = 34 (г/моль).

Подставим значения и вычислим объем сероводорода в соответствии с уравнением Менделеева-Клапейрона:

$$V = \frac{m \cdot R \cdot T}{M \cdot P} = \frac{68 \text{ г} \cdot 8{,}31 \ {}^{\text{Дж}}/_{\text{К·моль}} \cdot 472 \text{ K}}{34 \ {}^{\text{г}}/_{\text{моль}} \cdot 405200 \text{ Па}} = 0{,}0194 \text{ м}^3 = 19{,}4 \text{ л}$$

4). Вычислим число молей газа:

$$\nu = \frac{m}{M} = \frac{68 \text{ г}}{34 \ {}^{\text{г}}/_{\text{моль}}} = 2 \text{ моль}$$

5). Вычислим число молекул сероводорода:

$$N = \nu \cdot N_A = 2 \text{ моль} \cdot 6{,}02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} = 1{,}204 \cdot 10^{24} \text{ молекул}.$$

Вычисления:

## 2. Химическая термодинамика и термохимия

**Приведите письменные ответы на вопросы**.

1). Что изучает химическая термодинамика? Сформулируйте первое начало термодинамики, приведите его математическое выражение. Что такое энтальпия? В каких условиях тепловой эффект реакции равен изменению энтальпии в ходе протекания этой реакции? Сформулируйте закон Гесса.

2). Сформулируйте второе начало термодинамики. Что такое энтропия? Как вычисляется изменение энтропии в равновесном изотермическом процессе? Что такое свободная энергия? По изменению какой из этих функций состояния можно судить о самопроизвольности протекания химической реакции?

**Контрольные задания № 11-15**

В соответствии со своим номером задания в таблице 2 найдите тепловой эффект реакции, протекающей в стандартных условиях ($P$ = 101,3 кПа, $T$ = 298 К). Определите к какой группе процессов относится реакция: экзотермическим или эндотермическим.

Таблица 2

| № задачи | Процесс |
|---|---|
| 11 | $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$ |
| 12 | $2NO_2 \rightarrow 2NO + O_2$ |
| 13 | $4HCl + O_2 \rightarrow 2Cl_2 + 2H_2O$ |
| 14 | $CH_3COOH + 2H_2 \rightarrow CH_3CH_2OH + H_2O$ |
| 15 | $4NH_3 + 5O_2 \rightarrow 4NO + 6H_2O$ |

**Пример**. Дана реакция $2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2$

*Ответ*:

1). В изобарных условиях (при постоянном давлении) тепловой эффект химической реакции равен изменению энтальпии данной реакции:

$$Q_p = \Delta H$$

В соответствии с законом Гесса изменение энтальпии реакции определяется как разность между суммой теплот образования продуктов и суммой теплот образования реагирующих веществ. Для стандартного состояния:

$$\Delta H^0_{298} = \sum \Delta H^0_{обр}(продуктов) - \sum \Delta H^0_{обр}(реагентов)$$

2). Используя данные приложения (таблица 1, стр. 51 ) найдем стандартные энтальпии образования веществ, участвующих в реакции:

$\Delta H°_{обр}$ ($CO_2$) = –393,51 кДж/моль;

$\Delta H°_{обр}$ ($O_2$) = 0 кДж/моль;

$\Delta H°_{обр}$ (CO) = –110,53 кДж/моль;

и рассчитаем тепловой эффект процесса, учитавая стехиометрические коэффициенты:

$\Delta H°_{298}$ = 2 · (–393,51 кДж/моль) – (0 кДж/моль + 2 · (–110,53 кДж/моль)) =
= – 565,96 кДж/моль.

$\Delta H° < 0$, данная реакция – экзотермическая.

## Контрольные задания № 16-20

В соответствии со своим номером задания в таблице 3 найдите изменения энтропии и свободной энергии для реакции, протекающей в стандартных условиях. Может ли эта реакция в данных условиях протекать самопроизвольно?

Таблица 3

| № задачи | Процесс | Тепловой эффект $\Delta H°_{298}$, кДж/моль |
|---|---|---|
| 16 | $CH_3CH_2OH \rightarrow CH_3COH + H_2$ | 110,98 |
| 17 | $C_2H_2 + H_2O \rightarrow CH_3COH$ | – 106,92 |
| 18 | $N_2 + O_2 \rightarrow 2NO$ | 182,52 |
| 19 | $CH_3COOH + C_2H_5OH \rightarrow CH_3COOC_2H_5 + H_2O$ | – 3,79 |
| 20 | $CO_2 + 4H_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O$ | – 253,00 |

**Пример**. Дана реакция $2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2$

*Ответ*:

1). Используя данные приложения (таблица 1, стр. 51) найдем стандартные энтропии образования веществ, участвующих в реакции:

$\Delta S°_{обр}$ ($CO_2$) = 213,65 Дж / К · моль;

$\Delta S°_{обр}$ ($O_2$) = 205,18 Дж / К · моль;

$\Delta S°_{обр}$ (CO) = 195,57 Дж / К · моль.

В соответствии с законом Гесса рассчитаем изменение энтропии данной химической реакции по формуле:

$$\Delta S^0_{298} = \sum \Delta S^0_{обр}(продуктов) - \sum \Delta S^0_{обр}(реагентов)$$

Подставим данные с учетом стехиометрических коэффициентов:

$\Delta S°_{298}$ = 2 · 213,65 Дж/К·моль – ( 205,18 Дж/К·моль + 2 · 195,57 Дж/К·моль) = = – 169,02 Дж/К·моль.

2). Рассчитаем изменение свободной энергии для данной реакции при 298 К пользуясь соотношением::

$$\Delta G^0_{298} = \Delta H^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298}$$

$\Delta G°_{298}$ = – 565,96 · $10^3$ Дж/моль – 298 К· (–169.02 Дж/К·моль) = = – 515,59 кДж/моль.

Так как $\Delta G°_{298} < 0$, то реакция в данных условиях протекает самопроизвольно.

Выполнение задания:

# 3. Химическая кинетика и катализ. Фотохимические реакции. Химическое равновесие

**Приведите письменные ответы на вопросы**.

1). Что понимают под скоростью химической реакции? Какие факторы влияют на скорость химических реакций? Что такое энергия активации? Что такое катализ и катализаторы? Какие вещества называются ингибиторами?

2). Какие реакции называются фотохимическими? Сформулируйте основные законы фотохимии: Бугера-Ламберта-Бера, Вант-Гоффа, Штарка-Эйнштейна. В чем сущность фотосинтеза?

3). Что такое обратимый процесс, химическое равновесие? Какие факторы влияют на смещение химического равновесия? Сформулируйте принцип Ле Шателье.

**Контрольные задания № 21-25**

В соответствии со своим номером задания в таблице 4 запишите выражение закона действующих масс для процесса и оцените как изменится скорость реакции в указанных условиях.

Таблица 4

| № задания | Условие задачи |
|---|---|
| 21 | $2HBr_{(Г)} \rightarrow H_{2\,(Г)} + Br_{2\,(Г)}$<br>Во сколько раз изменится скорость реакции при уменьшении концентрации бромоводорода в 4 раза? |
| 22 | Во сколько раз изменится скорость химической реакции при повышении температуры с 80 до 120ºС, если температурный коэффициент равен 2,8? |
| 23 | $2Al_{(ТВ)} + 3Cl_{2\,(Г)} \rightarrow 2AlCl_{3\,(ТВ)}$<br>Во сколько раз изменится скорость этой реакции при увеличении давления хлора в 2 раза? |
| 24 | $2NO_{(Г)} + Cl_{2\,(Г)} \rightarrow 2NOCl_{(Г)}$<br>Во сколько раз изменится скорость этой реакции при увеличении давления в системе в 3 раза? |
| 25 | Во сколько раз изменится скорость химической реакции при повышении температуры с 50 до 80ºС, если температурный коэффициент равен 3,2? |

**Пример 1**. Дана реакция: $4P_{(ТВ)} + 5O_{2\,(Г)} \rightarrow 2P_2O_{5\,(ТВ)}$. Во сколько раз изменится скорость реакции при увеличении давления в системе в 2 раза?

*Ответ*:

В общем виде для взаимодействия произвольных веществ $a$A + $b$B → $d$D математическая запись закона действующих масс имеет вид:

$$\upsilon = k \cdot c_{\mathrm{A}}^{a} \cdot c_{\mathrm{B}}^{b}$$

Запишем выражение закона действующих масс для данной реакции. Так как один из реагентов (фосфор) находится в твердом состоянии, то его концентрацию приравняем к 1 моль/л:

$$\upsilon = k \cdot c_{\mathrm{P}}^{4} \cdot c_{\mathrm{O_2}}^{5} = k \cdot c_{\mathrm{O_2}}^{5}$$

Увеличение давления в системе приводит к увеличению давления каждого из газообразных компонентов в 2 раза. Так как в случае газов для изотермических условий концентрация прямо пропорциональна давлению, заменим в выражении закона действующих масс концентрацию газообразного компонента ($c$) на его давление ($P$):

$$\upsilon` = k` \cdot (2P_{\mathrm{O_2}})^5 = 2^5 \cdot k` \cdot P_{\mathrm{O_2}}^5 = 32 \cdot \upsilon$$

Таким образом, скорость реакции при увеличении давления в системе в 2 раза возрастает в 32 раза.

**Пример 2**. Во сколько раз изменится скорость химической реакции при увеличении температуры с $t_1$ = 40 до $t_2$ = 60 ºС, если температурный коэффициент $\gamma$ равен 2,5?

*Ответ*:

Подставим известные данные в математическое выражение правила Вант-Гоффа:

$$\upsilon_{t_2} = \upsilon_{t_1} \cdot \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}} = \upsilon_{t_1} \cdot 2{,}5^{\frac{60 - 40}{10}} = 6{,}25 \cdot \upsilon_{t_1}$$

Таким образом, скорость реакции при увеличении температуры с 40 до 60 ºС возрастет в 6,25 раз.

**Контрольные задания № 26-30**

Для реакции, соответствующей вашему заданию в таблице 5, запишите математическое выражение константы равновесия и вычислите ее значение, используя равновесные концентрации компонентов[1)].

Таблица 5

| № задачи | Реакция, равновесные концентрации, моль/л |
|---|---|
| 26 | $N_2 + 3H_2 \leftrightarrows 2NH_3$<br>0,3 0,9 0,4 |
| 27 | $H_2 + Cl_2 \leftrightarrows 2HCl$<br>0,01 0,01 0,04 |
| 28 | $CO_2 + H_2 \leftrightarrows CO + H_2O$<br>0,04 0,64 0,16 0,16 |
| 29 | $2SO_2 + O_2 \leftrightarrows 2SO_3$<br>0,1 0,05 0,9 |
| 30 | $2NO_2 \leftrightarrows 2NO + O_2$<br>0,06 0,24 0,12 |

**Пример.** Для реакции $H_2 + I_2 \leftrightarrows 2HI$ запишите математическое выражение константы равновесия и вычислите ее значение. Равновесные концентрации компонентов: $[H_2] = 0{,}02$ моль/л, $[I_2] = 0{,}02$ моль/л, $[HI] = 0{,}08$ моль/л.

*Ответ*:

В общем виде для взаимодействия $a$A + $b$B $\leftrightarrows$ $c$C + $d$D математическая запись выражения константы равновесия $K_р$ имеет вид:

$$K_р = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

где [*A*], [*B*], [*C*], [*D*] – равновесные концентрации реагирующих веществ и продуктов; *a, b, c, d* – стехиометрические коэффициенты.

Запишем выражение константы равновесия и подставим значения концентраций:

$$K_р = \frac{[HI]^2}{[H_2] \cdot [I_2]} = \frac{0{,}08^2}{0{,}02 \cdot 0{,}02} = 16$$

$K_р > 1$, это значит, что в большей степени реакция протекает в прямом направлении.

---

1) Все вещества в заданиях находятся в газообразном состоянии.

Выполнение задания:

# 4. Растворы неэлектролитов

**Приведите письменные ответы на вопросы**.

1). Сформулируйте первый и второй законы Рауля. Что такое криоскопия и эбулиоскопия?

2). Что называется осмосом? Каков его механизм? Сформулируйте закон Вант-Гоффа и приведите его математическое выражение. Каково биологическое значение осмоса?

## Контрольные задания № 31-35

Вычислите температуры замерзания ($T_{зам}$,ºС) и кипения ($T_{кип}$,ºС) водного раствора вещества в соответствии данным таблицы 6 для своего варианта.

Таблица 6

| № задачи | Вещество | Масса растворителя $m_{р\text{-}ля}$, г | Масса растворенного вещества $m_{в\text{-}ва}$, г | Крио-скопическая константа $K_К$ | Эбулио-скопическая константа $K_Э$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 31 | глицерин $C_3H_8O_3$ | 100 | 18,4 | 1,86 | 0,51 |
| 32 | глюкоза $C_6H_{12}O_6$ | 500 | 135 | 1,86 | 0,51 |
| 33 | мочевина $(NH_2)_2CO$ | 200 | 30 | 1,86 | 0,51 |
| 34 | сахароза $C_{12}H_{22}O_{11}$ | 1000 | 342 | 1,86 | 0,51 |
| 35 | этанол $C_2H_5OH$ | 750 | 138 | 1,86 | 0,51 |

**Пример.** Для водного раствора фруктозы вычислите температуры замерзания ($T_{зам}$,ºС) и кипения ($T_{кип}$,ºС), если $m_{р\text{-}ля}$ = 500 г, $m_{в\text{-}ва}$ = 225 г, $K_К$ = 1,86, $K_Э$ = 0,51.

*Ответ*:

1). Вычислим молярную массу ($M$) фруктозы и моляльную концентрацию ($c_m$) раствора:

$$M\,(C_6H_{12}O_6) = 6 \cdot 12 + 12 + 6 \cdot 16 = 180 \text{ г/моль},$$

$$c_m = \frac{m_{в\text{-}ва}}{M \cdot m_{р-ля}} = \frac{225 \text{ г}}{180 \text{ г/моль} \cdot 0{,}5 \text{ кг}} = 2{,}5 \text{ моль/кг}$$

2). Найдем понижение температуры замерзания этого раствора:

$$\Delta T_{зам} = K_К \cdot c_m = 1{,}86 \text{ ºС·кг/моль} \cdot 2{,}5 \text{ моль/кг} = 4{,}65 \text{ ºС},$$

а затем рассчитаем температуру замерзания раствора фруктозы по формуле:

$$T_{зам}\,(\text{раствора}) = T_{зам}\,(\text{растворителя}) - \Delta T_{зам} = 0 \text{ ºС} - 4{,}65 \text{ ºС} = -4{,}65 \text{ ºС}.$$

3). Найдем повышение температуры кипения раствора фруктозы:

$$\Delta T_{кип} = K_Э \cdot c_m = 0{,}51 \text{ ºС·кг/моль} \cdot 2{,}5 \text{ моль/кг} = 1{,}28 \text{ ºС},$$

а затем рассчитаем температуру кипения этого раствора по формуле:

$$T_{кип}\,(\text{раствора}) = T_{кип}\,(\text{растворителя}) + \Delta T_{кип} = 100 \text{ ºС} + 1{,}28 \text{ ºС} = +101{,}28 \text{ ºС}.$$

## Контрольные задания № 36-40

Для своего варианта в соответствии с данными таблицы 7 вычислите осмотическое давление водного раствора вещества, используя для расчетов уравнение закона Вант-Гоффа.

Таблица 7

| № задачи | Вещество | Масса растворенного вещества $m_{в\text{-}ва}$, г | Объем раствора $V_{р\text{-}ра}$, мл | Температура $t$, ºС |
|---|---|---|---|---|
| 36 | глицерин $C_3H_8O_3$ | 0,92 | 100 | 20 |
| 37 | глюкоза $C_6H_{12}O_6$ | 1,8 | 500 | 25 |
| 38 | мочевина $(NH_2)_2CO$ | 6 | 1000 | 30 |
| 39 | сахароза $C_{12}H_{22}O_{11}$ | 6,84 | 200 | 15 |
| 40 | этанол $C_2H_5OH$ | 0,46 | 500 | 10 |

**Пример.** Для водного раствора фруктозы вычислите осмотическое давление раствора, если $m_{в\text{-}ва}$ = 1,8 г, $V_{р\text{-}ра}$ = 100 мл, $t$ = 12 ºС.

*Ответ*:

1). Вычислим молярную массу ($M$) фруктозы и молярную концентрацию ($c_м$) раствора:

$$M\,(C_6H_{12}O_6) = 6 \cdot 12 + 12 + 6 \cdot 16 = 180 \text{ г/моль},$$

$$c_м = \frac{m_{в\text{-}ва}}{M \cdot V_{р\text{-}ра}} = \frac{1{,}8 \text{ г}}{180 \text{ г/моль} \cdot 0{,}1 \text{ л}} = 0{,}1 \text{ моль/л}$$

2). Переведем значение температуры в градусы Кельвина: $T$ = 273 + 12 ºС = 285 К, зная величину универсальной газовой постоянной $R$ = 8,31 Дж/К·моль вычислим осмотическое давление ($\pi$), пользуясь математическим выражением закона Вант-Гоффа:

$$\pi = c_м \cdot R \cdot T = 0{,}1 \text{ моль/л} \cdot 8{,}31 \text{ Дж/К·моль} \cdot 285 \text{ К} = 236{,}84 \text{ Па}.$$

Выполнение задания:

## 5. Растворы электролитов

**Приведите письменные ответы на вопросы**.

1). Какие вещества называют электролитами? Сформулируйте ответ на вопрос: чем сильные электролиты отличаются от слабых? Что такое активность? Как она связана с концентрацией? Для каких растворов при расчетах вместо концентрации необходимо использовать активность? Приведите выражение ионного произведения воды Что такое водородный и гидроксильный показатель? Как эти показатели взаимосвязаны?

2). Какие растворы называются буферными? Каков механизм буферного действия? Приведите примеры буферных растворов, встречающихся в живых организмах.

## Контрольные задания № 41-45

В соответствии с номером своего задания заполните недостающие данные в таблице 8 (коэффициенты активности для растворов сильных электролитов принять равными 1, т.е. активность ионов совпадает с их концентрацией $a_i = c_i$).

Таблица 8

| № задачи | Вещество | Концентрация раствора $c$, моль/л | $a_{H^+}$, моль/л | $a_{OH^-}$, моль/л | pH | pOH |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 41 | HCl | | $10^{-2}$ | | | |
| | NaOH | | | | | 4 |
| 42 | $CH_3COOH$ | 0,1 | | | | |
| | KOH | | | $10^{-9}$ | | |
| 43 | $HNO_3$ | | | | 2 | |
| | $NH_4OH$ | 0,01 | | | | |
| 44 | $HNO_2$ | 0,001 | | | | |
| | NaOH | | | | 11 | |
| 45 | HCl | | | | | 13 |
| | $NH_4OH$ | 0,1 | | | | |

**При решении задачи рекомендуется использовать формулы**:

$$pH = -\lg a_{H^+}, \quad a_{H^+} = 10^{-pH}, \quad pOH = -\lg a_{OH^-}, \quad a_{OH^-} = 10^{-pOH}$$

В растворах сильных кислот: $pH = -\lg c$,

сильных оснований: $pH = 14 + \lg c$.

В растворах слабых кислот: $pH = \frac{1}{2} pK - \frac{1}{2} \lg c$,

слабых оснований: $pH = 14 - \frac{1}{2} pK + \frac{1}{2} \lg c$.

*Обозначения*: $c$ – концентрация раствора, моль/л;

$pK = -\lg K$, где $K$ – константа диссоциации слабого электролита[2)].

## Контрольные задания № 46-50

В соответствии с номером своего задания вычислите pH буферного раствора, полученного смешением растворов кислоты (основания) и соли, объёмы которых представлены в таблице 9, если концентрации растворов кислоты (основания) и соли одинаковые и равны 0,1 моль/л

---

[2)] Значения констант диссоциации можно найти в приложении, таблица 2, стр. 51.

Таблица 9

| № задачи | Компоненты буферного раствора | Объём раствора кислоты / основания $V_{к\text{-}ты\ /\ основ.}$, мл | Объём раствора соли $V_{соли}$, мл |
|---|---|---|---|
| 46 | $CH_3COOH$<br>$CH_3COONa$ | 2 | 8 |
| 47 | $NH_4OH$<br>$NH_4Cl$ | 3 | 7 |
| 48 | $H_2CO_3$<br>$NaHCO_3$ | 4 | 6 |
| 49 | $NH_4OH$<br>$NH_4Cl$ | 2 | 8 |
| 50 | $CH_3COOH$<br>$CH_3COONa$ | 3 | 7 |

**При решении задачи рекомендуется использовать формулы**:

| Тип буферного раствора | Формула для расчета pH |
|---|---|
| **Слабая кислота и ее соль**<br>($CH_3COOH$ + $CH_3COONa$)<br>($H_2CO_3$ + $NaHCO_3$) | $pH = pK_{к\text{-}ты} - \lg \frac{c_{к\text{-}ты}}{c_{соли}}$ |
| **Слабое основание и его соль**<br>($NH_4OH$ + $NH_4Cl$) | $pH = 14 - pK_{основ.} + \lg \frac{c_{основ.}}{c_{соли}}$ |

**Пример.** Рассчитайте pH буферного раствора, полученного смешением 4 мл уксусной кислоты и 6 мл ацетата натрия, если концентрации растворов $CH_3COOH$ и $CH_3COONa$ одинаковые и равны 0,1 моль/л.

*Ответ*:

1). Рассчитаем концентрацию кислоты и соли в буферной смеси:

$c(CH_3COOH) = c(CH_3COONa) = 0{,}1$ моль/л

$$c_{к\text{-}ты} = \frac{V_{к\text{-}ты} \cdot c(CH_3COOH)}{V_{к\text{-}ты} + V_{соли}} = \frac{4\ мл \cdot 0{,}1\ моль/л}{4\ мл + 6\ мл} = 0{,}04\ моль/л$$

$$c_{соли} = \frac{V_{соли} \cdot c(CH_3COONa)}{V_{к\text{-}ты} + V_{соли}} = \frac{6\ мл \cdot 0{,}1\ моль/л}{4\ мл + 6\ мл} = 0{,}06\ моль/л$$

2). Вычислим pH буферного раствора, зная табличное значение $pK = 4{,}76$:

$$pH = 4{,}73 - \lg \frac{0{,}04}{0{,}06} = 4{,}91$$

Выполнение задания:

# 6. Электропроводность растворов электролитов

**Приведите письменные ответы на вопросы**.

Дайте определения понятиям удельной ($\varkappa$) и молярной ($\lambda$) электропроводностей. Покажите, как они связаны между собой и в каких единицах измеряются.

## Контрольные задания № 51-60

В соответствии с номером своего задания заполните недостающие данные в таблице 10.

Таблица 10

| № задачи | Электролит | Концентрация раствора $c$, моль/л | Подвижность ионов, $см^2 \cdot Ом^{-1} \cdot моль^{-1}$ | | $\lambda$, $см^2 \cdot Ом^{-1} \cdot моль^{-1}$ | $\varkappa$, $Ом^{-1} \cdot см^{-1}$ | Степень диссоциации, $\alpha$ | Константа диссоциации, $K_Д$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | катионов $\lambda_К$ | анионов $\lambda_А$ | | | | |
| 51 | $CH_3COOH$ | 0,1 | 315 | 35 | 4,6 | | | |
| 52 | $CH_3COOH$ | 0,05 | 315 | 35 | 6,5 | | | |
| 53 | $CH_3COOH$ | 0,02 | 315 | 35 | 10 | | | |
| 54 | $CH_3COOH$ | 0,01 | 315 | 35 | 14 | | | |
| 55 | $CH_3COOH$ | 0,005 | 315 | 35 | 20 | | | |
| 56 | $NH_4OH$ | 0,1 | 63,9 | 171 | 3,3 | | | |
| 57 | $NH_4OH$ | 0,05 | 63,9 | 171 | 4,6 | | | |
| 58 | $NH_4OH$ | 0,02 | 63,9 | 171 | 7,1 | | | |
| 59 | $NH_4OH$ | 0,01 | 63,9 | 171 | 9,6 | | | |
| 60 | $NH_4OH$ | 0,005 | 63,9 | 171 | 13 | | | |

**Пример.** Рассчитайте удельную электропроводность, степень и константу диссоциации уксусной кислоты в растворе с концентрацией $c$ = 0,2 моль/л = $0{,}2 \cdot 10^{-3}$ моль/$см^3$, молярной электропроводностью $\lambda$ = 3,26 $см^2 \cdot Ом^{-1} \cdot моль^{-1}$ и подвижностями катионов и анионов, соответственно: $\lambda_К$ = 315 $см^2 \cdot Ом^{-1} \cdot моль^{-1}$, $\lambda_А$ = 35 $см^2 \cdot Ом^{-1} \cdot моль^{-1}$.

*Ответ*:

1). Рассчитаем удельную электропроводность раствора по формуле:

$\varkappa = \lambda \cdot c$ = 3,26 $см^2 \cdot Ом^{-1} \cdot моль^{-1} \cdot 0{,}2 \cdot 10^{-3}$ моль/$см^3$ = $0{,}652 \cdot 10^{-3}$ $Ом^{-1} \cdot см^{-1}$.

2). Вычислим степень диссоциации уксусной кислоты по закону Аррениуса:

$\alpha = \lambda / \lambda_\infty$ , используя закон Кольрауша: $\lambda_\infty = \lambda_К + \lambda_А$.

$\alpha$ = 3,26 / (315 + 35) = 0,00931.

3). Найдем константу диссоциации уксусной кислоты, используя закон разбавления Оствальда:

$$K_Д = \frac{c \cdot \alpha^2}{1 - \alpha} = \frac{0{,}2 \cdot (0{,}00931)^2}{1 - 0{,}00931} = 1{,}75 \cdot 10^{-5}$$

Выполнение задания:

## 7. Электродные потенциалы

**Приведите письменные ответы на вопросы**.

Объясните причину возникновения электродного потенциала. От чего он зависит? Приведите уравнение Нернста. Что представляет собой стандартный водородный электрод и для чего он служит?

## Контрольные задания № 61-70

В соответствии с таблицей 11 для своего задания: запишите схему гальванического элемента[3)], определите анод и катод, составьте катодную и анодную полуреакции и вычислите электродвижущую силу ($\varepsilon$) гальванического элемента при 25°С, считая, что коэффициенты активности ионов равны единице и электроды погружены в растворы своих солей.

---

[3)] При составлении схемы гальванического элемента контакт металла с раствором обозначают одной вертикальной чертой, а электролитический ключ, обеспечивающий контакт между растворами солей металлов, – двумя вертикальными чертами. Слева записывают отрицательно заряженный электрод, справа – положительно заряженный.

Таблица 11

| № задачи | Электроды | Растворы электролитов и их концентрация $c_м$, моль/л |
|---|---|---|
| 71 | Al и Zn | 0,05 М $Al_2(SO_4)_3$ и 0,1 М $ZnSO_4$ |
| 72 | Mg и Al | 0,1 М $Mg(NO_3)_2$ и 0,01 М $Al(NO_3)_3$ |
| 73 | Al и Cu | 0,005 М $Al_2(SO_4)_3$ и 0,01 М $CuSO_4$ |
| 74 | Al и Fe | 0,5 М $Al_2(SO_4)_3$ и 0,01 М $FeSO_4$ |
| 75 | Mg и Cu | 0,5 М $MgSO_4$ и 0,5 М $CuSO_4$ |
| 76 | Zn и Fe | 0,25 М $Zn(NO_3)_2$ и 0,1 М $Fe(NO_3)_2$ |
| 77 | Ni и Ag | 0,1 М $Ni(NO_3)_2$ и 0,3 М $AgNO_3$ |
| 78 | Cu и Ag | 0,2 М $Cu(NO_3)_2$ и 0,5 М $AgNO_3$ |
| 79 | Fe и Cu | 0,1 М $Fe(NO_3)_2$ и 0,5 М $Cu(NO_3)_2$ |
| 80 | Ni и Cu | 0,05 М $NiSO_4$ и 0,1 М $CuSO_4$ |

**Пример**. Запишите схему гальванического элемента, составленного из медного и алюминиевого электродов, погруженных в растворы их солей с концентрацией: $c_м$ ($Al_2(SO_4)_3$) = 0,05 моль/л, $c_м$ ($CuSO_4$) = 0,01 моль/л. Определите анод и катод, составьте анодную и катодную полуреакции, вычислите электродвижущую силу ($\varepsilon$) гальванического элемента при 25°С.

*Ответ*:

1). По положению металлов в ряду напряжений электрод из алюминия заряжен отрицательно (т.к. алюминий стоит до водорода), а медный электрод – положительно (т.к. медь в ряду напряжений стоит после водорода). Схема данного гальванического элемента:

$$(-)\ Al \mid Al_2(SO_4)_3 \parallel CuSO_4 \mid Cu\ (+)$$

2). При замыкании внешней цепи электроны самопроизвольно будут перемещаться от отрицательного заряженного электрода к положительно заряженному, следовательно, алюминий будет окисляться (анодная полуреакция), а медь – восстанавливаться (катодная полуреакция). Составим полуреакции:

$$\begin{array}{lll|c|l} (-)\ A & Al - 3\bar{e} \rightarrow Al^{3+} & & 6 & \cdot 2 \quad \text{– окисление, анодный процесс;} \\ (+)\ K & Cu^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow Cu & & & \cdot 3 \quad \text{– восстановление, катодный процесс.} \\ \hline & 2Al + 3Cu^{2+} \rightarrow 2Al^{3+} + 3Cu & & & \text{– суммарная реакция} \end{array}$$

3). Электродвижущая сила ($\varepsilon$) гальванического элемента равна разности потенциалов катода и анода: $\varepsilon = E_K - E_A$. Потенциалы катода и анода вычислим по уравнению Нернста, которое при 25 °С для металлов имеет вид:

$$E = E^{o} + \frac{0{,}059}{n} \lg a_{Me^{n+}}$$

где $E$ – равновесный электродный потенциал, В; $E^o$ – стандартный электродный потенциал, В, его значение приведено в ряду напряжений металлов (таблица 3, стр.52);

$n$ – число электронов, участвующих в электродном процессе; $a$ ($Me^{n+}$) – активность катионов металла, моль/л. $a$ ($Me^{n+}$) = $c$ ($Me^{n+}$), так как коэффициент активности равен 1.

Рассчитаем потенциал медного электрода – катода.
При диссоциации сульфата меди (II) $CuSO_4 \rightarrow Cu^{2+} + SO_4^{2-}$ концентрация катионов меди равна молярной концентрации соли $c$ ($Cu^{2+}$) = $c_м$ ($CuSO_4$) = 0,01 моль/л.

$$E_K = 0{,}34 + 0{,}059 / 2 \cdot \lg 0{,}01 = 0{,}28 \text{ В}$$

Аналогично рассчитаем потенциал алюминиевого электрода, учитывая, что при диссоциации из одного моля сульфата алюминия образуется два моля ионов алюминия: $Al_2(SO_4)_3 \rightarrow 2Al^{3+} + 3SO_4^{2-}$, и концентрация катионов алюминия в два раза больше, чем концентрация соли: $c$ ($Al^{3+}$) = 2 · $c_м$ ($Al_2(SO_4)_3$) = 2 · 0,05 моль/л = 0,1 моль/л.

$$E_A = -1{,}66 + 0{,}059 / 3 \cdot \lg 0{,}1 = -1{,}68 \text{ В}$$

Вычислим электродвижущую силу ($\varepsilon$) гальванического элемента:

$$\varepsilon = E_K - E_A = 0{,}28 - (-1{,}68) = 1{,}96 \text{ В}.$$

Выполнение задания:

# КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ

## 8. Поверхностные явления

**Приведите письменные ответы на вопросы**.

1). Дайте определения понятиям: сорбция, десорбция, адсорбция, абсорбция, хемосорбция, физическая сорбция. Что такое изотерма адсорбции? Какие виды изотерм адсорбции вы знаете? Приведите математические уравнения для изотерм Фрейндлиха и Ленгмюра. Что такое обменная адсорбция (ионный обмен)?

2). Что такое поверхностное натяжение? От каких факторов зависит поверхностное натяжение? Какие вещества называют поверхностно-активными (ПАВ), а какие поверхностно-инактивными? Каковы характерные особенности в строении их молекул? Сформулирйте правило Дюкло-Траубе.

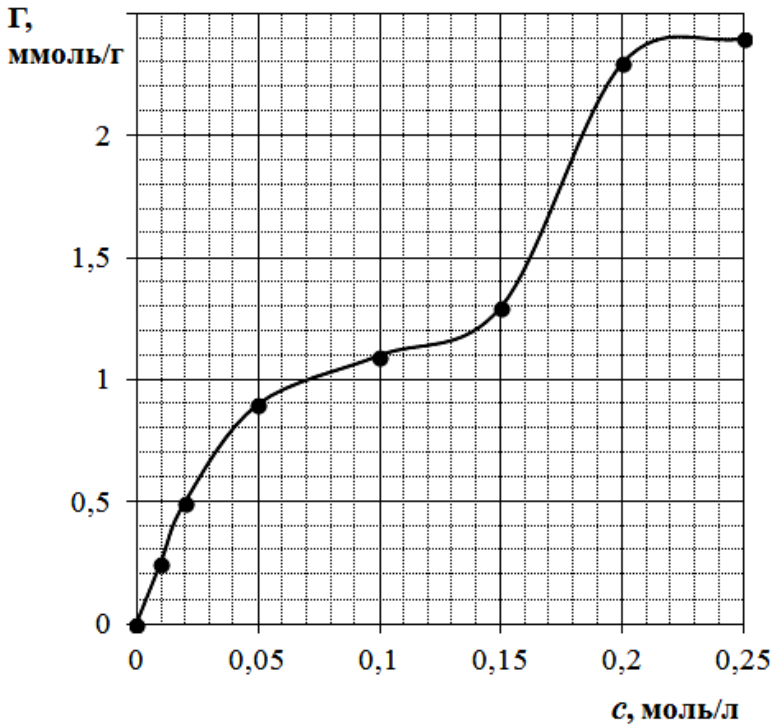
**Контрольные задания № 71-75**

В соответствии с данными таблицы 12 для своего номера задачи постройте графическую зависимость удельной адсорбции ($\Gamma$) от равновесной концентрации ($c$) раствора адсорбата. Как меняется удельная адсорбция с увеличением равновесной концентрации? Какому виду изотерм соответствует полученная зависимость?

Таблица 12

| № задачи | Значения удельной адсорбции ($\Gamma$) и равновесная концентрация ($c$) раствора адсорбата | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 71 | $\Gamma$, ммоль/г: | 0 | 0,5 | 0,9 | 1,5 | 1,9 | 2 | 2 | 2 |
| | $c$, моль/л: | 0 | 0,01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,25 |
| 72 | $\Gamma$, ммоль/г: | 0 | 0,2 | 0,5 | 1 | 1,6 | 2 | 2,3 | 2,4 |
| | $c$, моль/л: | 0 | 0,01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,25 |
| 73 | $\Gamma$, ммоль/г: | 0 | 0,2 | 0,5 | 0,7 | 0,8 | 1,9 | 2,2 | 2,2 |
| | $c$, моль/л: | 0 | 0,01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,25 |
| 74 | $\Gamma$, ммоль/г: | 0 | 0,2 | 0,4 | 0,9 | 1,4 | 1,6 | 1,7 | 1,7 |
| | $c$, моль/л: | 0 | 0,01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,25 |
| 75 | $\Gamma$, ммоль/г: | 0 | 0,3 | 0,6 | 1,2 | 1,7 | 2 | 2,3 | 2,5 |
| | $c$, моль/л: | 0 | 0,01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,25 |

**Пример**.




*Ответ*: С увеличением равновесной концентрации раствора сорбата величина удельной адсорбции возрастает. Данная зависимость соответствует изотерме, описывающей полимолекулярную адсорбцию.

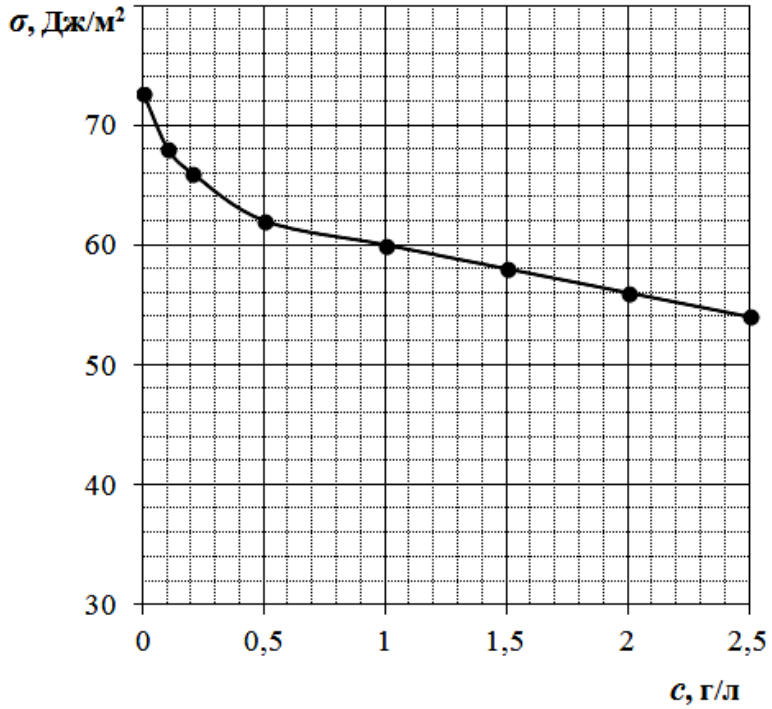
## Контрольные задания № 76-80

В соответствии с данными таблицы 13 для своего номера задачи постройте графическую зависимость поверхностного натяжения ($\sigma$) от концентрации ($c$) раствора поверхностно-активного вещества (ПАВ) при 20 ºС. Как меняется поверхностное натяжение растворов ПАВ с увеличением концентрации? Как меняется поверхностное натяжение растворов гомологов ПАВ с увеличением числа $-CH_2-$ групп в углеводородной цепи?

Таблица 13

| № задачи | Значения поверхностного натяжения ($\sigma$) при 20 ºС и концентрация ($c$) раствора ПАВ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 71 | $\sigma$, Дж/м$^2$: | 72,6 | 68 | 64 | 58 | 54 | 50 | 48 | 46 |
| | $c$, г/л: | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 |
| 72 | $\sigma$, Дж/м$^2$: | 72,6 | 68 | 62 | 56 | 52 | 48 | 44 | 40 |
| | $c$, г/л: | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 |
| 73 | $\sigma$, Дж/м$^2$: | 72,6 | 70 | 68 | 64 | 60 | 56 | 52 | 50 |
| | $c$, г/л: | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 |
| 74 | $\sigma$, Дж/м$^2$: | 72,6 | 66 | 60 | 52 | 42 | 36 | 32 | 30 |
| | $c$, г/л: | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 |
| 75 | $\sigma$, Дж/м$^2$: | 72,6 | 64 | 58 | 50 | 44 | 38 | 36 | 34 |
| | $c$, г/л: | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 |

**Пример**.



Выполнение задания:

*Ответ*:

# 9. Дисперсные системы, способы их получения и свойства.

**Контрольные задания № 81-90**

Приведите письменные ответы на вопросы для своего задания в соответствии с таблицей 14.

Таблица 14

| № задачи | Формулировки вопросов |
|---|---|
| 81 | Что такое дисперсная система, дисперсная фаза, дисперсионная среда, степень дисперсности? Приведите классификацию дисперсных систем по степени дисперсности. Назовите способы получения коллоидных систем. |
| 82 | Как классифицируют дисперсные системы (приведите все способы классификации)? В чем сходство и в чем различие растворов высокомолекулярных соединений и лиофобных коллоидов. |
| 83 | Приведите классификацию дисперсных систем по степени дисперсности, указав гомо- и гетерогенные системы. Приведите примеры получения коллоидных систем методами конденсации, химической реакции, пептизации. |
| 84 | Приведите классификацию дисперсных систем по агрегатному состоянию дисперсной фазы и дисперсионной среды. Дайте определение понятию коллоидный раствор. Сравните свойства истинных и коллоидных растворов. |
| 85 | Кратко опишите основные методы получения коллоидных растворов. Какие вещества являются пептизаторами почвенных коллоидов? Каковы последствия пептизации почвенных коллоидов? |
| 86 | Каковы условия получения коллоидных растворов? Дайте краткую характеристику молекулярно-кинетических свойств (осмотическое давление и вязкость) коллоидных систем. |
| 87 | Дайте характеристику процессу седиментации. Сравните кинетическую устойчивость истинных, коллоидных и грубодисперсных систем. Что такое пептизация? Каковы условия, способствующие пептизации? |
| 88 | Дайте определение процессам коагуляции и пептизации. Какую роль они играют в процессах очистки природных и технологических вод? |
| 89 | В чем особенности оптических свойств коллоидных растворов? В чем сущность закона рассеяния света Релея? Как на основе этого закона объясняются оптические явления в коллоидных системах? |
| 90 | Какие оптические явления наблюдаются в коллоидных системах в отличие от истинных растворов? Как связана окраска коллоидных растворов с размерами частиц? |

Выполнение задания:

# 10. Мицеллярное строение, устойчивость и коагуляция коллоидных систем.

**Приведите письменные ответы на вопросы**.

1). Назовите составные части коллоидной мицеллы. Какие ионы определяют заряд гранулы? Между какими частями мицеллы возникает ζ-потенциал (ζ - греч. буква *дзетта*)? Что такое электрофорез и электроосмос?

2). Дайте определение агрегативной и кинетической устойчивости коллоидных систем. Что такое коагуляция? Какие факторы вызывают коагуляцию? Сформулируйте правило Шульце-Гарди, отражающее влияние электролитов на процесс коагуляции. Что такое старение коллоида?

## Контрольные задания № 91-100

Для своего номера задачи, в соответствии с таблицей 15, составьте формулу мицеллы коллоидного раствора, полученного сливанием равных объемов электролитов с указанной концентрацией. Приведите названия всех составных частей мицеллы. Укажите место возникновения ζ-потенциала. К какому электроду (катоду или аноду) будет перемещаться коллоидная частица при электрофорезе данного гидрозоля?

Расположите электролиты: $AlCl_3$, $Na_2SO_4$, $CuCl_2$, $Al_2(SO_4)_3$, NaCl, $K_3[Fe(CN)_6]$ в порядке увеличения их коагулирующей способности для данного гидрозоля.

Таблица 15

| № задачи | Электролиты, концентрация, моль/л | |
|---|---|---|
| 91 | 0,01 M NaI | 0,001 M $AgNO_3$ |
| 92 | 0,001 M NaCl | 0,01 M $AgNO_3$ |
| 93 | 0,01 M KCl | 0,001 M $AgNO_3$ |
| 94 | 0,001 M KBr | 0,01 M $AgNO_3$ |
| 95 | 0,001 M NaBr | 0,05 M $AgNO_3$ |
| 96 | 0,001 M LiI | 0,03 M $AgNO_3$ |
| 97 | 0,02 M NaI | 0,01 M $AgNO_3$ |
| 98 | 0,01 M RbBr | 0,005 M $AgNO_3$ |
| 99 | 0,00025 M RbBr | 0,0005 M $AgNO_3$ |
| 100 | 0,0005 KI | 0,01 M $AgNO_3$ |

**Пример**. Составьте формулу мицеллы коллоидного раствора, полученного сливанием равных объемов 0,1 M $NH_4Cl$ и 0,01 M $AgNO_3$.

*Ответ*:

1). Запишем уравнение реакции, приводящей к формированию коллоидного раствора, в молекулярном и молекулярно-ионном виде:

$$NH_4Cl + AgNO_3 \rightarrow AgCl + NH_4NO_3$$

$$NH_4^+ + Cl^- + Ag^+ + NO_3^- \rightarrow AgCl\downarrow + NH_4^+ + NO_3^-$$

$$Cl^- + Ag^+ \rightarrow AgCl\downarrow$$

2). Труднорастворимый хлорид серебра образует ядро мицеллы: **mAgCl**, где m – некоторое число молекул.

3). Сравним концентрации исходных электролитов. При сливании равных объемов 0,1 M раствора $NH_4Cl$ и 0,01 M раствора $AgNO_3$, в избытке находится – $NH_4\underline{Cl}$. Молекулы труднорастворимого Ag<u>Cl</u>, находящиеся на поверхности ядра мицеллы, способны частично диссоциировать. Одноименные и близкие по химической природе ионы, находящиеся в растворе в избытке будут стабилизировать ядро мицеллы. Такие ионы называются потенциалопределяющими и в данном случае это – $\mathbf{Cl^-}$.

4). Запишем две части мицеллы – ядро и слой потенциалопределяющих ионов: **mAgCl nCl** $^-$, где n – некоторое количество потенциалопределяющих ионов. Заряд частицы отрицательный.

5). Противоположно заряженные ионы, находящиеся в растворе в избытке, выполняют роль противоионов. В данном случае это $\mathbf{NH_4^+}$. Адсорбционный слой противоионов состоит из плотной неподвижной части и диффузной части. Ядро с потенциалопределяющими ионами и плотной частью слоя противоионов образуют гранулу. Запишем состав гранулы и определим ее заряд:

| **m AgCl** | **n Cl** $^-$ | **(n–x) NH**$_4^+$ |
|---|---|---|
| ядро | потенциалопределяющие ионы | противоионы |
| *незаряжено* | *отрицательно заряженный слой* | *положительно заряженный слой* |

заряд системы: **x** $^-$

Поскольку n > (n – x), то вся гранула заряжена отрицательно.

6). Запишем состав мицеллы, которая включает гранулу и диффузный слой противоионов. На их границе возникает ζ-потенциал:

*плотная часть ДЭС* *диффузная часть*

$$[\{mAgCl\}\ n\,Cl^-\ (n\text{-}x)\,NH_4^+]^{x-}\ x\,NH_4^+$$

ядро; потенциал-определяющие ионы; противоионы

гранула; ↑ζ-потенциал

мицелла

7). Так как гранула заряжена отрицательно, то при электрофорезе она будет перемещаться к положительно заряженному электроду – аноду.

8). Коагуляцию коллоидного раствора вызывает добавление электролитов. При этом происходит разрушение адсорбционного слоя противоионов. Согласно правилу Щульце-Гарди коагулирующая способность противоионов возрастает с увеличением их зарядового числа и количества моль в растворе. Противоионами в данном золе являются катионы, поэтому расположение указанных солей в порядке увеличения их коагулирующей способности следующее:

$$NaCl < Na_2SO_4 < K_3[Fe(CN)_6] < CuCl_2 < AlCl_3 < Al_2(SO_4)_3$$

Выполнение задания:

# 11. Микрогетерогенные системы. Растворы высокомолекулярных соединений (ВМС). Гели и студни.

**Контрольное задание № 100-110**

Приведите письменные ответы на вопросы для своего задания в соответствии с таблицей 16.

Таблица 16

| № задачи | Формулировки вопросов |
|---|---|
| 101 | Перечислите приемы и методы получения аэрозолей, суспензий и эмульсий. Где микрогетерогенные системы применяются в сельском хозяйстве? |
| 102 | Современные моющие средства как полуколлоидные системы. В чем особенности строения мицеллы поверхностно-активных веществ? |
| 103 | В каком случае растворы ВМС являются истинными растворами, и в каких условиях образуют коллоидные растворы? Опишите процесс растворения ВМС. Укажите виды набухания. |
| 104 | Перечислите приемы и методы получения суспензий и эмульсий. Какие приемы используются для стабилизации этих микрогетерогенных систем? |
| 105 | Сравните явления высаливания и коагуляции, в чем сходство и различие этих явлений? От каких факторов зависит высаливающее действие ионов? |
| 106 | Опишите процесс образования растворов ВМС. В чем сходство и различие между растворами ВМС и низкомолекулярных соединений? |
| 107 | Что такое студень, гель? Приведите классификацию гелей. |
| 108 | Опишите особенности физико-химических свойств студней и гелей. Как протекают химические реакции в гелях? |
| 109 | Что представляют собой мембраны живых организмов с точки зрения коллоидной химии? Какова их биологическая роль? |
| 110 | Опишите явления синерезиса с точки зрения изменений в гелях. Каково его биологическое значение? |

Выполнение задания:

# Варианты контрольных заданий

| Шифр | Номера заданий | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **00** | 1 | 11 | 21 | 31 | 41 | 51 | 61 | 71 | 81 | 91 | 101 |
| **01** | 2 | 12 | 22 | 32 | 42 | 52 | 62 | 72 | 82 | 92 | 102 |
| **02** | 3 | 13 | 23 | 33 | 43 | 53 | 63 | 73 | 83 | 93 | 103 |
| **03** | 4 | 14 | 24 | 34 | 44 | 54 | 64 | 74 | 84 | 94 | 104 |
| **04** | 5 | 15 | 25 | 35 | 45 | 55 | 65 | 75 | 85 | 95 | 105 |
| **05** | 6 | 16 | 26 | 36 | 46 | 56 | 66 | 76 | 86 | 96 | 106 |
| **06** | 7 | 17 | 27 | 37 | 47 | 57 | 67 | 77 | 87 | 97 | 107 |
| **07** | 8 | 18 | 28 | 38 | 48 | 58 | 68 | 78 | 88 | 98 | 108 |
| **08** | 9 | 19 | 29 | 39 | 49 | 59 | 69 | 79 | 89 | 99 | 109 |
| **09** | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 |
| **10** | 1 | 12 | 23 | 34 | 45 | 56 | 67 | 78 | 89 | 99 | 102 |
| **11** | 2 | 13 | 24 | 35 | 46 | 57 | 68 | 79 | 90 | 98 | 103 |
| **12** | 3 | 14 | 25 | 36 | 47 | 58 | 69 | 80 | 81 | 97 | 104 |
| **13** | 4 | 15 | 26 | 37 | 48 | 59 | 70 | 71 | 82 | 96 | 105 |
| **14** | 5 | 16 | 27 | 38 | 49 | 60 | 61 | 72 | 83 | 95 | 106 |
| **15** | 6 | 17 | 28 | 39 | 50 | 51 | 62 | 73 | 84 | 94 | 107 |
| **16** | 7 | 18 | 29 | 40 | 41 | 52 | 63 | 74 | 85 | 93 | 108 |
| **17** | 8 | 19 | 30 | 31 | 42 | 53 | 64 | 75 | 86 | 92 | 109 |
| **18** | 9 | 20 | 21 | 32 | 43 | 54 | 65 | 76 | 87 | 91 | 110 |
| **19** | 10 | 11 | 22 | 33 | 44 | 55 | 66 | 77 | 88 | 99 | 101 |
| **20** | 1 | 13 | 25 | 35 | 46 | 57 | 68 | 79 | 90 | 100 | 103 |
| **21** | 2 | 14 | 26 | 36 | 47 | 58 | 69 | 80 | 89 | 91 | 104 |
| **22** | 3 | 15 | 27 | 37 | 48 | 59 | 70 | 71 | 88 | 92 | 105 |
| **23** | 4 | 16 | 28 | 38 | 49 | 60 | 67 | 72 | 87 | 93 | 106 |
| **24** | 5 | 17 | 29 | 39 | 50 | 56 | 66 | 73 | 86 | 94 | 107 |
| **25** | 6 | 18 | 30 | 40 | 49 | 55 | 65 | 74 | 85 | 95 | 108 |
| **26** | 7 | 19 | 24 | 31 | 48 | 54 | 64 | 75 | 84 | 96 | 109 |
| **27** | 8 | 20 | 23 | 32 | 47 | 53 | 63 | 76 | 83 | 97 | 110 |
| **28** | 9 | 11 | 22 | 33 | 46 | 52 | 62 | 77 | 82 | 98 | 101 |
| **29** | 10 | 12 | 21 | 34 | 45 | 51 | 61 | 78 | 81 | 99 | 102 |
| **30** | 1 | 14 | 27 | 36 | 45 | 53 | 67 | 71 | 90 | 98 | 104 |
| **31** | 2 | 15 | 28 | 37 | 46 | 51 | 63 | 74 | 89 | 100 | 105 |
| **32** | 3 | 16 | 29 | 38 | 47 | 55 | 64 | 72 | 88 | 91 | 106 |

| Шифр | Номера заданий | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **33** | 4 | 17 | 30 | 39 | 48 | 56 | 65 | 73 | 82 | 97 | 107 |
| **34** | 5 | 18 | 26 | 40 | 49 | 57 | 62 | 75 | 81 | 99 | 108 |
| **35** | 6 | 19 | 25 | 35 | 50 | 58 | 61 | 76 | 83 | 92 | 109 |
| **36** | 7 | 20 | 21 | 34 | 44 | 59 | 68 | 78 | 87 | 93 | 110 |
| **37** | 8 | 11 | 22 | 33 | 43 | 60 | 66 | 77 | 84 | 95 | 101 |
| **38** | 9 | 12 | 23 | 32 | 41 | 54 | 69 | 80 | 85 | 96 | 102 |
| **39** | 10 | 13 | 24 | 31 | 42 | 55 | 70 | 79 | 86 | 94 | 103 |
| **40** | 1 | 18 | 24 | 36 | 45 | 54 | 63 | 72 | 81 | 100 | 105 |
| **41** | 2 | 20 | 25 | 40 | 44 | 53 | 62 | 71 | 90 | 99 | 106 |
| **42** | 3 | 11 | 26 | 39 | 43 | 52 | 61 | 73 | 89 | 98 | 107 |
| **43** | 4 | 12 | 27 | 38 | 42 | 51 | 64 | 74 | 88 | 97 | 108 |
| **44** | 5 | 13 | 28 | 37 | 41 | 60 | 65 | 76 | 87 | 96 | 109 |
| **45** | 6 | 14 | 29 | 31 | 46 | 59 | 66 | 75 | 86 | 95 | 100 |
| **46** | 7 | 15 | 30 | 35 | 47 | 58 | 67 | 78 | 85 | 94 | 101 |
| **47** | 8 | 16 | 21 | 34 | 48 | 57 | 68 | 77 | 84 | 93 | 102 |
| **48** | 9 | 17 | 22 | 33 | 49 | 56 | 70 | 79 | 83 | 92 | 103 |
| **49** | 10 | 18 | 23 | 32 | 50 | 55 | 69 | 80 | 82 | 91 | 104 |
| **50** | 1 | 19 | 28 | 37 | 48 | 59 | 68 | 79 | 84 | 93 | 106 |
| **51** | 2 | 18 | 27 | 37 | 47 | 58 | 69 | 80 | 83 | 92 | 107 |
| **52** | 3 | 17 | 26 | 35 | 46 | 57 | 70 | 78 | 84 | 93 | 108 |
| **53** | 4 | 16 | 25 | 34 | 45 | 56 | 67 | 77 | 85 | 94 | 109 |
| **54** | 5 | 14 | 24 | 33 | 44 | 55 | 66 | 76 | 86 | 95 | 110 |
| **55** | 6 | 15 | 23 | 32 | 43 | 54 | 65 | 74 | 87 | 96 | 101 |
| **56** | 7 | 13 | 22 | 31 | 42 | 53 | 64 | 75 | 88 | 97 | 102 |
| **57** | 8 | 12 | 21 | 38 | 50 | 52 | 63 | 71 | 89 | 98 | 103 |
| **58** | 10 | 11 | 30 | 39 | 41 | 51 | 62 | 72 | 90 | 99 | 104 |
| **59** | 9 | 19 | 29 | 40 | 49 | 60 | 61 | 73 | 81 | 100 | 105 |
| **60** | 1 | 20 | 23 | 35 | 47 | 52 | 66 | 74 | 88 | 95 | 106 |
| **61** | 1 | 20 | 25 | 34 | 47 | 52 | 63 | 78 | 89 | 91 | 101 |
| **62** | 9 | 19 | 24 | 35 | 48 | 53 | 62 | 79 | 88 | 92 | 102 |
| **63** | 8 | 18 | 23 | 36 | 49 | 54 | 61 | 80 | 87 | 93 | 103 |
| **64** | 7 | 17 | 22 | 37 | 50 | 55 | 70 | 77 | 86 | 94 | 104 |
| **65** | 6 | 16 | 21 | 38 | 46 | 51 | 65 | 76 | 85 | 95 | 105 |
| **66** | 5 | 15 | 26 | 39 | 44 | 56 | 67 | 74 | 84 | 96 | 106 |
| **67** | 4 | 14 | 27 | 40 | 45 | 57 | 66 | 75 | 83 | 97 | 107 |

| Шифр | Номера заданий | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **68** | 3 | 13 | 28 | 31 | 43 | 58 | 69 | 71 | 82 | 98 | 108 |
| **69** | 2 | 12 | 30 | 32 | 41 | 59 | 68 | 72 | 81 | 99 | 109 |
| **70** | 1 | 11 | 29 | 33 | 42 | 60 | 64 | 73 | 90 | 100 | 110 |
| **71** | 5 | 11 | 26 | 33 | 42 | 51 | 69 | 77 | 86 | 95 | 102 |
| **72** | 6 | 12 | 27 | 34 | 49 | 52 | 70 | 78 | 87 | 96 | 103 |
| **73** | 7 | 13 | 28 | 35 | 48 | 53 | 61 | 79 | 88 | 97 | 104 |
| **74** | 8 | 14 | 29 | 36 | 41 | 54 | 62 | 80 | 89 | 98 | 105 |
| **75** | 9 | 15 | 30 | 37 | 42 | 55 | 63 | 71 | 90 | 99 | 106 |
| **76** | 10 | 16 | 35 | 38 | 43 | 56 | 64 | 72 | 81 | 100 | 107 |
| **77** | 4 | 17 | 24 | 39 | 44 | 57 | 65 | 73 | 82 | 91 | 108 |
| **78** | 3 | 18 | 23 | 40 | 45 | 58 | 66 | 74 | 83 | 92 | 109 |
| **79** | 2 | 19 | 22 | 31 | 46 | 59 | 67 | 75 | 84 | 93 | 110 |
| **80** | 1 | 20 | 21 | 32 | 47 | 60 | 68 | 76 | 85 | 94 | 101 |
| **81** | 7 | 14 | 30 | 39 | 48 | 57 | 68 | 79 | 81 | 99 | 103 |
| **82** | 8 | 15 | 29 | 31 | 49 | 58 | 69 | 80 | 82 | 100 | 104 |
| **83** | 9 | 16 | 28 | 32 | 50 | 59 | 70 | 78 | 83 | 91 | 105 |
| **84** | 10 | 17 | 21 | 33 | 41 | 60 | 61 | 77 | 84 | 92 | 106 |
| **85** | 1 | 18 | 22 | 34 | 42 | 51 | 62 | 76 | 85 | 93 | 107 |
| **86** | 2 | 19 | 23 | 35 | 43 | 52 | 63 | 71 | 86 | 94 | 108 |
| **87** | 3 | 20 | 24 | 36 | 44 | 53 | 64 | 72 | 87 | 95 | 109 |
| **88** | 4 | 11 | 25 | 37 | 45 | 54 | 65 | 73 | 88 | 96 | 110 |
| **89** | 5 | 12 | 26 | 38 | 46 | 55 | 66 | 74 | 89 | 97 | 101 |
| **90** | 6 | 13 | 27 | 40 | 47 | 56 | 67 | 75 | 90 | 98 | 102 |
| **91** | 8 | 14 | 29 | 31 | 49 | 60 | 61 | 74 | 82 | 93 | 104 |
| **92** | 9 | 15 | 28 | 32 | 41 | 58 | 62 | 75 | 83 | 94 | 105 |
| **93** | 10 | 16 | 21 | 33 | 42 | 57 | 63 | 76 | 84 | 95 | 106 |
| **94** | 1 | 17 | 22 | 34 | 43 | 51 | 64 | 77 | 85 | 96 | 107 |
| **95** | 2 | 18 | 23 | 35 | 44 | 52 | 65 | 78 | 86 | 97 | 108 |
| **96** | 3 | 19 | 24 | 36 | 45 | 53 | 66 | 79 | 87 | 98 | 109 |
| **97** | 4 | 20 | 25 | 37 | 46 | 54 | 67 | 80 | 88 | 99 | 110 |
| **98** | 5 | 13 | 26 | 38 | 47 | 55 | 69 | 71 | 89 | 100 | 101 |
| **99** | 6 | 12 | 27 | 39 | 48 | 56 | 70 | 73 | 90 | 92 | 102 |

# Справочные данные

**Таблица 1.**

**Термодинамические характеристики некоторых веществ (стандартные условия)**

| Вещество | $\Delta H^0_{обр}$,кДж/моль | $\Delta S^0_{обр}$, Дж/К·моль |
|---|---|---|
| $H_2$ | 0 | 130,52 |
| $O_2$ | 0 | 205,04 |
| $N_2$ | 0 | 191,61 |
| $Cl_2$ | 0 | 223,07 |
| $H_2O$ | -285,83 | 69,95 |
| CO | -110,53 | 197,55 |
| $CO_2$ | -393,51 | 213,66 |
| HCl | -92,31 | 186,91 |
| $NH_3$ | -45,94 | 192,66 |
| NO | 91,26 | 210,64 |
| $NO_2$ | 34,19 | 240,06 |
| $CH_4$ | -74,85 | 186,27 |
| $C_2H_2$ | 226,75 | 200,82 |
| $C_2H_5OH$ | -276,98 | 160,67 |
| $CH_3COH$ | -166,00 | 264,20 |
| $CH_3COOH$ | -484,09 | 159,83 |
| $CH_3COOC_2H_5$ | -479,03 | 259,41 |

**Таблица 2.**

**Константы диссоциации слабых электролитов при 25 ºС**

| Электролит | Уравнение диссоциации | Константа диссоциации ($K_Д$) | Силовой показатель (p$K$) |
|---|---|---|---|
| Азотистая кислота | $HNO_2 \rightarrow H^+ + NO_2^-$ | $4{,}00 \cdot 10^{-4}$ | 3,40 |
| Гидроксид аммония | $NH_4OH \rightarrow NH_4^+ + OH^-$ | $1{,}76 \cdot 10^{-5}$ | 4,75 |
| Уксусная кислота | $CH_3COOH \rightarrow CH_3COO^- + H^+$ | $1{,}74 \cdot 10^{-5}$ | 4,76 |

**Таблица 3.**

**Ряд напряжений металлов**

| Электрод | Уравнение электродного процесса | Стандартный потенциал $E°$ при 25°С , В |
|---|---|---|
| $K^+/K$ | $K^+ + e^- = K$ | -2,924 |
| $Ca^{2+}/Ca$ | $Ca^{2+} + 2e^- = Ca$ | -2,866 |
| $Na^+/Na$ | $Na^+ + e^- = Na$ | -2,714 |
| $Mg^{2+}/Mg$ | $Mg^{2+} + 2e^- = Mg$ | -2,363 |
| $Al^{3+}/Al$ | $Al^{3+} + 3e^- = Al$ | -1,663 |
| $Zn^{2+}/Zn$ | $Zn^{2+} + 2e^- = Zn$ | -0,763 |
| $Fe^{2+}/Fe$ | $Fe^{2+} + 2e^- = Fe$ | -0,440 |
| $Ni^{2+}/Ni$ | $Ni^{2+} + 2e^- = Ni$ | -0,250 |
| $Pb^{2+}/Pb$ | $Pb^{2+} + 2e^- = Pb$ | -0,126 |
| $Fe^{3+}/Fe$ | $Fe^{3+} + 3e^- = Fe$ | -0,037 |
| $2H^+/H_2$ | $2H^+ + 2e^- = H_2$ | 0 |
| $Cu^{2+}/Cu$ | $Cu^{2+} + 2e^- = Cu$ | +0,337 |
| $Ag^+/Ag$ | $Ag^+ + e^- = Ag$ | +0,799 |
| $Hg^{2+}/Hg$ | $Hg^{2+} + 2e^- = Hg$ | +0,850 |
| $Au^+/Au$ | $Au^+ + e^- = Au$ | +1,692 |

# Рекомендуемая литература


1. Кругляков, П. М. Физическая и коллоидная химия : учеб. пособие для студентов, обучающихся по строит. специальностям / П. М. Кругляков, Т. Н. Хаскова .— Изд. 2-е, испр. — М. : Высш. шк., 2007 .— 319 с.

2. Хмельницкий, Р. А. Физическая и коллоидная химия : учебник для студентов сельскохозяйственных специальных высших учебных заведений / Р. А. Хмельницкий .— Москва : Альянс, 2015 .— 400 с

3. Нигматуллин, Н. Г. Физическая и коллоидная химия : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по технологическим специальностям / Н. Г. Нигматуллин .— 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2015 .— 276 с.

4. Котов, В. В. Курс лекций по физической и коллоидной химии : для направления подготовки бакалавров: 35.03.03 - "Агрохимия и агропочвоведение" : [учебное пособие] / В. В. Котов, О. В. Перегончая ; Воронежский государственный аграрный университет

.— Воронеж : Воронежский государственный аграрный университет, 2018 .— 179 с. <URL:http://catalog.vasu.ru/elib/books/b140122.pdf>

5. Шапошник, А. В. Физическая и коллоидная химия : учебное пособие по дисциплине "Физическая и коллоидная химия" для направления подготовки бакалавров: 35.03.07 - "Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции", 19.03.02 - "Продукты питания из растительного сырья" / [А. В. Шапошник, А. А. Звягин] ; Воронежский государственный аграрный университет .— Воронеж : Воронежский государственный аграрный университет, 2018 .— 76 с. <URL:http://catalog.vsau.ru/elib/books/b143004.pdf>

**Базы данных и интернет-источники информации**

http://www.xumuk.ru/encyklopedia
http://ru.wikipedia.org/wiki
http://chemistry.vsau.ru

## Содержание

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ ..... 3
1. Агрегатные состояния вещества ..... 3
2. Химическая термодинамика и термохимия ..... 7
3. Химическая кинетика и катализ. Фотохимические реакции. Химическое равновесие ..... 12
4. Растворы неэлектролитов ..... 18
5. Растворы электролитов ..... 22
6. Электропроводность растворов электролитов ..... 28
7. Электродные потенциалы ..... 30
КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ ..... 34
8. Поверхностные явления ..... 34
9. Дисперсные системы, способы их получения и свойства. ..... 39
10. Мицеллярное строение, устойчивость и коагуляция коллоидных систем. ..... 41
11. Микрогетерогенные системы. Растворы высокомолекулярных соединений (ВМС). Гели и студни. ..... 46
Варианты контрольных заданий ..... 48
Справочные данные ..... 51
Рекомендуемая литература ..... 52