

Основы общей, биоорганической, физической, коллоидной и аналитической химии в медицине

Практикум

Министерство здравоохранения Российской Федерации
Уральский государственный медицинский университет

Основы общей, биоорганической, физической, коллоидной и аналитической химии в медицине

Практикум

Под редакцией кандидата химических наук,
доктора технических наук Н. А. Белоконовой

Рекомендовано ЦМС УГМУ для студентов,
обучающихся по направлениям подготовки
31.05.01 — Лечебное дело, 31.05.02 — Педиатрия

Электронное издание сетевого распространения

Екатеринбург
УГМУ
2024

УДК (542/544+547+577):61(076)

ББК 52.57я73

О75

Авторы:

Е. Ю. Ермишина, Н. А. Наронова, Н. Н. Катаева, О. М. Медведева,

Е. И. Тихомирова, И. Л. Тихонова, К. О. Голицына

Рецензенты:

заведующая кафедрой физики химии ФГБОУ ВО УрГЭУ, доктор химических наук, профессор *Н. Ю. Стожко*;

доцент кафедры физической и неорганической химии ИЕиМ УрФУ, кандидат химических наук, доцент *А. Ф. Гусева*

Основы общей, биорганической, физической, коллоидной и аналитической химии в медицине : практикум / Е. Ю. Ермишина, Н. А. Наронова, Н. Н. Катаева [и др.] ; под ред. канд. хим. наук, д-ра техн. наук Н. А. Белоконовой ; М-во здравоохранения РФ, Урал. гос. мед. ун-т. — Екатеринбург : УГМУ, 2024. — 227 с. — ISBN 978-5-00168-079-6. — Текст. Изображение : электронные.

Содержание включает описание лабораторных работ, подготовительные расчеты к практической части и контрольные вопросы по основным разделам теоретического материала. Приложение содержит методики определения различных физико-химических свойств, применимые для исследования биологических жидкостей и растворов лекарственных препаратов (плотность, электропроводимость, pH, поверхностное натяжение), а также методические указания к выполнению УИРС по актуальным темам для студентов лечебно-профилактического и педиатрического факультетов медицинских вузов.

Практикум составлен в соответствии с рабочими программами дисциплин «Химия» и «Клинические аспекты физической и коллоидной химии» для специальностей 31.05.01 — Лечебное дело, 31.05.02 — Педиатрия.

УДК (542/544+547+577):61(076)

ББК 52.57я73

Электронное сетевое издание размещено в научном архиве УГМУ <http://elib.usma.ru/>

ISBN 978-5-00168-079-6 © Уральский государственный медицинский университет, 2024

Содержание

Список сокращений.....	5
Предисловие	6
Часть I. Практикум основного курса	7
Лабораторная работа 1. Химическое равновесие	9
Лабораторная работа 2. Буферные системы	17
Лабораторная работа 3. Теория произведения растворимости, образование осадков и их растворение	26
Лабораторная работа 4. Карбоновые кислоты, гидрокси-, оксокислоты	38
Лабораторная работа 5. Аминокислоты. Белки	46
Лабораторная работа 6. Углеводы. Моносахариды	56
Лабораторная работа 7. Углеводы. Ди- и полисахариды	64
Часть II. Практикум вариативного курса	75
Лабораторная работа 1. Приготовление растворов и определение их концентрации кондуктометрическим методом	77
Лабораторная работа 2. Адсорбция на жидкой поверхности. Определение поверхностного натяжения растворов методом сталагмометрии	88
Лабораторная работа 3. Определение ККМ методом сталагмометрии	97
Лабораторная работа 4. Адсорбция на твердой поверхности	106

Лабораторная работа 5. Получение КДС и определение свойств КДС	118
Лабораторная работа 6. Определение содержания кальция в плазме крови методом комплексонометрии	128
Лабораторная работа 7. Определение содержания железа фотометрическим методом	136
Лабораторная работа 8. Влияние различных факторов на образование ГДС и КДС	146
 Приложение 1.	
Дополнительные методики определения физико-химических свойств водных растворов лекарственных препаратов и биологических жидкостей	163
 Приложение 2.	
Дополнительные лабораторные работы	167
 Приложение 3.	
Примеры учебно-исследовательских работ студента	187
Список рекомендуемой литературы	225

Список сокращений

БС — буферные системы

ДС — дисперсные системы

КДС — коллоидно-дисперсные системы

ME²⁺ — двухвалентный металл

МК — молочная кислота

ПАВ — поверхностно-активные вещества

ПИАВ — поверхностно-инактивные вещества

ПК — произведение концентраций

ПР — произведение растворимости

ЭДТА — этилендиаминтетрауксусная кислота

Предисловие

Практикум предназначен для использования при изучении дисциплин «Химия» и «Клинические аспекты физической и коллоидной химии». Дисциплина «Химия» призвана подготовить студентов по предметам общей и биоорганической химии и сформировать у них понимание химической картины процессов, происходящих в организме. Задача дисциплины «Клинические аспекты физической и коллоидной химии» — показать связь теоретических основ физической и коллоидной химии с проблемами клинических дисциплин, а также сформировать умения, диагностировать заболевания и патологические состояния на основе методов аналитической химии.

Практикум содержит информацию о подготовке и проведении лабораторно-практических занятий по 15 темам. Последовательность тем практикума соответствует учебным планам.

Лабораторные работы выполняются в минигруппах или демонстрационно. Практикум заполняется каждым студентом индивидуально.

В каждой лабораторной работе приведена цель занятия, описана методика выполнения, предусмотрены поля для записи наблюдений и расчетов, оставлено место для собственных промежуточных и итоговых выводов. Для более глубокого осмысления сути работы и экономии времени на занятии рекомендуется заранее заполнять раздел «Контрольные вопросы». Остальные разделы должны быть заполнены во время практического занятия. По окончании каждой лабораторной работы соответствующая заполненная тема практикума сдается преподавателю на проверку.

Часть I. Практикум основного курса

Лабораторная работа 1. Химическое равновесие

Обозначения, используемые в лабораторной работе: P — давление, Па; T — температура, К; C — молярная концентрация вещества, моль/л (М); ΔH° — стандартная энтальпия, кДж/моль; K_p — константа равновесия, выраженная через P ; K_C — константа равновесия, выраженная через C .

Тема «Химическое равновесие» логически связана с изучением медико-биологических дисциплин: нормальной физиологии, патологической анатомии, эпидемиологии и др. Ее изучение необходимо для понимания сущности равновесных процессов метаболизма. Например, обмен O_2 и CO_2 между кровью и тканями — равновесные процессы, характеризующиеся определенными константами равновесия (K_p , K_C). Изменение парциального давления газов приводит к смещению химических равновесий метаболических процессов. Резкое смещение химических равновесий может вызвать смерть. Например, это может произойти, если больному эмфиземой легких ввести кислород с высокой скоростью [10].

По теме занятия студент должен:

знать:

- основы химической кинетики и равновесия;
- применимость законов к биохимическим реакциям;

уметь оценивать направление и скорость протекания реакции, возможность направления смещения равновесия при изменении внешних условий;

владеть навыками оценки смещения химического равновесия в необходимом направлении при изменении P , T , C .

Цель занятия:

- научиться определять направление смещения химического равновесия при изменении условий (C , T) по наблюдаемым изменениям в ходе химических реакций и термодинамическим расчетам;
- применять закон действующих масс при расчете равновесных концентраций веществ по значениям констант равновесия обратимых химических реакций.

Задание

При подготовке к лабораторной работе:

- напишите ответы на контрольные вопросы;
- заполните форму к опыту 1.

На практическом занятии:

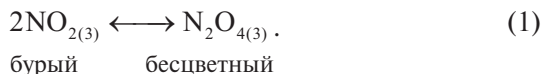
- выполните два лабораторных опыта и запишите свои наблюдения и выводы к каждому из них;
- запишите общий вывод к работе.

Методические указания к выполнению работы

Опыт 1. Влияние температуры на химическое равновесие

Ход опыта

Для проведения опыта возьмите два сообщающихся сосуда, заполненных смесью газов NO_2 и N_2O_4 . При комнатной T в сосудах протекает обратимая реакция (1):



Один сосуд опустите в кристаллизатор с горячей водой, другой — с холодной. Происходит изменение цвета газовой смеси в сосудах.

Зарисуйте схему установки, применяемой в опыте.

Подчеркните правильный вариант:

Исследуемая система **открытая / закрытая / изолированная**, так как она **обменивается / не обменивается** с окружающей средой **веществом / энергией**.

Для реакции (1) рассчитайте значение ΔH° прямой реакции по 2-му следствию из закона Гесса и запишите в форму.

2-е следствие из закона Гесса в общем виде	
2-е следствие из закона Гесса для реакции (1)	

Примечание: справочные данные — $\Delta H^\circ_{f(298,15K)}$, $\text{NO}_2 = 33,9$ кДж/моль; $\Delta H^\circ_{f(298,15K)}$, $\text{N}_2\text{O}_4 = 9,4$ кДж/моль.

Запишите наблюдаемые изменения в форму. Укажите направление смещения равновесия.

Изменение температуры	Цвет шаров	Направление смещения равновесия
Охлаждение		
Нагревание		

Выводы к опыту 1

Подчеркните правильный вариант:

1. В соответствии с принципом Ле Шателье при увеличении T равновесие смещается в сторону **прямой / обратной** реакции при уменьшении T в сторону **прямой / обратной** реакции.

2. Значение ΔH° прямой реакции $<0 / >0$, обратной реакции $<0 / >0$.

Опыт 2. Влияние концентрации на химическое равновесие

Ход опыта

Смешайте 4 мл раствора FeCl_3 и 4 мл KSCN . Смесь равномерно разлейте в 4 пробирки. Добавьте:

- в первую пробирку несколько кристалликов KSCN ;
- вторую — несколько кристалликов FeCl_3 ;
- третью — несколько кристалликов KCl ;
- четвертую пробирку оставьте для сравнения цвета растворов в пробирках (эталон).

Запишите реакцию между FeCl_3 и KSCN и укажите цвета исходных и образующихся веществ.

Запишите K_c реакции.

Запишите наблюдаемые изменения в форму. Укажите направление смещения равновесия.

№ пробирки	Добавляемое вещество	Изменение интенсивности окраски раствора. Рисунок	Направление смещения равновесия
1	KSCN		
2	FeCl_3		
3	KCl		

При увеличении C исходных веществ равновесие смещается _____.

При увеличении C продуктов реакции равновесие смещается _____.

[illegible]

Контрольные вопросы

1. Запишите математическое выражение закона действующих масс для прямых реакций.

Уравнение реакции	Математическое выражение скорости химической реакции
$2\text{SO}_{2(\text{r})} + \text{O}_{2(\text{r})} = 2\text{SO}_{3(\text{r})}$	
$\text{MgO}_{(\text{к})} + \text{CO}_{2(\text{r})} = \text{MgCO}_{3(\text{к})}$	
$\text{Zn}_{(\text{к})} + 2\text{HCl}_{(\text{r})} = \text{ZnCl}_{2(\text{к})} + \text{H}_{2(\text{r})}$	

2. Запишите математическое выражение закона действующих масс для реакции $3\text{H}_{2(\text{r})} + \text{N}_{2(\text{r})} = 2\text{NH}_{3(\text{r})}$ в общем виде и при изменении некоторых факторов. Рассчитайте, как изменится скорость реакции.

Математическое выражение скорости химической реакции	Фактор, влияющий на скорость химической реакции	Изменение скорости химической реакции
	—	—
	При увеличении концентрации H_2 в 3 раза	
	При увеличении давления в системе в 2 раза	

3. По правилу Вант-Гоффа рассчитайте, во сколько раз изменится (увеличится или уменьшится) скорость реакции при указанном температурном коэффициенте и изменении T .

Температурный коэффициент	Изменение T	Изменение скорости реакции
4	Увеличили на 10 °C	
2	Уменьшили на 25 °C	
3	Увеличили на 20 °C	

4. Запишите K_c и K_p реакций.

Уравнение реакции	K_c	K_p
$\text{CO}_{2(g)} + \text{C}_{(к)} \leftrightarrow 2\text{CO}_{(г)}$		
$2\text{Fe}_{(к)} + 3\text{H}_2\text{O}_{(г)} \leftrightarrow \text{Fe}_2\text{O}_{3(к)} + 3\text{H}_{2(г)}$		
$\text{CO}_{2(г)} + \text{CaO}_{(к)} \leftrightarrow \text{CaCO}_{3(к)}$		

5. Укажите направление смещения равновесия в реакциях и дайте пояснения своему ответу.

Уравнение реакции	Фактор, вызывающий смещение равновесия	Направление смещения равновесия
$\text{CO}_{2(г)} + \text{Cl}_{2(г)} \leftrightarrow \text{COCl}_{2(г)}$	При увеличении концентрации COCl_2	
$\text{CO}_{2(г)} + \text{MgO}_{(к)} \leftrightarrow \text{MgCO}_{3(к)}$	При уменьшении давления	
$\text{N}_{2(г)} + 3\text{H}_{2(г)} \leftrightarrow 2\text{NH}_{3(г)}$ при $\Delta H < 0$	При повышении температуры	

6. Запишите выражение для расчета K_C для реакций. Рассчитайте значение K_C и исходные концентрации веществ. Сделайте вывод о направлении смещения равновесия реакции при данном значении K_C .

Уравнение реакции	Равновесные концентрации	K_C в общем виде. Значение K_C	$K_C > 1$ или $K_C < 1$. Направление смещения равновесия
$2\text{SO}_{3(r)} \leftrightarrow 2\text{SO}_{2(r)} + \text{O}_{2(r)}$	$[\text{SO}_3] = 0,02$ моль/л, $[\text{SO}_2] = 0,08$ моль/л, $[\text{O}_2] = 0,04$ моль/л		
$\text{H}_{2(r)} + \text{Cl}_{2(r)} \leftrightarrow 2\text{HCl}_{(r)}$	$[\text{H}_2] = 0,125$ моль/л, $[\text{Cl}_2] = 0,025$ моль/л, $[\text{HCl}] = 0,45$ моль/л		

Лабораторная работа 2. Буферные системы

Обозначения, используемые в лабораторной работе: C — молярная концентрация, моль/л (М); V — объем, мл; ν — количество вещества, моль; ν^3 — количество моль эквивалентов, моль-экв; B_o — буферная емкость по основанию, моль-экв/л; B_k — буферная емкость по кислоте, моль-экв/л.

Нормальная жизнедеятельность организма невозможна без поддержания постоянных характеристик во внутриклеточных и тканевых жидкостях организма. К ним относится C ионов водорода, что определяет значение водородного показателя рН. Значительные изменения рН любых биологических систем и особенно крови могут привести к гибели всего организма. Отсюда понятна огромная важность поддержания величины рН в заданных природой пределах.

В процессе обучения студент-медик встречается с темой «Буферные системы» при изучении следующих предметов: биохимии, микробиологии, биологии, гистологии, нормальной анатомии, патологической физиологии, гигиены труда и питания, оперативной хирургии, факультативной терапии и пр. В практической работе знания, полученные по этой теме, могут быть использованы в случае нарушения кислотно-щелочного равновесия при различных сердечно-сосудистых заболеваниях. Например, при ишемической болезни сердца закономерным является возникновение ацидоза (сдвиг рН в кислую сторону). Исследования смещения кислотно-щелочного равновесия при заболе-

ваниях печени (цирроз) показали на смещение рН в щелочную область (алкалоз).

Кислотно-щелочное равновесие внутренних сред организма определяет в ряде случаев восприимчивость организма к инфекционным заболеваниям [10].

По теме занятия студент должен:

знать о влиянии состава раствора на буферные свойства;

уметь готовить буферные растворы и оценивать их физико-химические свойства: величину рН, B_o и B_k ;

владеть навыками работы с лабораторной посудой (бюретка, колбы, стаканы) и на приборах (рН-метр).

Цель занятия:

- освоить расчет состава буферных растворов с заданным рН;
- научиться готовить буферные растворы;
- овладеть практическими навыками измерения рН потенциометрическим методом и определения буферной емкости растворов.

Задание

При подготовке к лабораторной работе:

- напишите ответы на контрольные вопросы;
- выполните расчеты к опыту 1: рассчитайте состав (V соли и кислоты) для приготовления 50 мл ацетатного буферного раствора с заданным значением рН, указанным преподавателем;
- напишите механизм буферного действия ацетатной буферной системы;
- заполните форму к опыту 1.

На практическом занятии:

- выполните два лабораторных опыта: приготовьте и определите рН буферного раствора; определите буферную емкость приготовленного раствора по кислоте и основанию;
- запишите полученные экспериментальные данные, сделайте необходимые расчеты;
- запишите общий вывод к работе.

Методические указания к выполнению работы

Лабораторная работа выполняется в группах по несколько человек.

Каждая группа студентов должна приготовить раствор с заданным значением pH, указанным преподавателем.

№ группы	1	2	3	4	5	6	7	8	9
pH БС	4	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4	5,6

Опыт 1. Приготовление и определение pH буферного раствора

Ход опыта

1. Рассчитайте объемы 0,1 М растворов CH_3COOH (V_c) и CH_3COONa (V_k), необходимые для приготовления 50 мл буферного раствора.

$$\text{pH} = \text{pK}_{\text{к-ты}} + \lg \frac{V_c}{V_k}; \text{pK}_{\text{к-ты}} = 4,76;$$

$$\frac{V_c}{V_k} = \frac{C_c \cdot V_c}{C_k \cdot V_k}; C_c = C_k; V_k = 50 - V_c;$$

$$\text{pH} = \text{pK}_{\text{к-ты}} + \lg \frac{V_c}{50 - V_c};$$

$$\lg \frac{V_c}{50 - V_c} = \text{pH} - \text{pK}_{\text{к-ты}};$$

$$\frac{V_c}{50 - V_c} = 10^{\text{pH} - \text{pK}_{\text{к-ты}}};$$

$$V_c = 10^{\text{pH} - \text{pK}_{\text{к-ты}}} \cdot (50 - V_c) = 10^{\text{pH} - \text{pK}_{\text{к-ты}}} \cdot 50 - 10^{\text{pH} - \text{pK}_{\text{к-ты}}} \cdot V_c;$$

$$V_c + 10^{\text{pH} - \text{pK}_{\text{к-ты}}} \cdot V_c = 10^{\text{pH} - \text{pK}_{\text{к-ты}}} \cdot 50;$$

$$V_c \cdot (1 + 10^{\text{pH} - \text{pK}_{\text{к-ты}}}) = 10^{\text{pH} - \text{pK}_{\text{к-ты}}} \cdot 50;$$

$$V_c = \frac{10^{\text{pH} - \text{pK}_{\text{к-ты}}} \cdot 50}{1 + 10^{\text{pH} - \text{pK}_{\text{к-ты}}}}.$$

2. Рассчитайте буферное соотношение:

$$v_c = v^3 (\text{CH}_3\text{COONa}) =$$

$$v_k = v^3 (\text{CH}_3\text{COOH}) =$$

$$\text{Буферное соотношение: } v_c/v_k =$$

Результаты расчета проверьте у преподавателя.

Заполните формы: напишите состав БС, уравнения диссоциации компонентов, механизм буферного действия ацетатной буферной системы.

Состав БС и тип БС	
Уравнения диссоциации — ионизации компонентов БС	

Механизм буферного действия:

+HCl	
+NaOH	

3. Приготовьте 50 мл буферного раствора (V_6 , л). Для этого с помощью бюретки налейте в химический стакан рассчитанные $V_{0,1}$ М раствора CH_3COOH и 0,1 М раствора CH_3COONa .

Обратите внимание!

Буферный раствор нужно сохранить для опыта 2.

Результаты расчетов и измерений занесите в форму.

рН буферной системы			Данные расчета	
рН теоретическое	рН по прибору	ΔpH	V_k , мл	V_e , мл

Выводы по опыту № 1

Отклонение рН от заданного значения объясняется _____

Опыт 2. Определение буферной емкости по кислоте и основанию

Ход опыта

В один химический стакан с помощью мерного цилиндра налейте 25 мл приготовленного буферного раствора и добавьте из бюретки 3 мл 0,1 М раствора HCl .

В другой химический стакан с помощью мерного цилиндра налейте 25 мл приготовленного буферного раствора и добавьте из бюретки 3 мл 0,1 М раствора NaOH .

Перемешайте растворы и определите рН на рН-метре. Результаты занесите в формы.

Рассчитайте B_k и B_o .

Результаты измерения и расчет B_k запишите в форму.

рН БС по прибору	рН после добавления кислоты	ΔpH	$v^o(\text{HCl})$, моль-экв	B_k , моль- экв/л

Расчеты:

$$v_3(\text{HCl}) =$$

$$\Delta \text{pH} =$$

$$B_{\kappa} = \frac{v_3(\text{HCl})}{\Delta \text{pH} \cdot V(\text{л})} = \frac{C(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl})}{\Delta \text{pH} \cdot V_6} =$$

Запишите результаты измерения и рассчитайте B_o .

рН БС по прибору	рН после добавления щелочи	ΔpH	$v_3(\text{NaOH})$, моль-экв	B_o , моль-экв/л

Расчеты:

$$v_3(\text{NaOH}) =$$

$$\Delta \text{pH} =$$

$$B_o = \frac{v_3(\text{NaOH})}{\Delta \text{pH} \cdot V(\text{л})} = \frac{C(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH})}{\Delta \text{pH} \cdot V_6} =$$

Сравните B_{κ} и B_o .

Буферное соотношение, v_{κ}/v_{κ}	Сравнение B_{κ} и B_o из расчетов к опыту 1	Сравнение B_{κ} и B_o по результатам опыта 2

Выводы по опыту № 2

Общие выводы по работе

Контрольные вопросы

1. Запишите, проявляет ли смесь электролитов буферные свойства. Если да, то определите тип БС.

Смесь электролитов	Возможность проявлять буферные свойства
$\text{KNO}_3, \text{HNO}_3$	
$\text{HCOONa}, \text{HCOOK}$	
$\text{NH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COONa},$ $\text{NH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$	

2. Допишите протолитические уравнения: укажите протолитическую кислоту (или основание) и сопряженное протолитическое основание (или сопряженную протолитическую кислоту), покажите кислотно-основные пары.

$\text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{OH}^- \leftrightarrow$	$\text{NHb} + \text{OH}^- \leftrightarrow$
$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}_3\text{O}^+ \leftrightarrow$	$\text{HPO}_4^{2-} + \text{H}_3\text{O}^+ \leftrightarrow$

3. Приведите расчеты B_k и B_o и сравните их.

Состав БС	Расчет и сравнение B_k и B_o
200 мл 0,1 М NaHCO_3 , 200 мл 0,1 М H_2CO_3	
100 мл 0,1 М CH_3COONa , 200 мл 0,1 М CH_3COOH	

Состав БС	Расчет и сравнение B_k и B_o
150 мл 0,1 М NaH_2PO_4 , 250 мл 0,1 М Na_2HPO_4	
300 мл 0,1 М HNNbO_2 , 200 мл 0,1 М KNNbO_2	

4. Заполните форму.

Формула для расчета рН БС	Название БС (биологическая роль)	Протолитическая кислота	Протолитическое основание
Формула расчета рН буферной системы 1-го типа	Гидрокарбонатная		
	Фосфатная		
	Белковая		
	Гемоглобиновая		
	Оксигемоглобиновая		
	Ацетатная		
Формула расчета рН и рОН буферной системы 2-го типа	Аммиачная		
	Пиридиновая		
	Анилиновая		

Лабораторная работа 3.

Теория произведения растворимости, образование осадков и их растворение

Обозначения, используемые в лабораторной работе: V — объем, мл; C — молярная концентрация, моль/л (М); S — растворимость, моль/л; $K_{\text{совм. равн}}$ — константа совмещенного равновесия.

Ежедневно в организм человека с пищей поступают различные минеральные соли, которые участвуют в обменных процессах и обеспечивают нормальную жизнедеятельность всех тканей и органов.

Наряду с хорошо растворимыми солями в организме содержится значительное количество солей, обладающих низкой растворимостью. В основном это соли Ca^{2+} и Mg^{2+} : фосфаты, гидроксофосфаты, сульфаты, фториды, оксалаты, карбонаты, ураты. При нормальном обмене эти вещества находятся в виде ионов в биологических субстратах, моче, крови, лимфе, а при значительных концентрациях — в виде взвеси, представляющей собой коллоидно-дисперсные системы, стабилизированные белками.

При некоторых патологических состояниях, когда белки не выполняют своей защитной функции, эти труднорастворимые соли выпадают в осадок. Например, в условиях патологии в организме человека пересыщенными по ионам труднорастворимых солей Ca^{2+} и Mg^{2+} могут быть следующие биологические жидко-

сти: желчь, моча, слюна и панкреатический сок. Для такого заболевания, как подагра, характерно преимущественное отложение мочеислых солей (уратов) в суставах, при мочекаменной болезни — уратов, оксалатов и фосфатов Ca^{2+} в тканях почек и мочевыводящих путях. В полости рта возможно образование осадка гидроксоапатита в виде зубных камней.

В организме человека протекают также процессы растворения твердых веществ. В качестве примера можно назвать процесс растворения эмали зубов, приводящей к кариесу, а также некоторых видов образовавшихся камней в печени при терапевтическом применении лекарственных водных растворов — комплексонов.

Теория произведения растворимости объясняет основные закономерности, условия образования осадков в водных растворах и их растворение [10].

По теме занятия студент должен:

знать условия получения и растворения осадков;

уметь предсказывать образование осадка при смешивании растворов известной концентрации и возможность растворения осадка при добавлении к ним растворов электролитов;

владеть навыками работы с лабораторной посудой.

Цель занятия:

- сформировать знания о процессах образования и растворения осадков;
- выработать умения ведения расчетов по образованию осадков и их растворимости.

Задание

При подготовке к лабораторной работе:

- напишите ответы на контрольные вопросы;
- выполните расчеты: обоснуйте образование осадков к опытам и заполните формы.

На практическом занятии:

- выполните три лабораторных опыта: получите осадки, наблюдайте за их поведением, запишите свои наблюдения в заготовку отчета;
- запишите общий вывод к работе.

Методические указания к выполнению работы

Опыт 1. Получение и свойства нерастворимой соли

Ход опыта

В пробирку налейте 1 мл 0,01 М раствора CaCl_2 и добавьте 1 мл 0,01 М раствора $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$.

Обоснуйте расчетом образование осадка.

1. Напишите уравнения реакции взаимодействия растворов CaCl_2 и $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ в молекулярном и ионном виде.

2. Напишите уравнение гетерогенного равновесия в системе.

3. Выразите произведение концентраций (ПК) для осадка CaC_2O_4 .

4. Рассчитайте ПК для CaC_2O_4 , если:

$$V(\text{CaCl}_2) = V(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4);$$

$$C(\text{CaCl}_2) = C(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 0,01 \text{ моль/л};$$

$$\text{ПР}(\text{CaC}_2\text{O}_4) = 2,6 \cdot 10^{-9}.$$

5. Сравните ПК и ПР (во сколько раз ПК больше ПР). Сделайте вывод об образовании осадка.

Исследуемый раствор разделите на две пробирки.

В первую пробирку прибавьте 2 мл раствора HCl , а во вторую — 2 мл раствора CH_3COOH .

Наблюдайте поведение осадков. Подчеркните правильный вариант: произошло или не произошло образование осадка? Если осадок выпал, отметьте, какого он цвета.

Ход опыта	Наблюдаемые изменения
Сливание растворов CaCl_2 и $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$	Произошло / не произошло образование осадка
Добавление в первую пробирку HCl	Произошло / не произошло растворение осадка
Добавление во вторую пробирку CH_3COOH	Произошло / не произошло растворение осадка

Рассчитайте $K_{\text{совм. равн}}$. Укажите причину растворения или не растворения осадка.

1. При добавлении HCl $\alpha(\text{HCl}) = 100\%$, $\alpha(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 100\%$:

- схема поведения осадка:
 - ✓ напишите уравнение гетерогенного равновесия для осадка;
 - ✓ под ним уравнение диссоциации электролита;
- рассчитайте $K_{\text{совм. равн}}$, сравните с 1;
- укажите ион, который является объектом конкуренции.

2. При добавлении CH_3COOH — $\alpha(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 31\%$, $\alpha(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,3\%$:

- схема поведения осадка:
 - ✓ напишите уравнение гетерогенного равновесия для осадка;
 - ✓ под ним уравнение диссоциации электролита;
- рассчитайте $K_{\text{совм. равн}}$, сравните с 1;
- укажите ион, который является объектом конкуренции.

Опыт 2. Получение и свойства осадка сульфата бария

Ход опыта

В пробирку налейте 1 мл 0,1 М раствора Na_2SO_4 и добавьте 1 мл 0,1 М раствора BaCl_2 .

Обоснуйте расчетом образование осадка.

1. Напишите уравнения реакции взаимодействия растворов BaCl_2 и Na_2SO_4 в молекулярном и ионном виде.

2. Напишите уравнение гетерогенного равновесия в системе.

3. Выразите ПК для BaSO_4 .

4. Рассчитайте ПК для BaSO_4 , если:

- $V(\text{BaCl}_2) = V(\text{NaSO}_4)$;
- $C(\text{BaCl}_2) = C(\text{NaSO}_4) = 0,1$ моль/л;
- $\text{ПР}(\text{BaSO}_4) = 1,1 \cdot 10^{-10}$.

5. Сравните ПК и ПР (во сколько раз ПК больше ПР). Сделайте вывод об образовании осадка.

Исследуемый раствор разделите на две пробирки.

В первую пробирку прибавьте 2 мл раствора HNO_3 , а во вторую — 2 мл раствора NaOH .

Запишите наблюдаемые изменения в форму. Подчеркните правильный вариант: произошло или не произошло образование осадка? Если осадок выпал, отметьте, какого он цвета.

Ход опыта	Наблюдаемые изменения
Сливание растворов BaSO_4 и Na_2SO_4	Произошло / не произошло образование осадка
Добавление в первую пробирку HNO_3	Произошло / не произошло растворение осадка
Добавление во вторую пробирку NaOH	Произошло / не произошло растворение осадка

Укажите причину растворения или не растворения осадка.

1. При добавлении HNO_3 . Схема поведения осадка:

- напишите уравнение гетерогенного равновесия для осадка;
- под ним уравнение диссоциации электролита.

2. При добавлении NaOH . Схема поведения осадка:

- напишите уравнение гетерогенного равновесия для осадка;
- под ним уравнение диссоциации электролита.

Опыт 3. Получение и свойства PbCl_2

Ход опыта

В пробирку налейте 0,6 мл 0,1 М раствора $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$ и прибавьте 0,4 мл 0,2 М раствора NaCl .

К образовавшемуся осадку прибавьте 1 мл 0,1 М раствора KI и перемешайте.

Запишите наблюдаемые изменения в форму. Укажите цвет осадка, образованного при сливании растворов $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$ и NaCl . Подчеркните правильный вариант: произошло или не произошло образование осадка при добавлении в пробирку KI ? Если новый осадок выпал, отметьте, какого он цвета.

Ход опыта	Наблюдаемые изменения
Сливание растворов $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$ и NaCl	
Добавление в пробирку KI	Произошло / не произошло растворение осадка.

Обоснуйте расчетом образование осадка.

1. Напишите уравнения реакции взаимодействия растворов $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$ и NaCl в молекулярном и ионном виде.

2. Напишите уравнение гетерогенного равновесия в системе.

3. Выразите ПК для осадка PbCl_2 .

4. Рассчитайте ПК для осадка PbCl_2 :

$V(\text{NaCl}) = 0,4$ мл;

$V((\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}) = 0,6$ мл;

$C(\text{NaCl}) = 0,2$ М;

$C((\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}) = 0,1$ М;

$\text{ПР}(\text{PbCl}_2) = 2,4 \cdot 10^{-4}$.

5. Сравните ПК и ПР (во сколько раз ПК больше ПР). Сделайте вывод об образовании осадка.

При добавлении KI:

- напишите уравнение гетерогенного равновесия для осадка, под ним — уравнение диссоциации электролита;
- рассчитайте $K_{\text{совм. равн}}$, сравните с 1;
- укажите ион, который является объектом конкуренции.

Общие выводы по работе

Контрольные вопросы

1. Оцените возможность применения теории ПР для данных соединений.

Название вещества. Формула	Применимость теории ПР	Уравнение гетерогенного равновесия. Выражение ПР. Выражение ПК
HNO_3		
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$		
$\text{Fe}(\text{OH})_2$ (III)		
KI		

2. Классифицируйте растворы с точки зрения теории ПР.

Раствор	Сравнение ПР и ПК	Условие образования осадка (да/нет)
Насыщенный		
Ненасыщенный		
Пересыщенный		

3. Заполните форму по расчету растворимости осадков в зависимости от их состава.

Название. Формула вещества	Выражение ПР через S (моль/л)	Выражение S (моль/л) через ПР
SrSO_4		

Название. Формула вещества	Выражение ПР через S (моль/л)	Выражение S (моль/л) через ПР
$\text{Cr}(\text{OH})_3$		
$\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$		

Лабораторная работа 4. Карбоновые кислоты, гидрокси-, ОКСОКИСЛОТЫ

Карбоновые кислоты — органические соединения, содержащие одну или несколько карбоксильных групп $-\text{COOH}$. В живых организмах обнаружены карбоновые кислоты алифатического (высшие жирные кислоты), ароматического (бензойная, коричная, салициловая) и гетероциклического (индолилуксусная, никотиновая) рядов. По числу карбоксильных групп различают монокарбоновые (высшие жирные кислоты), дикарбоновые (малоновая, фумаровая, щавелевая, янтарная), трикарбоновые (изолимонная, лимонная) и поликарбоновые кислоты.

Карбоновые кислоты могут быть насыщенными (предельными) и ненасыщенными (непредельными). Карбоновые кислоты играют важную роль в обмене веществ, являясь продуктами превращения углеводов, белков, жиров и других соединений. При физиологических значениях pH в клетках карбоновые кислоты находятся в основном в виде солей. В большом количестве в организмах встречаются эфиры карбоновых кислот (липиды, ацетилхолин и др.). Важное место в обмене веществ занимают активированные производные карбоновых кислот, например, тиюэфиры карбоновых кислот с коферментом А (ацил-КоА). К другим производным карбоновых кислот относятся гидроксикислоты (молочная, лимонная и др.), имеющие одну или несколько гидроксильных групп ($-\text{OH}$), оксокислоты, содержащие карбонильную группу $-\text{C}=\text{O}$ (α -кетоглутаровая, пировиноградная, щавелево-

уксусная), аминокислоты, амиды карбоновых кислот (никотинамид, глутамин, аспарагин) [1].

По теме занятия студент должен:

знать:

- систематические и тривиальные названия, структурные формулы гидрокси- и оксокислот, наиболее важных для понимания метаболических процессов в организме;
- возможности их реакционной способности и направления химических реакций;
- важнейшие химические реакции гидрокси- и оксокислот *in vitro* (поведение при нагревании) и *in vivo* (участие в химических реакциях цикла Кребса);
- виды изомерии, характерные для гидрокси- (оптическая) и оксокислот (кето-енольная таутомерия);

уметь:

- составлять пары: «название — формула» и «формула — название» для гидрокси- и оксокислот;
- сравнивать кислотные свойства гидрокси- и оксокислот; записывать формулы энантиомеров гидроксикислот (в виде проекций Фишера) и таутомерные формы оксокислот;
- владеть навыками проведения качественных реакций для определения гидрокси- и оксокислот в биологических жидкостях человека.

Цель занятия — сформировать:

- знания о реакционной способности и биологической роли карбоновых кислот, гидрокси- и оксокислот;
- умения прогнозировать химические свойства, исходя из строения карбоновых кислот, осуществлять качественные реакции на обнаружение молочной и щавелевой кислот.

Задание

При подготовке к лабораторной работе:

- напишите ответы на контрольные вопросы;
- заполните форму;
- напишите уравнение реакции к опыту 2, используя структурные формулы оксалатов Ca^{2+} и Na^{1+} .

На практическом занятии:

- выполните два лабораторных опыта: запишите свои наблюдения в отчет;
- запишите общий вывод к работе.

Методические указания к выполнению работы

Опыт 1. Качественная реакция на МК с FeCl_3

Ход работы

В две пробирки налейте по 0,5 мл раствора FeCl_3 и добавьте такое же количество фенола; появляется характерное окрашивание.

В одну пробирку прибавьте 0,5 мл МК, в другую для сравнения — CH_3COOH . Отметьте изменение окраски растворов, результаты наблюдений запишите в форму.

Опыт	Уравнение реакции. Наблюдаемые явления
Фенол + FeCl_3	
МК + комплекс железа с фенолом	
CH_3COOH + комплекс железа с фенолом	

Сравните кислотные свойства фенола, МК, CH_3COOH (pK_a). Покажите влияние различных факторов на кислотные свойства данных соединений ($\pm I$, $\pm M$).

Опыт 2. Открытие щавелевой кислоты в виде кальциевой соли

В пробирку налейте 1 мл раствора $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$, затем добавьте в раствор 0,5 мл раствора CaCl_2 . Происходит выпадение осадка _____ цвета.

Запишите уравнение реакции образования CaC_2O_4 , используя структурные формулы органических веществ:

Общие выводы по работе

Контрольные вопросы

1. Заполните форму по классификации карбоновых кислот.

Тривиальное название кислоты. Систематическое название	Формула кислоты	Классификация
Фумаровая		
Молочная		
Лимонная		
Щавелевоуксусная		
Яблочная		
Янтарная		

2. Сравните кислотные свойства кислот. Распределите карбоновые кислоты по убыванию кислотных свойств. Дайте пояснения. Напишите структурные формулы.

Название карбоновых кислот. Величины pK_a	Кислотные свойства и формулы
Малоновая	
Щавелевая	
Янтарная	
Бутановая	
Кротоновая	
Фумаровая	

Название карбоновых кислот. Величины рКа	Кислотные свойства и формулы
Молочная	
ПВК	
Пропановая	

3. Напишите название и формулу вещества X в уравнении реакций.

Схема реакции	Напишите реакцию, укажите условия, назовите вещества X
Малоновая кислота $\rightarrow$ X + CO ₂	
Малеиновая кислота $\rightarrow$ X + H ₂ O	

4. Даны названия типов реакций и условия их протекания:

- карбоксилирование, В₆;
- декарбоксилирование, В₆;
- гидрирование, ФАД;
- дегидрирование, ФАД;
- окисление, НАД⁺;
- восстановление, НАД⁺;
- окисление, НАДН + Н⁺;
- восстановление, НАДН + Н⁺;

- гидратация, фермент;
- дегидратация, фермент;
- гидрирование ФАДН₂;
- дегидрирование ФАДН₂.

Напишите уравнения реакций и установите соответствие между схемой реакции и ее типом.

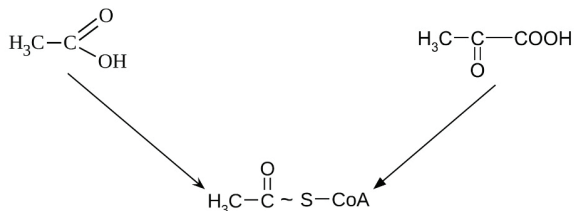
Схема реакции	Уравнение реакции	Название типа реакции. Условия протекания
2-бутеновая кислота → β-гидроксимасляная кислота		
β-гидроксимасляная кислота → акридонуксусная кислота		
Янтарная кислота → фумаровая кислота		
Яблочная кислота → щавелевоуксусная кислота		

5. Запишите формулы и дайте названия изомеров для каждого случая изомерии.

Вид изомерии	Вещество	Формулы и названия изомеров (тривиально)	
		Изомер 1	Изомер 2
Кето- енольная таутомерия	Пировиноградная кислота		
Цис-транс изомерия	Бутендиовая кислота		

Вид изомерии	Вещество	Формулы и названия изомеров (тривиально)	
		Изомер 1	Изомер 2
Оптическая изомерия (проекция Фишера)	МК		
	Яблочная кислота		

6. Осуществите превращения, укажите условия, назовите все вещества, покажите макроэнергические связи.



Лабораторная работа 5.

Аминокислоты. Белки

Аминокислоты — органические соединения, содержащие в молекулах не менее одной карбоксильной группы и не менее одной аминогруппы, очень разнообразные по происхождению, строению и физико-химическим свойствам.

Аминокислоты подразделяются на незаменимые (валин, лейцин, изолейцин, треонин, метионин, фенилаланин, триптофан, лизин), частично заменимые (незаменимые у детей; аргинин и гистидин) и заменимые (аланин, аспарагин, аспарагиновая кислота, глицин, глутамин, глутаминовая кислота, пролин, серин, тирозин, цистеин). Заменимые аминокислоты синтезируются в организме человека из безазотистых продуктов обмена веществ и аминокислот, в том числе незаменимых. Незаменимые аминокислоты не синтезируются в организме человека, но они необходимы для нормальной жизнедеятельности и должны поступать в организм с пищей.

Белки являются одними из четырех основных групп органических веществ живой материи (белки, липиды, нуклеиновые кислоты, углеводы), но по своему значению и биологическим функциям они занимают среди биоорганических соединений особое место.

Белки (протеины, полипептиды) имеют сложное строение и являются наиболее разнообразными по составу, строению, свойствам, функциям из биоорганических веществ. Белки — обязательная составная часть всех живых клеток, это биополимеры

сложного строения, макромолекулы которых состоят из остатков аминокислот, соединенных между собой амидной (пептидной) связью. Химическую структуру пептидных цепей принято называть первичной структурой белка. Для построения пространственной структуры белка пептидные цепи должны принять определенную, свойственную данному белку конфигурацию, которая закрепляется водородными связями, возникающими между пептидными группами разных участков молекулярной цепи. По мере образования водородных связей пептидные цепи закручиваются в спирали, стремясь к образованию максимального числа водородных связей и, соответственно, энергетически наиболее выгодной конфигурации. Пространственная структура закреплена вследствие взаимодействия радикалов аминокислот с образованием дисульфидных мостиков, водородных связей, ионных пар или других химических связей и ван-дер-ваальсовых взаимодействий. Именно пространственная структура белка определяет химические и биологические свойства белков. Вещества белковой природы (состоящие из остатков менее 100 аминокислот, соединенных между собой пептидными связями), имеющие относительно меньшую молекулярную массу, называются пептидами. Четкой границы между белками и пептидами не существует [1].

По теме занятия студент должен:

знать:

- классификацию, номенклатуру, особенности химического строения 20 природных аминокислот, входящих в состав белков;
- стереоизомерию, химические свойства аминокислот *in vitro* (поведение при нагревании, амфотерность, положение изоэлектрической точки, реакции комплексообразования) и *in vivo* (реакции образования пептидов, переаминирования с α -кетокислотами, деаминарования, декарбоксилирования);
- понятия «пептид», «белок», классификацию белков (по составу, биологическим функциям), их физико-химические свойства;

- кислотно-основные свойства белков, классификацию белков по кислотно-основным центрам;
- особенности строения первичной, вторичной, третичной и четвертичной структур белка, стабилизирующие их связи, роль в обеспечении биологических функций белков;

уметь:

- прогнозировать значение изоэлектрической точки и заряд аминокислоты в водном растворе в зависимости от природы аминокислоты и величины рН ее раствора;
- составлять названия и структурные формулы ди- и трипептидов;
- определять заряд нейтральных, кислых и основных белков в растворах при рН = 3; 7 и 11, значение их изоэлектрических точек;
- определять характер взаимодействия (гидрофильное, гидрофобное, ионное, ковалентное взаимодействие; образование водородных связей) радикалов аминокислот на поверхности белковой глобулы;

владеть навыками проведения качественных реакций на обнаружение белка в биологических жидкостях (биуретовая и ксантопротеиновая реакции).

Цель занятия — сформировать знания:

- о стереохимическом строении и реакционной способности аминокислот как гетерофункциональных соединений, являющихся структурными компонентами пептидов и белков;
- о пространственной организации пептидов и белков во взаимосвязи с их биологическими функциями;
- выработать умения проводить качественные реакции на белки.

Задание

При подготовке к лабораторной работе:

- запишите уравнения соответствующих реакций, напишите ответы на контрольные вопросы;
- заполните форму к опыту 3 по электрофорезу раствора нейтрального белка.

На практическом занятии:

- выполните два лабораторных опыта, запишите свои наблюдения в заготовку отчета.
- запишите общий вывод к работе.

Методические указания к выполнению работы

Опыт 1. Биуретовая реакция на пептидную связь

Ход опыта

В пробирку налейте 1–2 мл раствора NaOH, добавьте несколько капель раствора CuSO_4 . Образуется осадок $\text{Cu}(\text{OH})_2$ _____ цвета.

Добавьте 1–2 мл раствора яичного белка, перемешайте встряхиванием до растворения осадка и образования прозрачного раствора _____ цвета.

Запишите уравнение реакции образования комплексного соединения (хелатного комплекса) биурета с ионами Cu^{2+} .

Укажите причину, по которой все белки дают биуретовую реакцию.

Опыт 2. Ксантопротеиновая реакция

Ход опыта

В пробирку налейте 1–2 мл раствора яичного белка и 0,5 мл концентрированной HNO_3 . Наблюдайте изменения: раствор белка становится _____ по причине _____.

Осторожно нагревайте пробирку, все время встряхивая ее. Раствор белка становится _____ цвета. Охладите пробирку и добавьте 1–2 мл раствора NaOH . Раствор становится _____ цвета.

Ксантопротеиновая реакция позволяет установить наличие в белке ароматических аминокислот. Перечислите аминокислоты, для которых характерна ксантопротеиновая реакция.

Напишите схему реакции взаимодействия тирозина с HNO_3 .

Напишите схему реакции взаимодействия NaOH с нитропроизводным тирозина.

Опыт 3. Определение изоэлектрической точки (pI) белка методом электрофореза (теоретически)

Ход опыта

В три U-образные трубки пипеткой налейте по 10 мл буферных растворов с pH, равным 11; 7; 3, и осторожно по 1 мл 0,4 %-го раствора нейтрального белка с $pI = 6,8$.

Потом с помощью тонкого капилляра по стенке трубки добавьте дистиллированную воду (сохраните резкую границу раздела белка и воды). В воду погрузите два графитовых электрода и включите постоянный ток. Через 20–30 минут отметьте осаждение белка.

рН растворов	3	7	11
Электрод, к которому будет двигаться белок			
Схематичное строение частиц нейтрального белка			
Заряд белка (+), (–), (0)			

Опишите механизм электрофореза белков.

Укажите причину наименьшей подвижности белка в электрическом поле при $pH = pI$.

Общие выводы по работе

Контрольные вопросы

1. Заполните таблицу по классификации аминокислот.

Обозначение аминокислоты	Структурная формула, название по современной номенклатуре	Классификационные признаки
Лиз		
Асп		
Глу		
Цис		
Сер		

2. Изобразите проекционные формулы Фишера D- и L-энантиомеров. Укажите, какой изомер входит в состав белков.

Аминокислоты	Энантиомеры	
	D-	L-
Фенилаланин		
Метионин		

3. Напишите схемы реакций декарбоксилирования. Укажите необходимый кофермент. Назовите полученные биогенные амины.

Аминокислоты	Уравнение реакции. Кофермент. Биогенные амины
L-серин	
L-глутаминовая кислота	
L-гистидин	

4. Напишите название и формулу вещества X в схеме реакций. Укажите тип реакции.

Схема реакции. Тип реакции	Реакция, ее условия. Название вещества X
Ала + щавелевоуксусная кислота → пировиноградная кислота + X	
Ала + α-КТ → пировиноградная кислота + X	

5. Приведите уравнения реакции образования ди- и трипептидов. Выделите пептидные связи.

Дипептид	Реакция образования дипептида
Ала-Мет	
Сер-Фен	
Асп-Про-Арг	

Лабораторная работа 6. Углеводы. Моносахариды

Углеводы наряду с белками и липидами являются важнейшими химическими соединениями, входящими в состав живых организмов. У человека и животных углеводы выполняют следующие функции:

- энергетическую (главный вид клеточного топлива);
- структурную (обязательный компонент большинства внутриклеточных структур);
- защитную (участие углеводных компонентов иммуноглобулинов в поддержании иммунитета);
- рецепторную (олигосахаридные фрагменты гликопротеинов) и другие.

Углеводы (рибоза, дезоксирибоза) используются для синтеза нуклеиновых кислот, они являются составными компонентами нуклеотидных коферментов, играющих исключительно важную роль в метаболизме живых существ.

В последнее время все большее внимание к себе привлекают смешанные биополимеры, содержащие углеводы: гликопротеины, гликолипиды и липополисахариды, гликолипопротеины и т. д.

С нарушением обмена углеводов тесно связан ряд заболеваний: сахарный диабет, галактоземия, гликогеновые болезни, непереносимость молока и др.

Следует отметить, что в организме человека и животного углеводы присутствуют в меньшем количестве (не более 5 % от сухой массы тела), чем белки и липиды. У растений за счет целлюлозы на долю углеводов приходится до 80 % от сухой массы, поэтому

в целом в биосфере углеводов больше, чем всех других органических соединений вместе взятых [1].

По теме занятия студент должен:

знать:

- классификацию и номенклатуру представителей углеводов — моносахаридов;
- особенности строения и виды изомерии (оптическая изомерия, кольчато-цепная (цикло-оксо) таутомерия), присущие моносахаридам — альдопентозам, кетопентозам, альдогексозам, кетогексозам;
- химические свойства и биологическое значение важнейших моносахаридов, связь между их строением и свойствами;
- применение моносахаридов и их производных (в форме гликозидов, фосфорных эфиров, солей) в медицине;
- строение, свойства, биологическое значение аскорбиновой кислоты (витамина С);

уметь:

- записывать структурные формулы важнейших моносахаридов в ациклических (проекциях Фишера) и циклических (проекциях Хеуорса) формах;
- составлять уравнения реакций, подтверждающих главные химические свойства моносахаридов (реакции «окисление — восстановление», «изомеризация — эпимеризация», образования и гидролиза гликозидов, фосфорных эфиров);
- составлять уравнения качественных реакций, подтверждающих наличие альдегидной группы и гидроксогрупп в составе моносахаридов;
- владеть навыками проведения качественных реакций для подтверждения строения важнейших моносахаридов (альдоз и кетоз).

Цель занятия — сформировать знания о структурном и пространственном строении важнейших моносахаридов, их химических свойствах как основу для понимания метаболических превращений моносахаридов в организме человека.

Задание

При подготовке к лабораторной работе:

- запишите соответствующие уравнения реакции в выводах к опытам;
- ответьте на контрольные вопросы.

На практическом занятии:

- выполните лабораторные опыты, запишите свои наблюдения в отчет;
- напишите общий вывод к работе.

Методические указания к выполнению работы

Опыт 1. Доказательство наличия гидроксильных групп в глюкозе

Ход опыта

Поместите в пробирку 5 капель 10%-го раствора NaOH и 2–5 капель 0,5%-го раствора глюкозы. К полученной смеси добавьте 2–5 капель 2%-го раствора CuSO_4 ; выпадает осадок $\text{Cu}(\text{OH})_2$ _____ цвета, который быстро растворяется при перемешивании. При этом образуется раствор _____ цвета.

Напишите схему реакции образования комплексной соли иона Cu^{2+} с глюкозой (или с ее диольным фрагментом).

Опыт 2. Доказательство наличия альдегидной группы в глюкозе

Ход опыта

Поместите в пробирку 1 мл раствора Фелинга и добавьте 1 мл 0,5 %-го раствора глюкозы. Держа пробирку наклонно, осторожно нагрейте только верхнюю часть раствора до кипения. Наблюдайте образование осадка Cu_2O _____ цвета.

Напишите схему реакции взаимодействия глюкозы с реактивом Фелинга, укажите условия протекания реакции, назовите продукты реакции.

Это окислительно-восстановительная реакция, в которой окислителем является _____, а в качестве восстановителя выступает _____.

Опыт 3. Взаимодействие фруктозы с реактивом Фелинга

Ход опыта

Поместите в пробирку 1 мл раствора Фелинга и добавьте 1 мл 0,5 %-го раствора фруктозы. Держа пробирку наклонно, осторожно нагрейте только верхнюю часть раствора до кипения. Наблюдайте образование осадка Cu_2O _____ цвета.

Напишите схему реакции изомеризации фруктозы в щелочном растворе, назовите промежуточную форму и образующиеся моносахариды.

Поясните, почему фруктоза взаимодействует с реактивом Фелинга.

Выберите правильный вариант ответа:

Фруктозу и глюкозу **можно** / **нельзя** отличить с помощью реактива Фелинга.

Опыт 4. Реакция Селиванова на фруктозу

Ход опыта

Поместите в пробирку 1 мл реактива Селиванова — смесь резорцина и концентрированной HCl . Добавьте 1 мл 0,5%-го раствора фруктозы и нагрейте до начала кипения. Постепенно жидкость приобретает _____ окрашивание. Реакция обусловлена отщеплением трех молекул воды от молекулы фруктозы с образованием нестойкого соединения — 5-гидроксиметилфурфуrolа.

Напишите соответствующее уравнение реакции.

Под влиянием концентрированной соляной кислоты 5-гидроксиметилфурфурол конденсируется с резорцином, давая окрашенное соединение.

Напишите соответствующее уравнение реакции.

Общие выводы по работе

Контрольные вопросы

1. Назовите и классифицируйте в соответствии с природой карбонильной группы и длиной углеродной цепи.

Формула	$ \begin{array}{c} \text{CHO} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{HO} - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{HO} - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{CHO} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{HO} - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\ \\ \text{C} = \text{O} \\ \\ \text{HO} - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} $
Название			
Конфигурация хиральных центров			
Классификационные признаки			

2. Изобразите структурные формулы циклических таутомеров моносахаридов.

α -D-глюкопираноза	β -D-фруктофураноза	β -D-рибофураноза

β -D-галактопираноза	α -D-глюкофураноза	2-дезоксиг- D-рибофураноза

3. Дополните утверждение.

Моносахарид _____ с конфигурациями хиральных центров α реагирует с метанолом в присутствии безводного HCl с образованием двух аномеров соединения _____, а при восстановлении образует два спирта: _____ и _____.

4. Напишите уравнения реакций образования:

1) манноновой кислоты из маннозы;

2) галактаровой кислоты из галактозы;

3) 6-фосфата- α -D-глюкопиранозы из глюкозы в виде проекций Хеуорса.

Лабораторная работа 7. Углеводы. Ди- и полисахариды

Многие дисахариды — сахара, молекулы которых построены из двух остатков моносахаридов, связанных гликозидной связью являются важнейшими пищевыми веществами для человека (сахароза, лактоза, мальтоза, изомальтоза, трегалоза и др.), а также входят в состав лечебных средств (лактоза, мальтоза, сахароза).

Полисахариды (гликаны) — высокомолекулярные углеводы-сахара, молекулы которых построены из большого количества моносахаридных остатков, связанных гликозидными связями и образующих неразветвленные (линейные) или разветвленные цепи с молекулярной массой от нескольких тысяч до нескольких миллионов. Гликоген у человека и животных, крахмал, инулин у растений — запасющиеся углеводные вещества — энергетический резерв живых организмов. Целлюлоза и гемицеллюлозы клеточной стенки растений, хитин беспозвоночных и грибов — опорные структурные полисахариды. Гетерополисахариды (гликозаминогликаны — гиалуроновая кислота, хондроитинсульфаты, дерматансульфаты, кератансульфаты и др.) — важнейшие структурные полисахариды всех типов соединительной ткани человека и животных. Гепарансульфаты входят в состав базальных мембран и поверхностных антигенов всех клеток человека и животных, гепарин — противосвертывающее вещество (антикоагулянт) крови. Липополисахариды бактерий и разнообразные гликопротеины поверхности животных клеток обеспечивают

специфичность межклеточного взаимодействия и иммунологических реакций. Практически все известные природные полисахариды и их многочисленные синтетические производные нашли применение в медицине как лечебные средства (гепарин, гиалуроновая кислота, хондроитинсульфаты, частично гидролизованные декстраны и др.) или вспомогательные вещества (крахмал, циклодекстрины, агар, пектины, хитин, хитозан, целлюлоза и ее эфиры и др.). Инулин применяется в клинической диагностике функционального состояния почек [1].

По теме занятия студент должен:

знать:

- классификацию, номенклатуру, строение, химические свойства, биологическое значение дисахаридов (лактоза, сахароза, мальтоза, целлобиоза);
- классификацию, строение, химические свойства и биологическое значение гомополисахаридов (крахмал, гликоген, декстраны, целлюлоза) и гетерополисахаридов — гликозаминогликанов (гиалуроновая кислота, хондроитинсульфаты, гепарин);
- применение ди- и полисахаридов в медицине;

уметь:

- записывать структурные формулы важнейших дисахаридов (лактоза, сахароза, мальтоза, целлобиоза);
- составлять уравнения реакций, подтверждающих химические свойства дисахаридов;
- записывать структурные формулы полисахаридов: фракций крахмала (амилозы и амилопектина), целлюлозы, дисахаридных фрагментов гликозаминогликанов: гиалуроновой кислоты, хондроитинсульфатов;

Владеть навыками проведения качественных реакций, подтверждающих строение важнейших ди- и полисахаридов (сахарозы, лактозы, крахмала).

Цель занятия — сформировать знания о химическом строении и основных химических свойствах дисахаридов, гомо- и гетерополисахаридов во взаимосвязи с их биологическими функциями.

Задание

При подготовке к лабораторной работе:

- запишите соответствующие уравнения реакций в выводах к опытам;
- ответьте на контрольные вопросы.

На практическом занятии:

- выполните лабораторные опыты, запишите свои наблюдения в отчет;
- напишите общий вывод к работе.

Методические указания к выполнению работы

Опыт 1. Отсутствие восстановительной способности у сахарозы

Ход опыта

В пробирку поместите 10 капель раствора сахарозы и 3 капли реактива Фелинга. Осторожно нагрейте пробирку над пламенем спиртовки. Наблюдайте, что изменение окраски раствора не происходит. Изобразите структурную формулу сахарозы и напишите, почему не протекает данная химическая реакция.

Опыт 2. Обнаружение продуктов гидролиза сахарозы

Ход опыта

Поместите в одну пробирку 2 мл 5%-го раствора сахарозы, 10 капель CH_3COOH . Нагрейте над пламенем спиртовки в течение 1 минуты. Держите пробирку под наклоном и все время встряхивайте ее так, чтобы раствор не выбросило.

Напишите уравнение гидролиза сахарозы, укажите условия и назовите продукты реакции.

Полученный раствор разделите на две равные части.

В первую пробирку добавьте 6 капель 2 н NaOH и 4–5 капель воды. NaOH берется в избытке, чтобы нейтрализовать кислоту, взятую для гидролиза, а также создания щелочной среды. Затем добавьте 3 капли реактива Фелинга и нагрейте верхнюю часть синего раствора до кипения. Наблюдайте образование осадка _____ цвета.

Напишите соответствующее уравнение реакции, укажите условия и назовите продукты реакции.

Во вторую пробирку добавьте 1 мл реактива Селиванова, нагрейте до кипения. Наблюдайте образование раствора _____ цвета.

Напишите соответствующее уравнение реакции, укажите условия и назовите продукты реакции.

Опыт 3. Качественная реакция сахарозы с $\text{Cu}(\text{OH})_2$

Ход опыта

В пробирку налейте 1 мл раствора CuSO_4 и добавьте несколько капель раствора NaOH до образования осадка $\text{Cu}(\text{OH})_2$ _____ цвета. Добавьте в эту пробирку 1 мл раствора сахарозы, перемешайте. Наблюдайте растворение осадка и образование раствора _____ цвета.

Эта качественная реакция подтверждает наличие в составе сахарозы следующих функциональных групп — _____.

Напишите соответствующее уравнение реакции.

Опыт 4. Обнаружение лактозы в молоке

Ход опыта

В пробирку налейте 2–3 мл сыворотки молока, добавьте 5–10 капель раствора NaOH и 1–2 мл реактива Фелинга.

Осторожно нагрейте верхнюю часть раствора в пробирке над пламенем спиртовки. Наблюдайте образование осадка _____ цвета. Углеводным компонентом сыворотки молока является дисахарид _____. Он состоит из двух моносахаридов: _____ и _____.

Напишите, почему возможно протекание реакции окисления данного дисахарида реактивом Фелинга.

Напишите уравнение соответствующей реакции, укажите условия и назовите продукты реакции.

Опыт 5. Качественная реакция на крахмал

Ход опыта

В пробирку налейте 1–2 мл коллоидного раствора крахмала и 1–2 капли раствора йода в KI. Наблюдайте окрашивание раствора в _____ цвет (йодкрахмальная реакция).

Нагрейте пробирку; при этом происходит _____
_____ раствора. При охлаждении пробирки
под струей воды происходит _____ раствора
по следующей причине _____.

Крахмал состоит из полисахаридов двух типов: _____
_____ и _____. Окраску
раствора крахмала с йодом обеспечивает полисахарид _____.

Изобразите схему реакции образования комплексного соеди-
нения йода с крахмалом.

Общие выводы по работе

Контрольные вопросы

1. Дополните утверждения:

Дисахарид — _____ — при гидролизе дает моносахарид — _____, который можно восстановить с образованием одного шестиатомного спирта _____ (заменитель сахара для больных сахарным диабетом).

При окислении этого дисахарида реактивом Фелинга образуется вещество — _____.

2. Заполните форму. Напишите формулу дисахарида и укажите тип гликозидной связи (в первом столбце).

Дисахарид	Формулы продуктов гидролиза	Способность к окислению (восстанавливающий/невосстанавливающий)
Мальтоза		
Целлобиоза		

Дисахарид	Формулы продуктов гидролиза	Способность к окислению (восстанавливающий/невосстанавливающий)
Трегаллоза		

3. Выберите правильные варианты описания.

Амилопектин — это _____, моносахаридные остатки связаны _____ гликозидными связями.

Гиалурионовая кислота — это _____ и _____, моносахаридные остатки связаны _____ гликозидными связями внутри дисахаридного фрагмента и _____ гликозидными связями между дисахаридными фрагментами.

Варианты ответа:

- 1) неразветвленный;
- 2) разветвленный;
- 3) гомополисахарид;
- 4) гетерополисахарид;
- 5) α -D-глюкопиранозы;
- 6) β -D-глюкопиранозы;
- 7) β -D-глюкуроновой кислоты;
- 8) α -D-фруктофуранозы;
- 9) β -D-рибопиранозы;
- 10) N-ацетил- β -D-глюкозамина;
- 11) N-ацетил- β -D-галактозамина;
- 12) α - (1 $\rightarrow$ 4);

13) β - (1 $\rightarrow$ 4);

14) α - (1 $\rightarrow$ 3);

15) α - (1 $\rightarrow$ 2);

16) α - (1 $\rightarrow$ 6);

17) β - (1 $\rightarrow$ 3).

4. Заполните форму.

Название гомополисахарида. Тип гликозидной связи	Применение в медицине	Структурная формула элементарного звена
Амилоза		
Амилопектин и гликоген		
Целлюлоза		

5. Заполните форму.

Структурная формула дисахаридного фрагмента, применение в медицине	Описание структурного сходства	Описание структурного различия
Элементарное звено гиалуроновой кислоты:		
Элементарное звено хондроитин-4-сульфата:		

Часть II. Практикум вариативного курса

Лабораторная работа 1.

Приготовление растворов и определение их концентрации кондуктометрическим методом

Обозначения, используемые в лабораторной работе: m — масса, г; V — объем, мл; C — молярная концентрация, моль/л (М); I — ионная сила, моль/л; κ — электропроводность, мкСм/см; ω — массовая доля, %; ρ — плотность, г/мл; π — осмотическое давление, атм.

Кондуктометрия — физико-химический метод исследования, основанный на измерении электрической проводимости жидких сред. Электрическая проводимость растворов определяется концентрацией свободных ионов. Повышение электрической проводимости раствора указывает на увеличение концентрации в нем свободных ионов, уменьшение — на то, что их концентрация падает [10].

По теме занятия студент должен:

знать:

- основы теории электролитической диссоциации;
- понятия удельной и молярной κ ;
- основы кондуктометрического метода;
- типы химической посуды;

уметь оценивать точность метода градуировочного графика путем расчета ошибки и погрешности измерения;

владеть навыками измерения электрической проводимости и приготовления растворов.

Цель занятия:

- научиться пользоваться мерной посудой (мерные колбы, пипетки, бюретки), готовить растворы, определять концентрацию приготовленного раствора кондуктометрическим методом;
- оценить ошибку метода.

Задание

При подготовке к лабораторной работе:

- напишите ответы на контрольные вопросы;
- получите конкретное задание от преподавателя. Работа выполняется в группе по два человека;
- рассчитайте количество соли (NaCl), необходимое для приготовления раствора 1 (по номеру вашей группы) с заданной концентрацией;
- рассчитайте, сколько мл приготовленного раствора 1 понадобится для приготовления раствора 2 (по номеру вашей группы);
- рассчитайте для раствора 1 и раствора 2 (по номеру вашей группы) молярную концентрацию, ионную силу раствора, осмотическое давление.

На практическом занятии:

- приготовьте заданный раствор 1;
- часть приготовленного раствора используйте для приготовления разбавленного раствора 2;
- постройте градуировочный график зависимости электропроводности растворов 2 от концентрации;
- с помощью электропроводности физиологического раствора с концентрацией 0,9 % установите точность приготовления растворов и оцените ошибку метода;
- запишите общий вывод к работе.

Методические указания к выполнению работы

Опыт 1. Приготовление раствора № 1 и измерение α

1. Рассчитайте, используя данные из таблицы 1, сколько г NaCl (навеска) потребуется для приготовления раствора № 1 заданной концентрации:

$$m(\text{NaCl}) = \frac{V_1 \cdot \rho_1 \cdot \omega_1}{100 \%} =$$

Таблица 1

Данные для раствора № 1

№ группы	V_1 , мл (мерной колбы)	ω_1 , %	ρ_1 , г/мл	m (NaCl), г	α_1 раствора № 1, мкСм/см
1	100	1	1,0053		
2	100	2	1,0125		
3	50	3	1,0196		
4	50	4	1,0268		
5	50	5	1,0340		
6	50	6	1,0413		
7	50	7	1,0486		

Проверьте правильность расчетов у преподавателя.

2. Поставьте на весы пластиковый стакан, обнулите вес стакана и взвесьте навеску NaCl.

3. Добавьте в стакан немного дистиллированной воды. Перемешайте. Перенесите раствор в мерную колбу.

4. Долейте дистиллированную воду до метки.

Обратите внимание!

Чтобы точно довести V , используйте глазную пипетку.

Закройте мерную колбу пробкой и перемешайте (раствор № 1).

5. Предварительно промойте датчик кондуктометра дистиллированной водой до $\kappa = 3-4$ мкСм/см.

6. Наполовину заполните стеклянный пальчиковый стаканчик раствором № 1, опустите датчик кондуктометра и запишите показания прибора. Запишите данные по κ в таблицу 1.

Опыт 2. Приготовление раствора № 2 и измерение электропроводимости

Ход опыта

1. Рассчитайте, используя данные из таблицы 2, сколько мл приготовленного раствора № 1 понадобится для приготовления раствора № 2:

$$V_1 = \frac{V_2 \cdot \rho_2 \cdot \omega_2}{\rho_1 \cdot \omega_1} =$$

Таблица 2

Данные для раствора № 2

№ группы	V_2 , мл (мерной колбы)	ω_2 , %	ρ_2 , г/мл	V_1 , мл (взять мерной пипеткой)	κ_2 раствора № 2, мСм/см
1	100	0,1	1,0000		
2	100	0,3	1,0009		
3	50	0,5	1,0018		
4	50	0,7	1,0030		
5	50	0,9	1,0050		
6	50	1,1	1,0064		
7	50	1,2	1,0095		

Проверьте правильность расчетов у преподавателя.

2. Отмерьте с помощью мерной пипетки рассчитанный объем раствора № 1 и перелейте в мерную колбу.

3. Долейте дистиллированную воду до метки.

Обратите внимание!

Чтобы точно довести объем, используйте глазную пипетку.

Закройте мерную колбу пробкой и перемешайте (раствор 2).

4. Наполовину заполните стеклянный пальчиковый стаканчик раствором № 2, опустите датчик кондуктометра и запишите показания прибора.

Занесите данные по κ в таблицу 2.

5. Постройте градуировочный график « κ раствора № 2 — ω (2)».



**Опыт 3. Измерение κ физраствора NaCl
и определение ошибки метода**

Ход опыта

1. Заполните стеклянный пальчиковый стакан физраствором NaCl наполовину. Опустите датчик кондуктометра и измерьте κ . Запишите в тетрадь расчет κ физраствора:

$$\alpha_{\text{физ. р-р}} =$$

2. По градуировочному графику определите ω физраствора ($\omega_{\text{по гр. гр.}}$).

3. Оцените относительную ошибку определения:

$$\text{относ. ошибка} = \frac{|\omega_{\text{погр. гр.}} - 0,9\%|}{0,9\%} \cdot 100\% =$$

4. Рассчитайте C , I , π приготовленных растворов.

Расчет величин:

$$C_{\text{р-ра 1}}, \text{ моль/л} =$$

$$I_{\text{р-ра 1}}, \text{ моль/л} =$$

$$\pi_{\text{р-ра 1}}, \text{ атм} =$$

$$C_{\text{р-ра 2}}, \text{ моль/л} =$$

$$I_{\text{р-ра 2}}, \text{ моль/л} =$$

$$\pi_{\text{p-pa } 2}, \pi_{\text{atm}} =$$

[illegible]

Контрольные вопросы

1. Заполните форму по использованию растворов NaCl в медицине.

Раствор NaCl	Применение в медицине
изотонический	
гипотонический	
гипертонический	

2. Зарисуйте химическую посуду в форму. Опишите назначение посуды.

Название посуды	Рисунок посуды	Назначение
Мерная колба		
Колбы для титрования		
Градуйрованная (мерная) пипетка		

Название посуды	Рисунок посуды	Назначение
Мерный цилиндр		
Мерная пробирка		
Бюретка		
Химические стаканы		
Стеклянный пальчиковый стакан		
Воронка		
Сталагмометр		

3. Решите задачу.

Можно ли назначить пациенту 20 лет принимать по 2 столовых ложки (объемом 20 мл) препарата с концентрацией NaBr 0,5 %-го 3 раза в день?

Плотность растворов принимать равной 1 г/мл ($\rho = 1$ г/мл).

Дополнения (пояснения). Павлов и его ученики установили, что бромсодержащие препараты могут восстанавливать равновесие между процессами возбуждения и торможения, особенно при повышенной возбудимости нервной системы, поэтому применяют соли брома при неврозах, повышенной раздражительности, бессоннице.

Но необходимо учитывать, что передозировка препарата приводит к бромизму: насморку, кашлю, конъюнктивиту, общей вялости, ослаблению памяти, кожной сыпи.

Предельная суточная норма потребления: ребенок 5 лет — 0,25 г, ребенок 10 лет — 0,5 г, после 20 лет — 1 г.

Решение:

4. Решите задачу.

Для улучшения процесса засыпания взрослой особи серой крысы (весом 300 г) необходимо ввести 2 мг NaBr. Вычислите объем (в мл) 0,016 н раствора NaBr, который необходимо отобрать в шприц и ввести особи.

ρ растворов принимать равной 1 г/мл.

Решение:

Лабораторная работа 2.

Адсорбция на жидкой поверхности. Определение поверхностного натяжения растворов методом сталагмометрии

Обозначения, используемые в лабораторной работе: n — число капель; σ — поверхностное натяжение, эрг/см²; ρ — плотность, г/мл; C — молярная концентрация, моль/л (М); Γ — удельная адсорбция, моль/м².

Живые организмы представляют собой системы с очень развитыми поверхностями раздела: кожные покровы, поверхность стенок кровеносных сосудов, слизистые оболочки, клеточные мембраны, мембраны митохондрий и т. д. Многие жизненно важные биохимические процессы в организме человека протекают на поверхности биологических мембран. Поэтому для понимания их механизма необходимо знание закономерностей явления поверхностного натяжения. Поверхностное натяжение играет значительную роль в таких явлениях, как деление клеток, фагоцитоз, изменение проницаемости клеточных мембран и т. п.

Поверхностное натяжение у различных жидкостей колеблется в значительных пределах и зависит от природы жидкости и тем-

пературы. Растворение в жидкости какого-либо вещества приводит к повышению (в случае ПИАВ) или понижению (в случае ПАВ) поверхностного натяжения.

ПАВ, снижающие поверхностное натяжение воды ($72,75 \text{ эрг/см}^2$), получили большое применение при получении растворимых форм лекарственных веществ в качестве эмульгаторов и стабилизаторов, антисептиков в хирургии (влияют на проницаемость мембран и ферментативную активность микробов), моющих средств в быту и т.д. Свойство молекул ПАВ широко распространено в природе, по этому принципу устроены клеточные мембраны. Например, на процессы усвоения жиров в организме влияют соли желчных кислот, которые, обладая очень низким поверхностным натяжением, являются прекрасными эмульгаторами жиров (жиры в виде эмульсий лучше усваиваются).

Существует несколько методов определения поверхностного натяжения жидкостей, среди них стагмометрический метод (метод счета капель), методы максимального давления образования пузырька, определения по размеру пятна, капиллярного поднятия жидкости и др. Из всех методов чаще всего в биохимических, физиологических и клинических исследованиях используют стагмометрический метод, т.к. он более оперативен и не требует применения токсичных реагентов [2–4, 7–8, 11].

По теме занятия студент должен:

знать:

- теоретические основы физико-химии поверхностных явлений: поверхностная энергия, поверхностное натяжение, положительная и отрицательная адсорбция;
- классификацию веществ: ПАВ, ПИАВ, ПНВ¹;

уметь оценивать природу адсорбтивов и адсорбентов, механизм адсорбции;

владеть навыками работы со стагмометром.

Цель занятия:

- расширить и закрепить знания по теоретическим основам физико-химии поверхностных явлений;

¹ Поверхностно-неактивные вещества.

- овладеть техникой измерения величины поверхностного натяжения жидкостей методом сталагмометрии;
- исследовать влияние химической природы веществ на их поверхностную активность.

Задание

При подготовке к лабораторной работе:

- ознакомьтесь с методикой проведения опытов 1 и 2;
- заполните форму к опыту 1;
- ответьте на контрольные вопросы.

На практическом занятии выполните два лабораторных опыта:

- сталагмометрическим методом отсчитайте количество капель воды и исследуемых растворов, рассчитайте поверхностное натяжение растворов, оцените знак адсорбции (опыт 1);
- аналогичным методом по количеству капель модельных растворов мочи, используя график, оцените содержание желчных кислот в моче (опыт 2);
- заполните формы экспериментальными данными и рассчитанными показателями к опытам;
- запишите общий вывод к работе.

Методические указания к выполнению работы

Опыт 1. Определение поверхностной активности веществ

Ход опыта

1. Налейте в химический стакан 10–15 мл дистиллированной воды. Возьмите резиновую грушу, отберите жидкость из стакана в сталагмометр. Отсчитайте число капель жидкости, вытекающей из сталагмометра в пределах верхней и нижней меток. Затем аналогичным образом определите число капель при вытекании насыщенного раствора NaCl и Na-мыла. Для каждого раствора опыт повторите два раза и выберите среднее значение. Результаты измерения занесите в форму.

Исследуемый раствор	ρ раствора, г/мл	Среднее число капель, n	σ , эрг/см ²	ПАВ или ПИАВ	Знак адсорбции (положительная/отрицательная адсорбция)
Вода	1,000		72,75	—	—
Насыщенный раствор NaCl	1,197				
Раствор Na-мыла	0,995				

2. Для расчета величины σ используйте формулу:

$$\sigma_x = \sigma_{\text{воды}} \cdot \frac{n_{\text{воды}} \cdot \rho_x}{n_x \cdot \rho_{\text{воды}}},$$

где $\sigma_{\text{воды}} = 72,75$ эрг/см²; $n_{\text{воды}}$ — число капель воды; n_x — число капель исследуемой жидкости; ρ_x — плотность исследуемой жидкости, г/мл; $\rho_{\text{воды}}$ — плотность воды, г/мл.

Приведите подробный расчет σ растворов Na-мыла и NaCl (указать единицы измерения):

$$\sigma_{\text{р-ра NaCl}} =$$

$$\sigma_{\text{р-ра Na-мыла}} =$$

В результате какого явления происходит изменение $\sigma_{\text{воды}}$ при добавлении исследуемых веществ?

На основании полученных результатов заполните форму, представленную выше.

Охарактеризуйте свойства ПАВ и ПИАВ, заполнив формы.

Свойство	ПАВ	ПИАВ
Характеристика, примеры		
Схематическое изображение		
Как изменяют поверхностное натяжение		
Сравнение $\sigma_{\text{р-ра}}$ и $\sigma_{\text{воды}}$		
Схема адсорбции		

Правило Дюкло — Траубе (формулировка):

Свойство	ПАВ	ПИАВ
Изотерма поверхностного натяжения (зависимость σ — C)	Изотерма поверхностного натяжения, подчиняющаяся правилу Дюкло — Траубе для пальмитата и стеарата натрия	

Уравнение для расчета адсорбции на поверхности жидкости:

Свойство	ПАВ	ПИАВ
Знак поверхностной активности		
Знак величины адсорбции		
Изотерма адсорбции (зависимость Γ — C)		

Опыт 2. Определение солей желчных кислот в моче в двух пробах методом сталагмометрии

Ход опыта

1. Отсчитайте число капель жидкости, вытекающей из сталагмометра в пределах верхней и нижней меток. Для каждого раствора опыт повторите два раза и выберите среднее значение. Число капель воды возьмите из формы из опыта 1.

Обратите внимание!

Сталагмометр на протяжении опытов 1 и 2 должен быть один и тот же.

2. Рассчитайте величины σ модельных растворов мочи № 1 и мочи № 2, ответы занесите в форму.

Лабораторная работа 2

Исследуемая жидкость	ρ раствора, г/см ³	Среднее число капель, n	σ , эрг/ см ²	Содержание желчи (нормальное, выше нормы, ниже нормы)
Вода	1,000		72,75	
Моча № 1	1,030			
Моча № 2	1,050			

3. Приведите подробный расчет σ двух проб мочи (указать единицы измерения):

$$\sigma_{\text{мочи № 1}} =$$

$$\sigma_{\text{мочи № 2}} =$$

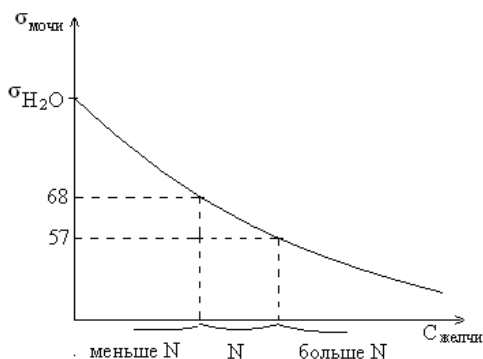
4. Поясните, почему $\sigma_{\text{мочи}}$ отличается от $\sigma_{\text{воды}}$?

5. Укажите роль солей желчных кислот в моче (ПАВ или ПИАВ).

6. Рассчитанные значения поверхностного натяжения мочи № 1 и мочи № 2 нанесите на график (на ось y), приведенный ниже. Далее определите содержание солей желчных кислот: для этого от нанесенной на ось y точки проведите линию до пересечения с графиком и опустите перпендикуляр на ось x .

Запишите в форму, представленную выше, определенное по графику (нормальное, выше нормы, ниже нормы) содержание желчи в моче.

Поверхностное натяжение мочи в норме — 57–68 эрг/см² [7].



Общие выводы по работе

Контрольные вопросы

1. Сравните величины поверхностного натяжения воды и водных растворов NaCl , CaCl_2 , $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, HCOOH (выпишите справочные значения), стирального порошка.

Определите тип вещества: ПАВ или ПИАВ.

Растворы	Сравнение $\sigma_{\text{р-ра}}$ и $\sigma_{\text{воды}}$	ПАВ или ПИАВ
Раствор NaCl		
Раствор CaCl_2		
Раствор $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$		
Раствор HCOOH		
Раствор стирального порошка		

2. Приведите примеры использования свойств ПАВ в диагностике заболеваний.

3. Приведите примеры использования свойств ПАВ в лекарственных препаратах.

Лабораторная работа 3.

Определение ККМ методом сталагмометрии

Обозначения, используемые в лабораторной работе: V — объем, мл; C — молярная концентрация, моль/л (М); φ — объемная концентрация, %; σ — поверхностное натяжение, эрг/см².

Все дифильные поверхностно-активные вещества относительно поведения их в воде делят на истинно растворимые и коллоидные. К первой группе относится большой класс растворимых в воде дифильных органических соединений с небольшим углеводородным радикалом, например, низшие спирты, фенолы, кислоты и их соли, амины. Вещества этого типа в растворе находятся в молекулярно-дисперсном состоянии вплоть до концентраций, соответствующих их насыщенным растворам и разделению системы на две сплошные фазы.

Особый интерес представляют коллоидные поверхностно-активные вещества. Именно они в первую очередь понимаются под термином ПАВ. Главной отличительной особенностью этих веществ является способность образовывать термодинамически устойчивые (лиофильные), гетерогенные дисперсные системы (мицеллярные коллоиды). К основным свойствам коллоидных ПАВ, обуславливающим их ценные качества и широкое применение, относятся:

- 1) высокая поверхностная активность;
- 2) способность к самопроизвольному мицеллообразованию;

- 3) способность к солюбилизации;
- 4) высокая способность стабилизировать различные дисперсные системы.

Мицеллообразование — образование лиофильных коллоидных растворов при концентрации ПАВ выше некоторого определенного значения, называемого ККМ. ККМ — минимальная концентрация ПАВ, при которой образуются мицеллы (супрамолекулярные ансамбли). При концентрациях ПАВ в водном растворе несколько превышающих ККМ образуются сферические мицеллы.

Мицеллообразование имеет большое значение в живой природе. Фосфо- и сфинголипиды, как ПАВ, способны к формированию бислоя в водных системах, образуя биологические мембраны — сложные бислои с гидрофобным ядром и гидрофильным окружением. Из этих слоев самопроизвольно образуются пластинчатые мицеллы, а при увеличении их концентрации образуется ламеллярная фаза (объемная упорядоченная многослойная структура). Способность различных ПАВ к мицеллообразованию лежит в основе стабилизации эмульсий, возникающих в процессах стирки, дезинфекции и санитарной обработки [2–4, 7–8, 11].

По теме занятия студент должен:

знать основные понятия коллоидной химии: классификация дисперсных систем, дисперсная фаза, дисперсионная среда, лиофильные и лиофобные коллоидные растворы, мицеллообразование, солюбилизация, критическая концентрация мицеллообразования ПАВ;

уметь оценивать природу дисперсной фазы и дисперсионной среды, механизмы мицеллообразования;

владеть навыками работы со сталагмометром.

Цель занятия:

- расширить и закрепить знания по теоретическим основам физико-химии поверхностных явлений;
- овладеть техникой измерения величины поверхностного натяжения жидкостей методом сталагмометрии;
- рассмотреть особенности поведения ПАВ в растворах различной концентрации;

- освоить методику экспериментального определения ККМ в растворе ПАВ по характеру изменения величины поверхностного натяжения.

Задание

При подготовке к лабораторной работе:

- ознакомьтесь с методикой проведения эксперимента;
- ответьте на контрольные вопросы.

На практическом занятии:

- получите задание от преподавателя с данными раствора ПАВ;
- приготовьте раствор ПАВ заданной объемной концентрации;
- сталагмометрическим методом определите поверхностное натяжение раствора;
- постройте изотерму поверхностного натяжения и определите ККМ;
- заполните форму экспериментальными и расчетными данными;
- запишите общий вывод к работе.

Методические указания к выполнению работы

Опыт 1. Определение критической концентрации мицеллообразования в растворе ПАВ

Ход работы

Работа выполняется всей группой, которая подразделяется на подгруппы по 2 человека. Итогом работы должно быть построение зависимости между ϕ ПАВ в растворе и σ раствора определение значения ККМ.

1. Приготовьте раствор с определенной ϕ ПАВ (конкретное значение указывает преподаватель).

Из исходного раствора анионного ПАВ с C , равной 0,033 моль/л, приготовьте серию растворов более низкой ϕ путем разбавления.

Для этого мерным цилиндром отмерьте необходимый V воды, а мерной пипеткой — необходимый V исходного раствора ПАВ и смешайте в один стаканчик.

Возьмите стеклянную палочку и перемешайте.

2. Рассчитайте φ приготовленного раствора и запишите в форму, представленную ниже.

$$\varphi = \frac{V_{\text{р-ра ПАВ}}}{V_{\text{общ}}} \cdot 100 \% =$$

3. Отсчитайте n воды, вытекающей из сталагмометра в пределах верхней и нижней меток, а также n приготовленных растворов, начиная с наиболее разбавленного.

Для каждого раствора повторите опыт два раза и выберите среднее значение.

Результаты занесите в форму.

Обратите внимание!

Сталагмометр на протяжении всех трех опытов использовать один и тот же.

4. Рассчитайте величину σ своего раствора по формуле

$$\sigma_x = \sigma_{\text{воды}} \cdot \frac{n_{\text{воды}} \cdot \rho_x}{n_x \cdot \rho_{\text{воды}}} \text{ и ответ занесите в форму.}$$

$$\sigma_{\text{р-ра 1}} =$$

$$\sigma_{\text{р-ра 2}} =$$

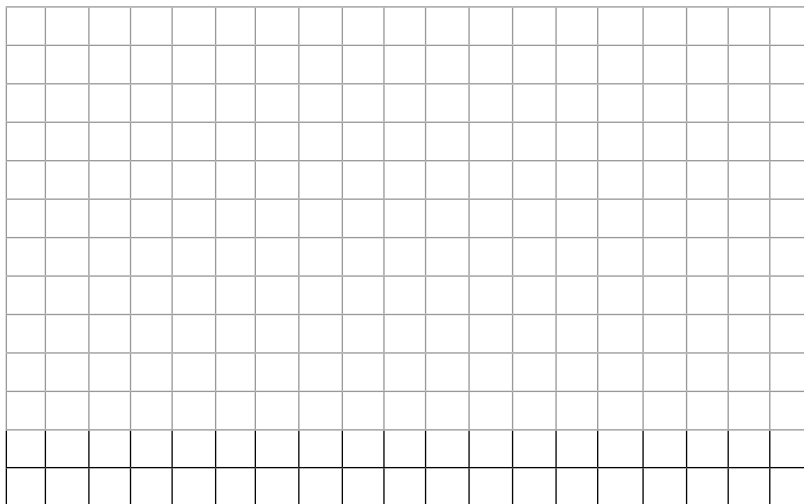
Определение ККМ методом сталагмометрии

№ группы	$V_{\text{р-ра ПАВ}}, \text{ мл}$	$V_{\text{дист. воды}}, \text{ мл}$	$V_{\text{общ}}, \text{ мл}$	$\Phi_{\text{ПАВ}}, \%$	$n_{\text{воды}}$	$n_{\text{х}}$	$\sigma_{\text{р-ра}}, \text{ эрг/см}^2$
1	10	0					
	19	1					
2	18	2					
	16	4					
3	14	6					
	12	8					
4	10	10					
	9	11					
5	8	12					
	6	14					
6	4	16					
	3	17					
7	2	18					
	1	19					

Рассчитайте V раствора ПАВ в точке ККМ и занесите ответ в форму, представленную выше:

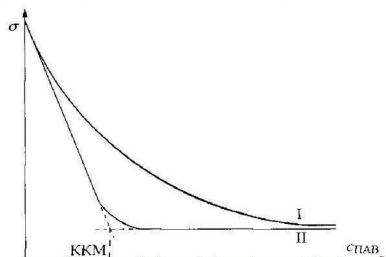
$$V_{\text{р-ра ПАВ}} = \frac{\Phi \cdot V_{\text{общ}}}{100 \%} =$$

5. Постройте график зависимости поверхностного натяжения раствора ПАВ от его ϕ .



6. По излому на кривой определите значение ККМ (см. образец на рисунке ниже). Для этого постройте касательные к прямолинейным участкам графика так, как показано на рисунке [7], и на их пересечении найдите значение ККМ в ϕ .

Мицеллообразование в растворах ПАВ. ККМ



Изотермы поверхностного натяжения: I — коллоидного ПАВ.

Точка излома на изотерме II соответствует переходу истинного раствора в золь.

Контрольные вопросы

1. Зарисуйте схематически строение мицелл ПАВ в водном растворе.

Сферические

Цилиндрические

Пластинчатые

2. Охарактеризуйте методы определения ККМ.

3. Определите вид ПАВ. Укажите интервал значений ККМ. Приведите примеры применения в быту и медицине.

Название	Формула	Вид ПАВ (анионные/ катионные/ неионогенные)	Интервал ККМ, моль/л	Область применения
Олеат натрия				

Определение ККМ методом сталагмометрии

Название	Формула	Вид ПАВ (анионные/ катионные/ неионогенные)	Интервал ККМ, моль/л	Область применения
Додециловый эфир тетраэтилен- гликоля				
Хлоргексидина биглюконат				
Додецилам- моний хлорид				
Миристрат натрия				

Лабораторная работа 4.

Адсорбция на твердой поверхности

Актуальность темы обусловлена тем, что адсорбция широко распространена и играет важную роль в жизнедеятельности растительных и животных организмов. Процессы фотосинтеза и питания, обменные процессы характеризуются явлениями адсорбции на первых этапах превращений веществ. Таким образом, первые стадии действия ферментов сводятся к адсорбции субстрата на поверхности ферментного комплекса.

Явления адсорбции нашли практическое применение при лечении инфекционных заболеваний (активированный уголь способен удерживать болезнетворные микроорганизмы — возбудители дизентерии, брюшного тифа и др.), выведении из организма ядовитых веществ и токсинов, очистке питьевой воды. Теория адсорбции объясняет возникновение некоторых болезней в организме человека (кессонная болезнь).

Основанная на явлении адсорбции хроматография используется не только как метод анализа и идентификации веществ, но и при изготовлении лекарственных препаратов, инъекционных растворов, для определения индивидуальных оптимальных терапевтических доз. С помощью хроматографии в биологиче-

ских жидкостях можно выявить микрокомпоненты, не определяемые другими методами, которые появляются при наличии той или иной патологии.

В процессе обучения студент-медик может встретиться с темой «Адсорбция» при изучении следующих дисциплин: физика, фармакология, кожно-венерические болезни, судебная медицина, реаниматология, психиатрия, хирургия, охрана окружающей среды, гигиена [2–4, 7–8, 11].

По теме занятия студент должен:

знать:

- теоретические основы физико-химии поверхностных явлений: поверхностной энергии, молекулярной и ионной адсорбции из растворов веществ на твердых адсорбентах;
- влияние природы адсорбентов, адсорбтивов и растворителя на процессы адсорбции;
- механизмы, лежащие в основе хроматографии;

уметь оценивать природу адсорбентов, адсорбтивов и растворителя, механизмы адсорбции и возможности разделения смеси компонентов, применять правила адсорбции;

владеть навыками экспериментальной работы с твердыми адсорбентами.

Цель занятия:

- расширить и закрепить знания по теоретическим основам физико-химии поверхностных явлений;
- изучить зависимость адсорбции от природы адсорбента, адсорбтива и растворителя.

Задание

При подготовке к лабораторной работе:

- ознакомьтесь с методикой проведения эксперимента;
- ответьте на контрольные вопросы к лабораторной работе.

На практическом занятии:

- внимательно оцените результаты демонстрационных лабораторных опытов: записывайте наблюдаемые явления, цвета красителей и фильтратов;
- запишите общий вывод к работе.

Методические указания к выполнению работы

Опыт 1. Зависимость величины адсорбции от природы сорбента (демонстрационный)

Ход опыта

1. В одну пробирку налейте 3 мл водного раствора $C_{16}H_{18}N_3^+Cl$ и 3 мл водного раствора $C_{20}H_8O_5Br_4$ и добавьте немного измельченного мела. Содержимое пробирки взболтайте и фильтруйте через предварительно смоченный фильтр на воронке. Сравните цвет полученного фильтрата с цветом исходной смеси красителей, запишите наблюдаемые явления в форму.

Вещество, используемое в опыте	Формула	Роль вещества (адсорбент, адсорбтив, растворитель)	Природа (полярный/неполярный/дифильный)	Схематичное изображение	Цвет
Метиленовая синь	$C_{16}H_{18}N_3^+Cl$				
Эозин	$C_{20}H_8O_5Br_4$				
Карбонат кальция	$CaCO_3$				—
Вода	H_2O				—

2. Цвет полученного фильтрата —

3. Составьте схему адсорбции с учетом полярности сорбента и красителей.

4. Поясните, почему сорбируется только $C_{16}H_{18}N_3^+Cl$.

Опыт 2. Зависимость величины адсорбции от природы растворителя

Ход опыта

1.1. В одну пробирку налейте 5 мл водного раствора $C_{16}H_{18}N_3^+Cl$, а в другую — столько же спиртового раствора этого красителя. В каждую пробирку добавьте равные порции активированного угля. Содержимое пробирок взболтайте и быстро фильтруйте. Сравните окраски фильтратов.

1.2. Оцените природу адсорбента: уголь полярный или неполярный?

1.3. Цвет полученного фильтрата после адсорбции $C_{16}H_{18}N_3^+Cl$ на угле из водного раствора — _____.

1.4. Сформулируйте правило Ребиндера.

1.5. Составьте схему адсорбции $C_{16}H_{18}N_3^+Cl$ на угле из водного раствора. Выполняется ли правило Ребиндера? Адсорбция полная или неполная?

1.6. Цвет полученного фильтрата после адсорбции $C_{16}H_{18}N_3^+Cl$ на угле из спиртового раствора — _____.

1.7. Составьте схему адсорбции $C_{16}H_{18}N_3^+Cl$ на угле из спиртового раствора. Выполняется ли правило Ребиндера? Адсорбция полная или неполная?

Ход опыта

2.1. Аналогично проведите опыт по адсорбции на меле.

В одну пробирку налейте 5 мл водного раствора $C_{16}H_{18}N_3^+Cl$, а в другую — столько же спиртового раствора этого красителя. В каждую пробирку добавьте равные порции мела. Содержимое пробирок взболтайте и быстро фильтруйте. Сравните окраски фильтратов.

2.2. Оцените природу адсорбента: уголь полярный или неполярный?

2.3. Цвет полученного фильтрата после адсорбции $C_{16}H_{18}N_3^+Cl$ на меле из водного раствора — _____.

2.4. Составьте схему адсорбции $C_{16}H_{18}N_3^+Cl$ на меле из водного раствора. Выполняется ли правило Ребиндера? Адсорбция полная или неполная?

2.5. Цвет полученного фильтрата после адсорбции $C_{16}H_{18}N_3^+Cl$ на меле из спиртового раствора — _____.

2.6. Составьте схему адсорбции $C_{16}H_{18}N_3^+Cl$ на меле из спиртового раствора. Выполняется ли правило Ребиндера? Адсорбция полная или неполная?

Поясните, почему краситель лучше адсорбируется из водного раствора, учитывая природу сорбента, сорбтива и растворителей (правило Ребиндера).

Опыт 3. Разделение ионов Fe^{3+} , Cu^{2+} , Co^{2+}
методом колоночной хроматографии (демонстрационный)

Ход опыта

1. В чистом стеклянном пузырьке или невысокой пробирке смешайте по 2 капли растворов солей FeCl_3 , CuSO_4 , $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$. Чистой пипеткой по 1 капле (не более трех капель) закапывайте в центр колонки с Al_2O_3 . Каждый ион в колонке образует определенное место (зону).

2. Цвет раствора FeCl_3 — _____.

3. Цвет раствора CuSO_4 — _____.

4. Цвет раствора $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ — _____.

5. Зарисуйте полученную хроматограмму и укажите положение зоны каждого гидратированного иона смеси. Объясните положение окрашенных зон в колонке.



6. Дайте оценку использованного метода разделения по механизму и технике выполнения.

Общие выводы по работе

Контрольные вопросы

1. Напишите формулы адсорбентов, укажите природу адсорбента и его применение в медицине.

Название сорбента	Химическая формула и схематическое изображение	Природа сорбента (полярный/неполярный)	Применение в медицине
Активированный уголь			
Альмагель			
Полисорб			
Клетчатка			
Полифепан			

2. Напишите формулы адсорбтивов, укажите их природу.

Название адсорбтива	Химическая формула и схематическое изображение	Природа адсорбтива полярный/неполярный/ дифильный
Гексан		
Этанол		
Хлорид бария		
Сахароза		

3. Напишите формулы растворителей, укажите их природу.

Название растворителя	Химическая формула и схематическое изображение	Природа растворителя (полярный/неполярный/ дифильный)
Вода		
Этиловый спирт		
Бензол		

4. Какой адсорбент и растворитель надо выбрать, чтобы разделить адсорбцией смесь двух адсорбтивов? Запишите схемы адсорбции.

Адсорбенты — мел, уголь; растворители — вода бензол.

Адсорбтивы:

а) дифильный и неполярный:

Ответ: адсорбент — _____;
растворитель — _____;

б) дифильный и полярный:

Ответ: адсорбент — _____;
растворитель — _____;

6. К раствору CH_3COOH ($V = 50$ мл, $C = 0,1$ М) добавили 2 г адсорбента.

После достижения адсорбционного равновесия на титрование фильтрата V 10 мл был затрачен титрант KOH ($V = 15$ мл, $C = 0,05$ М).

Вычислите величину адсорбции CH_3COOH .

Решение:

7. Выберите два адсорбтива-электролита, которые будут избирательно адсорбироваться на поверхности полярного адсорбента из водного раствора. Составьте для каждого адсорбента по две схемы адсорбции. Укажите вид адсорбции.

Адсорбтивы-электролиты: $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, BaCl_2 , Na_2SO_4 , $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$, CaCl_2 , Na_2CO_3 .

- Адсорбент: BaSO_4 .

- Адсорбент: $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$.

- Адсорбент: MgCO_3 .

Лабораторная работа 5. Получение КДС и определение свойств КДС

Обозначения, используемые в лабораторной работе: C_k — порог коагуляции, ммоль/л; C_n — пороговая концентрация, ммоль/л; D — коагулирующее действие, л/ммоль; V — объем, мл.

К коллоидным растворам (золям) относятся все внутренние среды организма (кровь, лимфа, внутри- и внеклеточная жидкости). Для коллоидных и грубодисперсных систем характерны два основных признака: гетерогенность (неоднородность) и раздробленность дисперсной фазы. Гетерогенность в коллоидных и грубодисперсных системах характеризуется наличием поверхности раздела между частицами дисперсной фазы и дисперсионной среды. Коллоидные растворы по размерам частиц являются промежуточными между истинными растворами и суспензиями, эмульсиями.

Одним из важных свойств зольей является то, что их частицы имеют электрические заряды одного знака. Благодаря этому они не соединяются в более крупные частицы и не осаждаются. При этом частицы одних зольей, например, металлов, сульфидов, кремниевой и оловянной кислот, имеют отрицательный заряд, других, например, гидроксидов, оксидов металлов, — положительный. Возникновение заряда объясняется адсорбцией ионов из раствора коллоидными частицами.

Коллоидные системы являются основными компонентами живых организмов, в том числе человека. В науке существует отдельное направление — коллоидно-химическая физиология человека, изучающая функционирование систем организма, образующих коллоидные соединения. Нарушение коллоидных свойств биологических жидкостей приводит к возникновению различных заболеваний. Например, в крови образуются тромбы и, как следствие, может произойти инсульт или инфаркт. В желчи и моче образуются камни, в суставной ткани — выпадение солей мочевой кислоты (подагра) [2–4, 7–8, 10–11].

По теме занятия студент должен:

- знать* понятие, классификацию и свойства ДС;
- уметь* составлять уравнения химических реакций, формулы КДС;
- владеть* навыками проведения химических реакций с соблюдением правил безопасного обращения с веществами и лабораторным оборудованием.

Цель занятия:

- ознакомиться с общими свойствами КДС, их ролью в жизнедеятельности живых организмов;
- овладеть различными методами получения КДС;
- научиться показывать строение мицелл;
- овладеть капиллярным методом определения знака заряда гранулы мицеллы;
- научиться определять порог коагуляции КДС.

Задание

При подготовке к лабораторной работе:

- ознакомьтесь с методикой проведения эксперимента;
- ответьте на контрольные вопросы к лабораторной работе.

На практическом занятии:

- внимательно оценивайте результаты демонстрационных лабораторных опытов: записывайте наблюдаемые явления, цвета получаемых золей;
- запишите общий вывод к работе.

Методические указания к выполнению работы

Опыт 1. Получение золей берлинской лазури по реакции обмена

Ход опыта

1. К 2 мл 1 %-го раствора $K_4[Fe(CN)_6]$ добавьте 1 каплю 2 %-го раствора $FeCl_3$. Запишите полученные результаты.

1.1. Реакция обмена с получением микрокристаллов берлинской лазури.

1.2. Цвет полученного золя — _____.

1.3. Метод получения КДС — _____.

1.4. Уравнение диссоциации стабилизатора.

1.5. Формула мицеллы КДС с указанием частей мицеллы и распределением потенциалов.

1.6. Знак заряда гранул мицеллы.

1.7. Направление движения частиц золя при электрофорезе.

2. К 2 мл 2%-го раствора FeCl_3 добавьте 1 каплю 1%-го раствора $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Запишите полученные результаты.

2.1. Реакция обмена с получением микрокристаллов берлинской лазури.

2.2. Цвет полученного золя — _____.

2.3. Метод получения КДС — _____.

2.4. Уравнение диссоциации стабилизатора.

2.5. Формула мицеллы КДС с указанием частей мицеллы и распределением потенциалов.

2.6. Знак заряда гранул мицеллы.

2.7. Направление движения частиц золя при электрофорезе.

3. Определите знак заряда гранулы мицеллы капиллярным методом: на фильтровальную бумагу нанесите по 1 капле полученных зольей. Зарисуйте форму полученных капель.

Форма капли 1	Форма капли 2

Бумага по условиям получения заряжена отрицательно.

Если капля окрашенного золя растекается по поверхности бумаги, проникая в капилляры бумаги, капля имеет неровные края, то гранула золя заряжена отрицательно.

Если капля имеет ровные четко очерченные края, то гранула золя заряжена положительно и растекания золя по поверхности отрицательно заряженной бумаги не происходит.

Опыт 2. Осаждение белков солями тяжелых металлов (метод адсорбционной пептизации)

Ход опыта

Соли тяжелых металлов (меди, свинца, ртути, серебра и др.) вызывают осаждение и частичную денатурацию белков.

Образующиеся осадки внутрикомплексных соединений растворяются в избытке раствора соли данного металла, образуя КДС. Этот процесс называется адсорбционной пептизацией.

К 10 каплям раствора яичного белка добавьте 2 капли 10 %-го раствора CuSO_4 . Наблюдайте образование осадка. Добавьте к осадку еще 10 капель раствора CuSO_4 . Запишите полученные результаты.

1. Схема уравнения получения золя:

2. Цвет полученного золя — _____.

3. Метод получения КДС — _____.

4. Сущность явления адсорбционной пептизации.

5. Уравнение диссоциации стабилизатора.

6. Формула мицеллы КДС с указанием частей мицеллы и распределением потенциалов.

Опыт 3. Определение порога коагуляции электролита для золя $\text{Fe}(\text{OH})_3$, полученного по реакции гидролиза

Ход опыта

В пять мерных пробирок налейте по 9 мл раствора NaCl различной концентрации, в другие пять — 9 мл раствора MgSO_4 таких же концентраций. В каждую пробирку добавьте по 1 мл золя $\text{Fe}(\text{OH})_3$ и перемешайте. Коагуляцию наблюдайте по появлению помутнения раствора в пробирке. Смотрите в пробирку сверху: если раствор остался прозрачным — коагуляции нет (—), если помутнел — коагуляция есть (+).

Отметьте для каждого электролита $C_{\text{эл-та}}$ — это наименьшая концентрация электролита, при которой наблюдалась коагуляция.

Рассчитайте для каждого электролита C_k и D_k по формулам, указывая единицы измерения):

$$C_k = C_{\text{эл-та}} \cdot \frac{V_{\text{эл-та}}}{V_{\text{кДС}}} \cdot 10^3;$$

$$D_k = \frac{1}{C_k}.$$

$$C_k \text{ NaCl} =$$

$$D_{\text{NaCl}} =$$

$$C_k \text{ MgSO}_4 =$$

$$D_{\text{MgSO}_4} =$$

Результаты наблюдений и вычислений занесите в форму.

Элек- тролит	$C_{\text{эл-та}}, \text{ моль/л}$					$C_{\text{эл-та}},$ моль/л	$C_k,$ ммоль/л	$D,$ л/ммоль	Ион, вызы- вающий коагуляцию
	10–6	10–5	10–4	10–3	10–2				
NaCl									
MgSO ₄									

1. Уравнение реакции гидролиза $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

2. Уравнение диссоциации стабилизатора.

3. Строение мицеллы золя $\text{Fe}(\text{OH})_3$, полученного по реакции гидролиза с указанием частей мицеллы и распределением потенциалов.

4. Сравните D NaCl и MgSO_4 .

5. Объясните различия в D электролитов NaCl и MgSO_4 .

Общие выводы по работе

Контрольные вопросы

1. Перечислите типы реакций метода химической конденсации для получения КДС:

- 1)
- 2)
- 3)

2. Укажите условия образования КДС:

- 1)
- 2)
- 3)

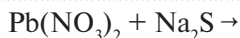
3. Ион, вызывающий осаждение коллоидных растворов, называется _____.

Сформулируйте правило Шульце — Гарди.

Расположите катионы Ca^{2+} , Al^{3+} , K^{+} , вызывающие коагуляцию золя с отрицательно заряженной гранулой, в порядке возрастания коагулирующего действия.

Расположите анионы Cl^{-} , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , вызывающие коагуляцию золя с положительно заряженной гранулой, в порядке убывания коагулирующего действия.

4. Коллоидный раствор PbS получен в результате реакции. Запишите продукты реакции:



5. Пороги коагуляции электролитов для коллоидного раствора, ммоль/л:

KCl — 50;

AlCl_3 — 0,093;

MgCl_2 — 0,717.

Подчеркните правильный вариант:

По значению порогов коагуляции назовите ион, вызывающий коагуляцию: **катион** / **анион**. Значит, знак заряда гранулы мицеллы имеет **положительный** / **отрицательный** знак.

Укажите стабилизатор при получении коллоидного раствора.

Напишите уравнение диссоциации стабилизатора.

6. Покажите строение мицеллы КДС с указанием частей мицеллы и распределением потенциалов.

Лабораторная работа 6.

Определение содержания кальция в плазме крови методом комплексонометрии

Обозначения, используемые в лабораторной работе: $C_э$ — молярная концентрация эквивалента, моль-экв/л; V — объем, мл; C — молярная концентрация, ммоль/л (М); n — количество капель; M — молярная масса, г/моль; $K_{\text{нест}}$ — константа нестойкости; $K_{\text{равн}}$ — константа равновесия; $\bar{V}$ — среднее значение объема, мл; f — фактор эквивалентности.

Из всех металлических элементов в организме человека наибольшую массу имеет Ca^{2+} . До 99% атомов Ca^{2+} находится в составе неорганического вещества костной ткани. Примерно половина ионов Ca^{2+} , располагающихся в мягких тканях, находится в составе комплексов с белками, другая половина — в свободном ионизированном состоянии.

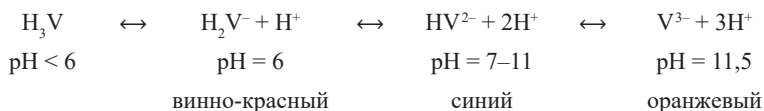
Химический состав крови довольно стабилен, несмотря на то, что в нее постоянно поступают и выводятся различные по составу и действию вещества. Любые сдвиги состава крови характеризуют определенные патологические изменения в организме. Биологическая функция Ca^{2+} заключается в регулировании ферментных систем и, в частности, процессов свертывания крови. Вот почему

исследования крови представляют особую важность для клиники и помогают врачу правильно поставить диагноз [2–4, 8, 11].

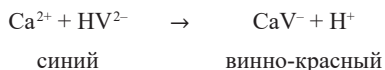
В организме человека суммарная концентрация связанного и свободного Ca^{2+} (общий Ca^{2+}) в плазме крови составляет в норме 2,25–2,50 ммоль/л (в среднем 96–100 мг/л, или 9,6–10 мг %). Повышение уровня общего Ca^{2+} — гиперкальцемия, понижение — гипокальцемия.

Ионы Ca^{2+} в растворах определяют многими методами, в лабораторной практике часто используют метод комплексометрии. Это титриметрический метод анализа, в котором в качестве титранта применяется трилон Б (динатриевая соль ЭДТА). Метод основан на том, что ионы кальция образуют прочный комплекс с трилоном Б. Способ титрования — прямой.

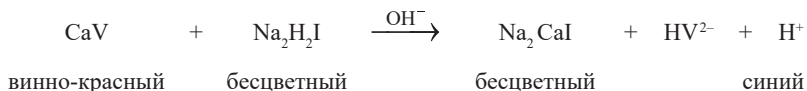
Для установления точки эквивалентности используется индикатор — хромоген черный, который в зависимости от pH раствора ионизирует по-разному:



При pH, равном 9,5–10, комплекс Ca^{2+} с индикатором имеет винно-красную окраску:



При титровании трилоном Б в точке эквивалентности наблюдается полный переход металла из непрочного комплекса с индикатором в более прочный комплекс с трилоном Б (бесцветным), и винно-красная окраска меняется на синюю [10]:



- ответьте на контрольные вопросы к лабораторной работе.

На практическом занятии:

- получите от преподавателя задание: выполните трилонометрическое определение и рассчитайте содержание ионов Ca^{2+} в назначенном модельном растворе плазмы крови в мг % и мг/л;
- заполните форму экспериментальными данными и рассчитанными показателями к опыту;
- запишите общий вывод к работе.

Методические указания к выполнению работы

Опыт. Определение содержания ионов кальция в плазме крови

Ход опыта

Для выполнения работы ознакомьтесь с исходными растворами и вспомогательными веществами:

- рабочий раствор — трилон Б, $C_3 = 0,01$ моль-экв/л;
- исследуемый раствор — модельный раствор плазмы крови трех типов;
- вспомогательный раствор — аммиачно-буферный ($\text{pH} = 9,5-10$);
- индикатор — хромоген черный.

1. В коническую колбу с помощью пипетки отмерьте 10 мл плазмы крови. Добавьте 5 мл буферного раствора мерной пробиркой и несколько кристалликов индикатора. Исследуемый раствор приобретает винно-красную окраску.

2. Титруйте из бюретки трилоном Б до перехода винно-красного окрашивания в синее. Показания бюретки отметьте с точностью до 0,1 мл. Титрование повторите до получения трех результатов, отличающихся не более чем на $0,1 \pm 0,2$ мл. Результаты титрования занесите в форму.

№ опыта	$V_{\text{плазмы}},$ мл	$V_{\text{тр}},$ мл	$\bar{V} = \frac{\sum V_i}{n},$ мл	$\Delta \bar{V} = \frac{\sum (\bar{V} - V_i)}{n},$ мл	Относит. ошибка, $\frac{\Delta \bar{V}}{\bar{V}} \cdot 100 \%$	Содер- жание $\text{Ca}^{2+},$ мг/л
1						
2						
3						

3. Рассчитайте $\bar{V}_{\text{тр}}$, пошедшего на титрование модельного раствора плазмы, а также среднее отклонение значений полученных значений от $\Delta \bar{V}$ по формулам.

Ответы занесите в форму, представленную выше.

$$\bar{V}_{\text{тр}} = \frac{\sum V_i}{n}, \text{ мл} =$$

$$\Delta \bar{V}_{\text{тр}} = \frac{\sum (\bar{V}_{\text{тр}} - V_i)}{n}, \text{ мл} =$$

где n — количество измерений, $\bar{V}_{\text{тр}}$ — среднее значение объема трилона Б, пошедшего на титрование, мл, $\Delta \bar{V}_{\text{тр}}$ — среднее отклонение от среднего значения объема, мл, V_i — значение объема трилона Б, полученного по результатам титрования ($i = 1; 2; 3$).

5. Рассчитайте относительную ошибку определения объема трилона Б (ошибку титрования) по формуле. Ответ занесите в форму, представленную выше. Сделайте вывод.

$$\frac{\Delta \bar{V}}{\bar{V}} \cdot 100 \% =$$

6. По значению $\bar{V}_{\text{тр}}$ рассчитайте содержание ионов Ca^{2+} в плазме, в ммоль/л и мг/л по формулам, укажите единицы измерения:

$$C_{\text{Ca}^{2+}} = \frac{(C_s \cdot V)_{\text{Трилон Б}}}{V_{\text{ПЛАЗМЫ}}} \cdot f_{\text{Ca}^{2+}} \cdot 1000 =$$

$f_{\text{Ca}^{2+}}$

$$f_{\text{Ca}^{2+}} = \frac{1}{z} =$$

$$C_{\text{Ca}^{2+}} \text{ в мг/л} = C_{\text{Ca}^{2+}} \text{ в ммоль/л} \cdot M_{\text{Ca}^{2+}} =$$

$$C_{\text{Ca}^{2+}} \text{ в мг \%} = \frac{<3}{100} = \frac{C_{\text{Ca}^{2+}} \text{ в мг/л}}{10} =$$

7. Сравните содержания Ca^{2+} в модельном растворе плазмы с нормой, сделайте вывод.

Общие выводы по работе

Контрольные вопросы

1. Почему определение ионов Ca^{2+} необходимо проводить в щелочной среде?

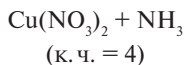
2. Возможно ли применение метода трилонометрии для анализа Mg^{2+} , $\text{Fe}^{2+/3+}$, других биогенных элементов в живых организмах?

3. Как рассчитывается эквивалент определяемого элемента в методе трилонометрии?

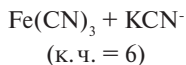
4. Укажите применение комплексонов в биологии и медицине:

Название комплексона	Применение в биологии и медицине
ЭДТА	
Пеницилламин	
Тетацин-кальций	
Пентацин	
Алюминон	
Дефероксамин	

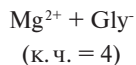
5. Дайте названия следующим комплексным соединениям, образуемым в результате реакции. Укажите тип, внешнюю и внутреннюю сферы, центральный атом, лиганд, дентантность лиганда. Запишите выражения $K_{\text{нест}}$ для данных комплексов:



$$K_{\text{нест}} =$$

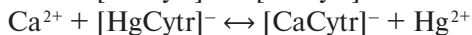
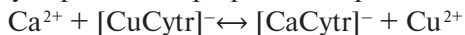


$$K_{\text{нест}} =$$



$$K_{\text{нест}} =$$

6. Вычислите $K_{\text{совм. равн}}$ процессов. В каком направлении они будут протекать при равных C реагентов?



Лабораторная работа 7.

Определение содержания железа фотометрическим методом

Обозначения, используемые в лабораторной работе: J — интенсивность света, кд; C — молярная концентрация, моль/дм³; l — толщина слоя, м; k — молярный коэффициент поглощения, м²/моль; V — объем, мл; D — оптическая плотность; $K_{уст}$ — константа устойчивости; $K_{нест}$ — константа нестойкости; λ — длина волны, Нм; ω — ошибка определения, %.

Fe по его биологической роли относится к биометаллам, или «металлам жизни», по количественному содержанию (до 5 г в организме взрослого человека) — к микроэлементам. До 70 % Fe сосредоточено в гемоглобине крови, 5–10 % — в составе миоглобина, остальное — в железосодержащих белках (трансферринах), которые выполняют в организме роль переносчиков Fe; железосодержащих ферментах (цитохромах), катализирующих процесс переноса электронов в митохондриях, а также депонируется в составе белка ферритина, представляющего собой кластер, и используется при возникновении дефицита Fe [2, 4, 8, 11].

В плазме крови содержание Fe в норме — 105 мкг% (1050 мкг/дм³ = 1,05 мг/дм³). Недостаток Fe приводит к анемии; избыток (сидероз) может привести к нарушению деятельности сердечно-сосудистой системы, печени, легких.

В плазме крови Fe в основном находится в окисленном состоянии (Fe^{3+}) и связано с белком трансферритом.

При подготовке проб плазмы к анализу проводится предварительное окисление имеющегося Fe^{2+} в Fe^{3+} сильным окислителем

$K_2S_2O_8$ и минерализация органических веществ в присутствии H_2SO_4 и H_2O_2 при высокой температуре.

Анализ плазмы на содержание Fe^{3+} осуществляется фотометрическим методом после получения комплексного соединения, интенсивность окраски которого пропорциональна концентрации растворенного Fe. В комплексном соединении Fe является комплексообразователем. В качестве лигандов изначально использовали KSCN или NH_4SCN , однако интенсивность окраски комплекса зависит от времени и уменьшается в течение 15 минут. Позднее в качестве лигандов использовали фенантролин (батофенантролин), интенсивность окраски которого сохраняется несколько месяцев. В настоящее время используют специальные наборы, содержащие лиганды, которые дают очень прочные комплексы с Fe даже в присутствии белка.

Фотометрические (адсорбционные) методы анализа основаны на избирательном поглощении света анализируемым веществом.

По характеру этого взаимодействия и способу ее измерения различают:

- анализ по рассеиванию лучистой энергии взвешенными частицами определяемого вещества (турбидиметрия) — использован в работе по ПР;
- адсорбционный анализ, т. е. анализ по поглощению света определяемым веществом в видимой, ультрафиолетовой или инфракрасной областях спектра (спектрофотометрия, фотоколориметрия);
- флуорометрический (люминесцентный) анализ, основанный на измерении вторичного излучения, возникающего в результате взаимодействия лучистой энергии с определяемым веществом.

В зависимости от используемой аппаратуры в фотометрическом анализе различают спектрофотометрию — анализ по поглощению монохроматического света — и фотоколориметрию — анализ по поглощению полихроматического света. Оба метода основаны на существовании пропорциональной зависимости между светопоглощением и концентрацией поглощающего вещества, т. е. на законе Бугера — Ламберта — Бера:

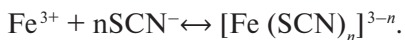
$$D = \lg \frac{J_0}{J} = k \cdot C \cdot l,$$

где D — оптическая плотность раствора, J_0 — интенсивность падающего света, кд, J — интенсивность света, кд, прошедшего через раствор, C — концентрация раствора, моль/дм³; l — толщина слоя раствора, м; k — молярный коэффициент поглощения, зависит от природы вещества, длины волны падающего света и не зависит от концентрации и толщины слоя раствора. Его еще называют коэффициентом экстинкции, или оптической плотности, м²/моль.

В фотоколориметрическом анализе используют сравнительно несложную аппаратуру, обеспечивающую хорошую точность ± 1 – 2 %. Метод позволяет определять светопоглощение окрашенных растворов в видимой области спектра 400–700 Нм.

Окрашенные соединения в большинстве случаев являются комплексными и внутрикомплексными (хелатами) [3, 7, 10].

Анализ фотоколориметрического метода определения Fe^{3+} основан на образовании окрашенных комплексных ионов:



Оптическую плотность исследуемого раствора определяют на фотоэлектроколориметре при $\lambda = 500$ Нм (сине-зеленый светофильтр), т. к. оптическая плотность при этом максимальна [10].

Принцип действия и порядок работы на КФК (или ФЭК) смотреть в краткой инструкции, прилагаемой к прибору.

По теме занятия студент должен:

знать основы теории комплексных соединений;

уметь записывать формулы комплексных соединений, выражение для $K_{\text{нест}}$ и $K_{\text{уст}}$, оценивать степень их прочности;

владеть навыками работы с химической посудой, приготовления растворов определенной концентрации, построения графиков.

Цель занятия:

- освоить методику приготовления проб на анализ;
- научиться работать на фотоэлектроколориметре;

- оценивать содержание Fe^{3+} в исследуемом растворе и минерализованной плазме крови.

Задание

При подготовке к лабораторной работе:

- ознакомьтесь с методикой определения Fe^{3+} ;
- рассчитайте необходимый V раствора, содержащего ионы Fe^{3+} , который необходимо приготовить из градуировочного раствора 1 (см. опыт 1 задание 1);
- напишите ответы на контрольные вопросы.

На практическом занятии:

- приготовить раствор (см. опыт 1 задание 2);
- измерить оптическую плотность раствора;
- заполнить форму и построить градуировочный график;
- определить содержание ионов Fe^{3+} в контрольном растворе, используя градуировочный график;
- сравнить полученные результаты содержания ионов Fe^{3+} с нормой в плазме крови человека;
- написать общий вывод.

Методические указания к выполнению работы

Опыт 1. Построение градуировочного графика

Ход опыта

1. На каждую группу из 2–3 студентов преподаватель выдает задание приготовить из градуировочного раствора 1 ($C_{\text{р-ра 1}} = 10$ мг/л) растворы объемом ($V_{\text{р-ра 2}}$) по 50 мл с концентрациями ($C_{\text{р-ра 2}}$) 0,25; 0,5; 0,75; 1,0; 1,25; 1,5; 2,0; 2,5 мг/л.

Рассчитайте необходимый $V_{\text{р-ра 1}}$ по формуле:

$$V_{\text{р-ра 1}} = \frac{V_{\text{р-ра 2}} \cdot C_{\text{р-ра 2}}}{C_{\text{р-ра 1}}} =$$

Проверьте расчет у преподавателя.

2. Отберите пипеткой необходимый $V_{\text{р-ра 1}}$, перенесите в мерную колбу на 50 мл, добавьте дистиллированной воды до метки, перемешайте.

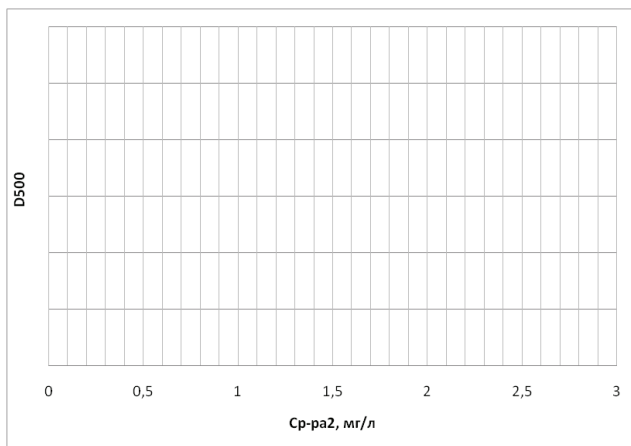
3. 50 мл приготовленного раствора перенесите в колбу для титрования, добавьте 2,5 мл HCl (0,1 М), затем 5 мл раствора NH_4SCN (10 %), перемешайте, налейте раствор в кювету и измерьте D на приборах КФК или ФЭК, вводя поправку на D «холостой» пробы (нулевого раствора).

Нулевой раствор готовится аналогично, но он не содержит Fe .

4. Проверьте полученное значение D у преподавателя, запишите в форму в тетради и на доске.

№ группы	1	2	3	4	5	6	7	8
$V_{\text{р-ра 1}}$, мл								
Содержание Fe^{3+} ($C_{\text{р-ра 2}}$), мг/л	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	2,0	2,5
D_{500}								

5. Постройте градуировочный график зависимости A (D) от содержания Fe в мг/л.



Опыт 2. Определение содержания Fe^{3+} в контрольном растворе

Ход опыта

На 2–3 студентов преподаватель выдает задание.

1. Отберите цилиндром определенный V раствора плазмы 1, 2 или 3, перенесите в мерную колбу на 50 мл, добавьте до 50 мл дистиллированной воды, перемешайте.

Вылейте в колбу для титрования, добавьте 2,5 мл HCl (0,1 М), затем 5 мл раствора NH_4SCN (10 %), перемешайте, налейте раствор в кювету и измерьте D на приборах КФК или ФЭК, вводя поправку на D «холостой» пробы (нулевого раствора).

Нулевой раствор готовится аналогично, но он не содержит Fe .

Результаты измерения D занесите в форму.

№ группы	№ плазмы	$V_{\text{плазмы}}, \text{мл}$	D_{500}	$C_{\text{Fe}^{3+} \text{ разбавл}}, \text{мг/л}$	$C_{\text{Fe}^{3+} \text{ плазмы}}, \text{мг/л}$	$\omega, \%$
1	1	43				
2	1	45				
3	1	47				
4	2	40				
5	2	45				
6	3	45				
7	3	47				
8	3	40				

2 С помощью градуировочного графика по D контрольного раствора определите содержание Fe^{3+} в разбавленном растворе плазмы $C_{\text{Fe}^{3+} \text{ разбавл}}$.

3. Определите концентрацию Fe^{3+} до разбавления плазмы по формуле:

$$C_{\text{Fe}^{3+} \text{ плазмы}} = \frac{C_{\text{Fe}^{3+} \text{ разбавл}} \cdot 50}{V_{\text{плазмы}}}.$$

Полученное значение сравните с нормой ($1,05 \text{ мг/дм}^3$), сделайте вывод (сидероз, анемия или норма):

Рассчитайте ω по формуле:

$$\omega = \frac{|C_{\text{Fe}^{3+} \text{ плазмы изв}} - C_{\text{Fe}^{3+} \text{ плазмы}}|}{C_{\text{Fe}^{3+} \text{ плазмы изв}}} \cdot 100 \% =$$

где $C_{\text{Fe}^{3+} \text{ плазмы изв}}$, мг/л — заданная концентрация Fe^{3+} приготовленного раствора плазмы (выдает преподаватель).

Общие выводы по работе

Контрольные вопросы

1. Запишите формулу, структуру и название комплексного соединения, которое используется в анализе.

Также запишите выражение $K_{\text{нест}}$ комплексного соединения.

2. Запишите формулу комплексных соединений Fe^{3+} с указанными лигандами, выражение $K_{\text{уст}}$.

Лиганд	Формула комплексных соединений	Выражение $K_{\text{уст}}$	$\lg K_{\text{уст}}$
SCN^- (роданид)			3,03
SulSal (сульфосалицилат)			14,05
Fen (фенантролин)			6,5

$$K_{\text{нест}} (\quad) =$$

$$K_{\text{нест}} (\quad) =$$

Лабораторная работа 8. Влияние различных факторов на образование ГДС и КДС

Обозначения, используемые в лабораторной работе: I — ионная сила, моль/л; V — объем, мл; T — величина светопропускания, %; C — молярная концентрация, моль/л (М).

Развитие мочекаменной болезни зависит от наличия многих факторов. При соединении аниона щавелевой кислоты с катионом Ca^{2+} образуется плохо растворимая соль — CaC_2O_4 , которая существует в виде моногидрата (вевеллит) или дигидрата (ведделлит). Перенасыщение этими солями — важнейшее условие камнеобразования, так как их растворимость не зависит от pH мочи. Наиболее часто выявляются следующие метаболические нарушения: гиперкальциурия и гипероксалурия. Под гипероксалурией понимают повышение экскреции оксалатов с мочой более 40 мг/сут. Оксалаты — конечные продукты нормального метаболизма человека, но они также содержатся в различных продуктах (преимущественно в растительных). Гипероксалурия связана с повышенным употреблением продуктов питания, богатых оксалатом и аскорбиновой кислотой, а также низким потреблением кальция (пищевая гипероксалурия). После всасывания в кишечнике оксалаты поступают в кровь и затем выводятся почками. Возникновение оксалатно-кальциевой кристаллурии может быть обусловлено как нарушением обмена щавелевой кислоты, так и патологией фосфорно-кальциевого обмена.

Способствовать торможению камнеобразования способны соединения, образующие устойчивые комплексы с катионом Ca^{2+} . На процесс камнеобразования влияет электролитный со-

став мочи. Повышение ионной силы раствора приводит к уменьшению активных концентраций компонентов мочи и замедляет процесс образования камней.

Образование CaC_2O_4 проходит две стадии: образование КДС, затем ГДС. В организме срабатывает эффект коллоидной защиты: белки крови препятствуют образованию отложений CaC_2O_4 , поэтому при правильном обмене веществ стадии образования ГДС не происходит. Снижение степени этой защиты приводит к образованию камней в моче- и желчевыводящих путях [2–4, 8, 10–11].

По теме занятия студент должен:

знать условия образования ГДС (ПР, ПК), КДС;

уметь сравнивать свойства ГДС и КДС, составлять формулу мицеллы КДС;

владеть навыками пользования химической посуды, бюреткой, аналитическими весами, прибором фотоколориметром модели КФК или ФЭК.

Цель занятия — в процессе лабораторного практикума оценить влияние различных факторов на процессы образования ГДС и КДС CaC_2O_4 с использованием фотометрического метода.

Задание

Студенты в группе делятся на две группы. Каждая группа делится на три подгруппы (количество человек в подгруппе 1–3).

Первая группа получает золь CaC_2O_4 по методу 1 (избыток CaCl_2). Вторая группа получает золь CaC_2O_4 по методу 2 (избыток $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$). Следует делать описание опытов и строить графики на одной оси координат (три графика вместе) только для своей группы:

Метод 1 мицелла CaC_2O_4 с положительно заряженной гранулой			Метод 2 мицелла CaC_2O_4 с отрицательно заряженной гранулой		
1.1 подгруппа	1.2 подгруппа	1.3 подгруппа	2.1 подгруппа	2.2 подгруппа	2.3 подгруппа
CaCl_2 15 мл + $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ по 0,5 мл	NaCl 0,1 г + CaCl_2 15 мл + $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 2 мл	трилон Б 0,1 г + CaCl_2 15 мл + $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 2 мл	$\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 15 мл + CaCl_2 по 0,5 мл	NaCl 0,1 г + $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 15 мл + CaCl_2 2 мл	трилон Б 0,1 г + $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 15 мл + CaCl_2 2 мл

Группа 1. Получение CaC_2O_4 по методу 1 (избыток CaCl_2)**Ход опыта****Задание для подгруппы 1.1. Получение CaC_2O_4 (метод 1)**

В колбу для титрования налейте 15 мл раствора CaCl_2 с C , равной $2,5 \cdot 10^{-3}$ М. Измерьте T раствора в кюветах на 10 или 30 мм при 318 или 420 нм. Данные запишите в форму, представленную ниже.

Добавьте из бюретки в раствор 0,5 мл раствора $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ с C , равной $2,5 \cdot 10^{-3}$ М. Снова измерьте T раствора, данные запишите в форму, представленную ниже. Прибавляйте дискретно по 0,5 мл $2,5 \cdot 10^{-3}$ М раствора $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ до получения видимого осадка (ГДС). При этом T не должна изменяться существенно.

№ пробы	$V(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4)$, мл	$T_{318-420}$, %	Значение ПК по расчетам	ГДС (+) или (–)
1	—			
2	0,5			
3	1,0			
4	1,5			
5	2,0			
6	2,5			
7	3,0			
8	3,5			

№ пробы	$V(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4)$, мл	$T_{318-420}$, %	Значение ПК по расчетам	ГДС (+) или (-)
9	4,0			
10	4,5			

Задание для подгруппы 1.2. Получение CaC_2O_4 при добавлении хлорида натрия (метод 1)

В колбу для титрования налейте 15 мл раствора CaCl_2 с C , равной $2,5 \cdot 10^{-3}$ М, добавьте 0,1 г NaCl , перемешайте. Измерьте T раствора в кюветах на 10 или 30 мм при 318 или 420 нм. Данные запишите форму, представленную ниже.

Добавьте из бюретки в раствор 2,0 мл раствора $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ с C , равной $2,5 \cdot 10^{-3}$ М. Снова измерьте T раствора, данные запишите в форму, представленную ниже. Прибавляйте дискретно по 2,0 мл раствора $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ с C , равной $2,5 \cdot 10^{-3}$ М до получения видимого осадка (ГДС). При этом T не должна изменяться существенно.

№ пробы	$V(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4)$, мл	$T_{318-420}$, %	Значение ПК по расчетам	ГДС (+) или (-)
1	—			
2	2			
3	4			
4	6			
5	8			
6	10			

№ пробы	$V(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4)$, мл	$T_{318-420}$, %	Значение ПК по расчетам	ГДС (+) или (-)
7	12			
8	14			
9	16			
10	18			

Задание для группы 1.3. Получение CaC_2O_4 при добавлении трилона Б (метод 1)

В колбу для титрования налейте 15 мл раствора CaCl_2 с C , равной $2,5 \cdot 10^{-3}$ М добавьте 0,1 г трилона Б, перемешайте. Измерьте T раствора в кюветах на 30 мм при 318 нм. Данные запишите в форму, представленную ниже.

Добавьте из бюретки в раствор 2,0 мл раствора $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$. Снова измерьте T раствора, данные запишите в форму, представленную ниже. Прибавляйте дискретно по 2,0 мл соответствующих растворов до получения видимого осадка (ГДС). При этом T не должна изменяться существенно.

№ пробы	$V(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4)$, мл	$T_{318-420}$, %	Значение ПК по расчетам	ГДС (+) или (-)
1	—			
2	2			
3	4			
4	6			

№ пробы	$V(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4)$, мл	$T_{318-420}$, %	Значение ПК по расчетам	ГДС (+) или (-)
5	8			
6	10			
7	12			
8	14			
9	16			
10	18			

1. Обоснуйте расчетом образование осадка CaC_2O_4 при дискретном сливании двух вышеназванных растворов для своей группы.

2. Напишите уравнение реакции его образования ГДС, КДС (мицелла с положительно заряженной гранулой).

3. Рассчитайте изменение ионной силы раствора при добавлении 0,1 г NaCl. Сделайте вывод о влиянии I на процесс образования ГДС.

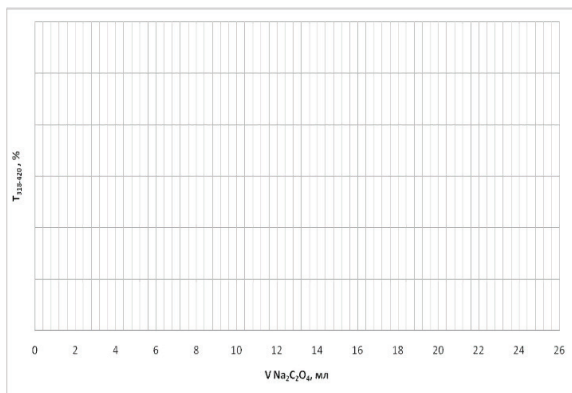
4. Напишите формулу трилона Б. Будет ли устойчивым комплекс Ca^{2+} с трилоном Б при добавлении $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$?

Выведите константу совмещенного гетерогенного равновесия.

Сделайте вывод о влиянии комплексообразования на процесс образования ГДС.

5. На одной оси координат постройте все три графика зависимости $T, \%$, (ось y) от V добавленного $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$, мл (ось x).

Сделайте вывод по ходу кривых о процессах образования КДС и ГДС под влиянием каждого фактора.



Группа 2. Получение CaC_2O_4 по методу 2 (избыток $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$)

Ход опыта

Задание для подгруппы 2.1. Получение CaC_2O_4 (метод 2)

В колбу для титрования налейте 15 мл раствора $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ с C , равной $2,5 \cdot 10^{-3}$ М. Измерьте T раствора в кюветах 10 или 30 мм при 318 или 420 нм. Данные запишите в форму, представленную ниже.

Добавьте из бюретки в раствор 0,5 мл раствора CaCl_2 с C , равной $2,5 \cdot 10^{-3}$ М. Снова измерьте T раствора, данные запишите в форму, представленную ниже. Прибавляйте дискретно по 0,5 мл раствора CaCl_2 с C , равной $2,5 \cdot 10^{-3}$ М до получения видимого осадка (ГДС). При этом T не должна изменяться существенно.

№ пробы	$V(\text{CaCl}_2)$, мл	$T_{318-420}$, %	Значение ПК по расчетам	ГДС (+) или (–)
1	—			
2	0,5			
3	1,0			

№ пробы	$V(\text{CaCl}_2)$, мл	$T_{318-420}$, %	Значение ПК по расчетам	ГДС (+) или (-)
4	1,5			
5	2,0			
6	2,5			
7	3,0			
8	3,5			
9	4,0			
10	4,5			

Задание для подгруппы 2.2. Получение CaC_2O_4 (метод 2) при добавлении NaCl

В колбу для титрования налейте 15 мл раствора $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ с C , равной $2,5 \cdot 10^{-3}$ М, добавьте 0,1 г NaCl , перемешайте. Измерьте T раствора в кюветах на 10 или 30 мм при 318 или 420 нм. Данные запишите в форму, представленную ниже.

Добавьте из бюретки в раствор 2,0 мл раствора CaCl_2 с C , равной $2,5 \cdot 10^{-3}$ М. Снова измерьте T раствора, данные запишите в форму, представленную ниже. Прибавляйте дискретно по 2,0 мл раствора CaCl_2 с C , равной $2,5 \cdot 10^{-3}$ М до получения видимого осадка (ГДС). При этом T не должна изменяться существенно.

№ пробы	$V(\text{CaCl}_2)$, мл	$T_{318-420}$, %	Значение ПК по расчетам	ГДС (+) или (-)
1	—			
2	2			

№ пробы	$V(\text{CaCl}_2)$, мл	$T_{318-420}$, %	Значение ПК по расчетам	ГДС (+) или (–)
3	4			
4	6			
5	8			
6	10			
7	12			
8	14			
9	16			
10	18			

Задание для подгруппы 2.3. Получение CaC_2O_4 при добавлении трилона Б (метод 2)

В колбу для титрования налейте 15 мл раствора $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ с C , равной $2,5 \cdot 10^{-3}$ М, добавьте 0,1 г трилона Б, перемешайте. Измерьте T раствора в кюветах на 30 мм при 318 нм. Данные запишите в форму, представленную ниже.

Добавьте из бюретки в раствор 2,0 мл раствора CaCl_2 . Снова измерьте T раствора, данные запишите в форму, представленную ниже. Прибавляйте дискретно по 2,0 мл соответствующих растворов до получения видимого осадка (ГДС). При этом величина светопропускания не должна изменяться существенно.

№ пробы	$V(\text{CaCl}_2)$, мл	$T_{318-420}$, %	Значение ПК по расчетам	ГДС (+) или (–)
1	—			
2	2			

Лабораторная работа 8

№ пробы	$V(\text{CaCl}_2)$, мл	$T_{318-420}$, %	Значение ПК по расчетам	ГДС (+) или (-)
3	4			
4	6			
5	8			
6	10			
7	12			
8	14			
9	16			
10	18			

1. Обоснуйте расчетом образование осадка CaC_2O_4 при дискретном сливании двух вышеназванных растворов для своей группы.

2. Напишите уравнение реакции его образования ГДС, КДС (мицелла с отрицательно заряженной гранулой).

3. Рассчитайте изменение I раствора при добавлении 0,1 г NaCl. Сделайте вывод о влиянии I на процесс образования ГДС.

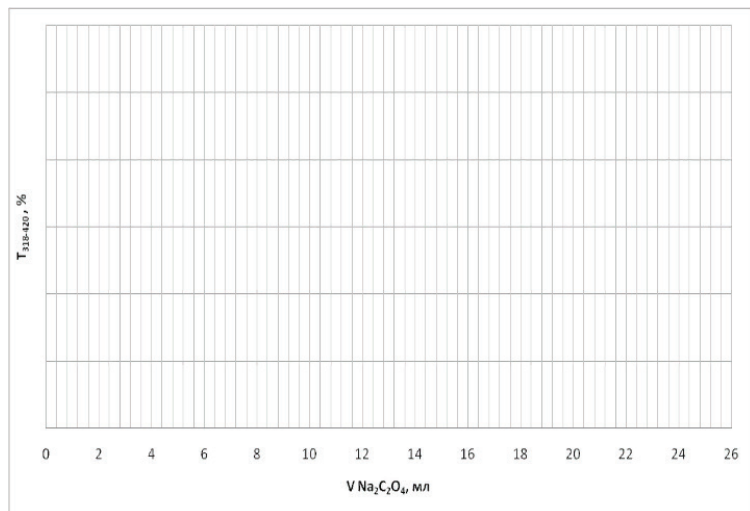
4. Напишите формулу трилона Б. Будет ли устойчивым комплекс Ca^{2+} с трилоном Б при добавлении $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$?

Выведите константу совмещенного гетерогенного равновесия.

Сделайте вывод о влиянии комплексообразования на процесс образования ГДС.

5. На одной оси координат постройте все три графика $T, \%$ (ось y) от V добавленного $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$, мл (ось x).

Сделайте вывод по ходу кривых о процессах образования КДС и ГДС под влиянием каждого фактора.



Общие выводы по работе

Контрольные вопросы

1. Заполните форму.

Дисперсная система	Дисперсная фаза	Дисперсионная среда	Примеры
Эмульсия			
Суспензия			
Аэрозоль			
Пена			

2. Заполните форму.

Лекарственный препарат	Тип дисперсной системы	Дисперсная фаза	Дисперсионная среда
Спиртовой раствор йода			
Цинковая мазь			
Алмагель			

3. Укажите размеры частиц дисперсной фазы:

- для КДС;

- ГДС.

4. Перечислите условия растворения осадка.

5. Укажите способы, способствующие торможению камнеобразования и растворению уже сформировавшихся конкрементов, используемые в медицине.

Приложения

Приложение 1. Дополнительные методики определения физико-химических свойств водных растворов лекарственных препаратов и биологических жидкостей

Обозначения, используемые в лабораторной работе: S — площадь, мм; A — половина наибольшего диаметра, мм; B — половина наименьшего диаметра, мм; h — высота, см; m — масса, г; V — объем, мл; σ — поверхностное натяжение, эрг/см²; ρ — плотность, г/мл.

Адсорбция на жидкой поверхности. Определение поверхностного натяжения растворов методом пятна и капиллярного поднятия

Опыт 1. Определение поверхностного натяжения по размеру пятна

Ход опыта

Возьмите три бумажные салфетки высокой плотности (бумажные фильтры). Подпишите название вещества, которое будете капать (вода, мыло, соль).

С помощью глазной пипетки на каждую бумажную салфетку нанесите по 3 капли воды или исследуемого вещества с высоты

1 см от ее поверхности. Капли не должны сливаться. Через 1 минуту обведите контур пятна карандашом.

Рассчитайте площадь пятна по формуле:

$$S = A \cdot B \cdot \pi,$$

где A — половина наибольшего диаметра, мм, B — половина наименьшего диаметра, мм, π — число π (3,14). Опыт повторите 2–3 раза.

σ раствора рассчитайте по формуле:

$$\sigma_{\text{сл}} = \sigma_{\text{воды}} \cdot \frac{\bar{S}_{\text{сл}} \cdot \rho_{\text{сл}}}{S_{\text{воды}} \cdot \rho_{\text{воды}}},$$

где ρ раствора NaCl примите равной 1,35 г/мл, ρ раствора мыла — 0,995 г/мл, $S_{\text{сл}}$ — площадь пятна исследуемого раствора x , мм², $S_{\text{воды}}$ — площадь пятна воды, мм², $\sigma_{\text{воды}}$ — 72,75 эрг/см².

Результаты внесите в формы.

№	Вода				Исследуемый раствор ПАВ				$\sigma_{\text{ПАВ}}$, эрг/см ² (мН/м)
	A , мм	B , мм	S_i , мм ²	$\bar{S} = \frac{\sum S_i}{n}$, мм ²	A , мм	B , мм	S_i , мм ²	$\bar{S} = \frac{\sum S_i}{n}$, мм ²	
1									
2									
3									

№	Вода				Исследуемый раствор ПИАВ				$\sigma_{\text{ПИАВ}}$, эрг/см ² (мН/м)
	A , мм	B , мм	S_i , мм ²	$\bar{S} = \frac{\sum S_i}{n}$, мм ²	A , мм	B , мм	S_i , мм ²	$\bar{S} = \frac{\sum S_i}{n}$, мм ²	
1									
2									
3						15			

Опыт 2. Определение поверхностного натяжения методом капиллярного поднятия жидкости

Ход опыта

В стакан налейте небольшое количество воды и опустите капилляр, не доводя его до дна стакана. Дождитесь поднятия жидкости. Линейкой измерьте расстояние между уровнем жидкости в капилляре и уровнем жидкости в стакане в мм. Данные запишите в форму, представленную ниже. Аналогично проведите опыт с раствором ПАВ. Опустите капилляр на одну и ту же глубину. Перед каждым экспериментом капилляр следует промыть.

Исследуемый раствор	h , мм	ρ , г/мл	σ , эрг/см ²
Вода		1,000	72,75
Раствор ПАВ		0,995	

Рассчитайте поверхностное натяжение по приведенной формуле:

$$\sigma_x = \sigma_{\text{воды}} \cdot \frac{h_x \cdot \rho_x}{h_{\text{воды}} \cdot \rho_{\text{воды}}},$$

где $\sigma_{\text{воды}} = 72,75$ эрг/см², σ_x — поверхностное натяжение исследуемой жидкости, эрг/см², $h_{\text{воды}}$ — высота поднятия воды в капилляре, мм, h_x — высота поднятия исследуемой жидкости в капилляре, мм, ρ_x — плотность исследуемой жидкости, г/мл, $\rho_{\text{воды}}$ — плотность воды, г/мл.

Определение плотности растворов

Опыт 1. Определение плотности растворов ареометрическим методом

Ход опыта

Возьмите исследуемый раствор и налейте его в мерный цилиндр. Начните определение с самого легкого ареометра. Ареометр представляет собой запаянную трубку: в верхней части находится шкала значений ρ , в нижней — груз, залитый парафином.

Опустите ареометр в исследуемую жидкость аккуратно по середине цилиндра так, чтобы он не соприкасался со стенками сосуда. Если ареометр выталкивается раствором, то он не подошел. Выньте его из цилиндра и опустите в приготовленный стакан с водой. Возьмите следующий ареометр с большим значением. В случае, если ареометр подходит для определения ρ раствора, на уровне глаз посмотрите, где шкала ареометра пересекается с поверхностью жидкости (по нижней линии мениска). Значение на ареометре показывает плотность в кг/м^3 или г/см^3 . Запишите значение плотности раствора. Выньте ареометр, перенесите в стакан с водой.

По окончании измерений использованные ареометры промойте водой, высушите и уберите в ящик.

Опыт 2. Определение плотности растворов путем определения массы определенного объема жидкости

Ход опыта

На аналитические весы установите химический стакан, обнулите значение m . Затем с помощью резиновой груши пипеткой отберите анализируемую жидкость до уровня выше метки 10 мл. Слейте излишек жидкости и перенесите нужный V в стакан на весах. Зафиксируйте m жидкости.

Рассчитайте ρ исследуемого раствора как отношение m раствора к V раствора (10 мл).

Приложение 2.

Дополнительные лабораторные работы

Лабораторная работа. Растворы электролитов. Методы определения pH биологических жидкостей

Обозначения, используемые в лабораторной работе: $K_{\text{иониз}}$ — константа ионизации; C — молярная концентрация, моль/л (М).

Представления о кислотно-основном равновесии и, в частности, протолитических реакциях необходимы врачу при изучении процессов, протекающих в биологических жидкостях живого организма.

В свете протолитической теории кислотно-основное равновесие, т. е. соотношение протонов и гидроксильных ионов в тканях организма, зависит от общего количества соединений кислотного и основного характера и степени их диссоциации в растворе. Реакция среды биологических жидкостей (желудочный сок, плазма крови, кишечный сок, слюна, моча, желчь, внутриклеточные жидкости) определяется их электролитным составом и биологической функцией жидкостей. Нарушения в деятельности органов, вырабатывающих биологические жидкости, приводят к изменениям pH последних, и наоборот, длительное смещение кислотно-основного равновесия биологических жидкостей вызывает отклонение в работе этих органов.

Лекарственные препараты, применяемые для лечения, претерпевают различные протолитические реакции в водных растворах и желудочном соке, что необходимо учитывать при назначении лекарств, а также при необходимости применения последних в капсулах. Для определения рН растворов электролитов, каковыми являются биологические жидкости организма, в клинике используют следующие методы: колориметрический и потенциометрический.

Колориметрический метод основан на сравнении окраски индикатора в исследуемой пробе с эталонной шкалой, его основное достоинство — экспрессность. Более точным и современным методом определения рН биологических сред является метод потенциометрии, суть которого состоит в измерении электродвижущей силы гальванической цепи (рН раствора), состоящей из индикаторного и вспомогательного электродов, опущенных в исследуемый раствор. При этом различают прямую потенциометрию, позволяющую определять концентрацию свободных ионов гидроксония в водном растворе (рН), и потенциометрическое титрование, при котором устанавливается общее содержание кислых слабоионизирующих продуктов обмена [4]. Потенциометрический метод имеет ряд преимуществ перед колориметрическим, а именно погрешность потенциометрического титрования составляет 0,5—1 %, потенциометрия позволяет проводить анализ окрашенных и мутных биологических жидкостей.

По теме занятия студент должен:

знать теоретические основы теории электролитической диссоциации: сильные электролиты, слабые электролиты, степень ионизации, константа ионизации, водородный и гидроксильный показатели и способы их расчета;

уметь оценивать реакцию среды растворов и делать выводы о состоянии органов по результатам определения;

владеть:

- навыками работы с лабораторной посудой и приборами (рН-метром);
- навыками расчета водородного и гидроксильного показателей растворов при разных температурах.

Цель занятия:

- сформировать знания свойств электролитов и неэлектролитов;
- выработать умение решать задачи на расчет водородного и гидроксильного показателей и концентраций электролитов;
- овладеть практическими навыками измерения pH биологических жидкостей колориметрическим и потенциометрическим методами;
- оценить достоинства недостатки данных методов.

Задание

При подготовке к лабораторной работе:

- ознакомьтесь с методикой проведения экспериментов;
- правилами работы на pH-метре в приложении;
- ответьте на контрольные вопросы.

На практическом занятии:

- выполните необходимые измерения и занесите полученные значения в форму;
- проанализируйте достоинства и недостатки используемых методов и оцените состояние исследуемых растворов;
- запишите общий вывод к работе.

**Опыт 1. Колориметрическое определение
pH биологических жидкостей**

Ход опыта

Колориметрическое определение pH биологических жидкостей проводят с помощью универсальной индикаторной бумаги.

В стеклянный стаканчик с помощью мерного цилиндра налейте 20–30 мл исследуемой жидкости и погрузите в нее полоску индикаторной бумаги. Быстро достаньте полоску бумаги и сравните ее окраску с цветной шкалой (стаканчики с исследуемыми растворами сохраните для следующего опыта).

Результаты определения pH занесите в форму.

Приложения

Биологическая жидкость	Желчь	Желудочный сок	Плазма крови
Значение pH			

Перечислите достоинства колориметрического метода.

Перечислите недостатки колориметрического метода.

Опыт 2. Потенциометрическое определение pH биологических жидкостей

Ход опыта

Потенциометрическое определение pH растворов проводят с помощью потенциометра со стеклянным электродом.

Основываясь на информации о нормальных значениях pH биологических жидкостей, сделайте заключение (ацидоз/алкалоз) и запишите его в форму.

Приложения

Биологическая жидкость	Желчь	Желудочный сок	Плазма крови
Нормальное значение рН	6,5–7,3	0,9–2,3	7,32–7,40
Значение рН по прибору			
Отклонение (ацидоз/алкалоз)			

Перечислите достоинства потенциометрического метода.

Перечислите недостатки потенциометрического метода.

Опыт 3. Влияние одноименных ионов на степень ионизации слабых электролитов

Ход опыта

В пробирку налейте 1 мл CH_3COOH .

Колориметрическим методом описанным в опыте 1 определите рН раствора CH_3COOH . Затем в пробирку добавьте несколько кристаллов CH_3COONa , перемешайте до полного растворения и снова определите рН раствора.

Заполните форму. Запишите значения рН и сделайте вывод.

Уравнение ионизации CH_3COOH	
Выражение константы равновесия реакции ионизации CH_3COOH	
Уравнение диссоциации CH_3COONa	

Раствор CH_3COOH :

pH =

Раствор CH_3COOH с добавлением CH_3COONa :

pH =

Выводы

Подчеркните правильный вариант и допишите недостающие сведения.

При добавлении к раствору CH_3COOH кристаллов $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2\text{Na}$ pH раствора **увеличивается / уменьшается / не изменяется**, т.к. **увеличивается / уменьшается / не изменяется** концентрация ионов (укажите, каких).

Равновесие реакции ионизации уксусной кислоты смещается в сторону **прямой / обратной реакции**, так как увеличивается концентрация одноименных ионов (укажите, каких), степень ионизации уксусной кислоты **увеличивается / уменьшается / не изменяется**.

Общие выводы по работе

Контрольные вопросы

1. Впишите необходимые определения, уравнения ионизации и формулы для расчета.

$K_{\text{иониз}}$ —

Выражение для расчета $K_{\text{иониз}}$ бинарного электролита в общем виде:

Для каждого электролита запишите уравнение ионизации по первой ступени и выражение для $K_{\text{иониз}}$ по первой ступени.

Электролит	Уравнение ионизации по первой ступени	Выражение для $K_{\text{иониз}}$ по первой ступени
H_3PO_4		
раствор NH_3		
H_2CO_3		

2. Впишите необходимые определения и формулы для расчета. Укажите влияние различных факторов на величину степени ионизации.

Степень ионизации —

Формула для расчета степени ионизации:

Для каждого изменения фактора укажите его влияние (увеличивает/уменьшает/не влияет) на степень ионизации.

Увеличение температуры	
Разбавление раствора	
Увеличение концентрации слабого электролита	
Уменьшение температуры	
Добавление в раствор угольной кислоты кристалликов пищевой соды	

3. Впишите необходимые определения, уравнения ионизации и формулы.

Рассчитайте рН и рОН для растворов с известной C ионов H^+ .

Определение	Формула для расчета
рН —	рН =
рОН —	рОН =
Ионное произведение воды	рН + рОН = (25 °C) рН + рОН = (37 °C)

Рассчитайте рН и рОН растворов с известной C ионов H^+ при $25\text{ }^{\circ}C$:

C_{H^+} , моль/л	10^{-3}	0,01	0,00005	0,0023
рН				
рОН				

4. Рассчитайте C ионов водорода и гидроксильных ионов, если известно значение рН.

Жидкость	Раствор соды при $25\text{ }^{\circ}C$	Моча при $37\text{ }^{\circ}C$	Апельсиновый сок при $25\text{ }^{\circ}C$	Слюна при $37\text{ }^{\circ}C$
рН	8	6,2	3	6,6
C_{H^+} , моль/л				
C_{OH^-} , моль/л				

5. Впишите необходимые определения и выполните расчеты.

Ацидоз —

Алкалоз —

Сделайте заключение о состоянии биологической жидкости по ее значению рН, сравнивая его со значениями в норме.

Биологическая жидкость	Желудочный сок	Плазма крови	Желчь	Слюна	Моча
Значение рН	0,5	7,46	7,5	6,3	8
Нормальное значение	0,9–2,5	7,32–7,40	6,5–7,3	6,35–6,85	5,5–6,5
Отклонение (ацидоз/алкалоз)					

Лабораторная работа. Метод кондуктометрии. Определение электрической проводимости желудочного сока

Обозначения, используемые в лабораторной работе: C — молярная концентрация, моль/м³ (моль/дм³); κ — электропроводность, мкСм/см (См/м); λ — молярная электропроводимость, м²/Ом; α — степень ионизации; K — константа ионизации; $\bar{K}$ — среднее значение константы ионизации.

Кондуктометрией называют физико-химический метод исследования, основанный на измерении электрической проводимости жидких сред. Кондуктометрия находит применение в биохимических, физиологических, санитарно-гигиенических и клинических исследованиях. Этот метод используют для определения общего содержания электролитов в различных биологических объектах: плазме крови, желудочном соке, моче, тканевой жидкости, а также в воде, продуктах питания [3–4].

κ клеток и тканей определяется концентрацией свободных ионов, по ней судят о проницаемости клеточных мембран для ионов. Повышение электрической проводимости указывает на увеличение свободных ионов, уменьшение — на то, что их концентрация падает [4].

Сущность всех кондуктометрических методов сводится к измерению сопротивления или κ .

По теме занятия студент должен:

знать теоретические основы теории электролитической диссоциации: сильные электролиты, слабые электролиты, степень ионизации, K , закон Освальда;

уметь:

- оценивать влияние состава раствора на его свойства (α);
- делать вывод о составе раствора по величине его α ;

владеть навыками работы с лабораторной посудой и приборами (кондуктометром).

Цель занятия:

- изучить основы кондуктометрического метода анализа;
- исследовать поведение слабого электролита при разведении методом прямой кондуктометрии.

Задание

При подготовке к лабораторной работе:

- ознакомьтесь с методикой проведения экспериментов;
- правилами работы на кондуктометре в приложении;
- ответьте на контрольные вопросы.

На практическом занятии:

- выполните необходимые измерения и занесите полученные значения в форму;
- выполните необходимые расчеты и определите значение константы ионизации уксусной кислоты;
- запишите общий вывод к работе.

Опыт 1. Определение электрической проводимости желудочного сока

Для измерений используйте стеклянный пальчиковый стакан. Опустите датчик в исследуемый раствор до полного смачивания поверхности ячейки и ускорения процесса установления температурного режима. Включите прибор. Дайте прибору прогреться 3 минуты. Выполните измерение. После каждого измерения ополаскивайте датчик водой и подсушивайте фильтровальной бумагой.

гой. Полученные значения удельной κ проб желудочного сока занесите в форму, сравнив с нормой (гиперкислотность — выше 1,25, норма — 1,0–1,25, гипокислотность — 0,8–1,0, бескислотность — меньше 0,8).

Проба желудочного сока	κ , См/м	Вывод
Проба № 1		
Проба № 2		

Кислотность желудочного сока соответствует состоянию _____

Опыт 2. Кондуктометрическое определение константы и степени ионизации слабого электролита (CH_3COOH) в водных растворах

Измерьте удельную κ пяти растворов CH_3COOH с различной C , данные занесите в столбцы 1 и 3 формы.

№	C , моль/дм ³	C , моль/м ³	κ , мкСм/см	κ , См/м	λ , м ² /Ом	α	K
1							
2							
3							
4							
5							

Выполните расчеты.

1. Рассчитайте по формуле λ :

$$\lambda = \frac{\kappa}{C},$$

где κ — электрическая проводимость, См/м; C — молярная концентрация, моль/м³.

Перед началом расчетов выполните перевод величин κ и C в корректные единицы измерения и заполните столбцы 2 и 4 в форме, представленной выше.

Для каждой строки в форме приведите подробный расчет величины λ . Указывайте единицы измерения используемых и полученных величин.

$\lambda_1 =$

$\lambda_2 =$

$\lambda_3 =$

$\lambda_4 =$

$\lambda_5 =$

2. Вычислите молярную κ раствора при бесконечном разведении по закону Кольрауша:

$$\lambda_{\infty} = \lambda_{+} + \lambda_{-},$$

где λ_{+} , λ_{-} — подвижности катионов и анионов (справочные данные). Для этого выпишите из справочника значения с указанием единиц измерения:

$$\lambda_+ =$$

$$\lambda_- =$$

$$\lambda_\infty =$$

3. Рассчитайте α кислоты для каждого раствора по формуле:

$$\alpha = \frac{\lambda}{\lambda_\infty} .$$

Результаты занесите в столбец 6 формы, представленной выше.

$$\alpha_1 =$$

$$\alpha_2 =$$

$$\alpha_3 =$$

$$\alpha_4 =$$

$$\alpha_5 =$$

4. Вычислите величину K по закону разведения Оствальда:

$$K = \frac{\alpha^2 C}{1 - \alpha} .$$

Используйте значения C из столбца 1 формы, представленной выше.

$$K_1 =$$

$$K_2 =$$

$$K_3 =$$

$$K_4 =$$

$$K_5 =$$

5. Рассчитайте $\bar{K}$.

6. Сравните $\bar{K}$ со справочным значением и рассчитайте относительную ошибку ее определения:

$$\text{относ. ошибка} = \frac{K_{\text{сп}} - K_{\text{экс}}}{K_{\text{сп}}} \cdot 100 \% \cdot$$

Выводы

1. Выберите правильный ответ и продолжите фразу.

Степень ионизации кислоты при разведении **увеличивается** /
уменьшается, т. к.

2. Приведите схематичный вид графика в координатах « $\alpha - \frac{1}{C}$ ».

Выберите правильный ответ и продолжите фразу.

Молярная α раствора кислоты с разведением **увеличивается** /
уменьшается, т. к.

Приведите схематичный вид графика в координатах « $\lambda - \frac{1}{C}$ ».

Общий вывод

Контрольные вопросы

1. Дайте определения, укажите обозначение величины, запишите соответствующие формулы для расчета и единицы измерения:

Величина	Обозначение величины	Определение и/или формула для расчета	Единица измерения
Степень ионизации			
K			
α			
Удельная α			
Удельная α при бесконечном разведении			

2. Рассчитайте pH 0,1 М раствора CH_3COOH при 25 °С, если величина его удельной α равна $1,56 \cdot 10^{-4} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$.

Приложение 3.

Примеры учебно-исследовательских работ студента

Тема 1. Получение и исследование свойств комплексных соединений цинка и меди с органическими лигандами

Обозначения, используемые в лабораторной работе: V — объем, мл; C — концентрация, ммоль/л (М); C_e — молярная концентрация эквивалента, моль-экв/л; κ — электропроводимость, мкСм/см; σ — поверхностное натяжение, эрг/см².

Актуальность темы

Для экологической ситуации промышленных городов Свердловской области (в том числе и Екатеринбурга) характерно загрязнение среды обитания токсичными металлами, обладающими разносторонним вредным действием на организм человека.

Для всех регионов ионы Zn^{2+} и ионы $Cu^{1+/2+}$ являются эссенциальными микроэлементами. Ионы Zn^{2+} необходимы:

- для нормальной пролиферации и дифференцировки клеток;
- синтеза белков и активации иммунитета;
- нормального усвоения углеводов и жиров;
- поддержания вкусовой и обонятельной чувствительности;
- обеспечения стабильности сетчатки и прозрачности хрусталика глаза;
- нормального развития и функционирования половых органов;

- метаболизма витамина Е;
- расщепления алкоголя в организме, так как входит в состав алкогольдегидрогеназы.

Ионы $\text{Cu}^{1+/2+}$ участвуют в антиоксидантной защите клеток и синтезе коллагена, повышают активность инсулина.

Но повышенное содержание ионов может явиться причиной патологического состояния. Избыток ионов Zn^{2+} вызывает тошноту и недостаток важнейших микроэлементов, множественные расстройства половой, иммунной и других систем организма. Избыток ионов $\text{Cu}^{1+/2+}$ накапливается в головном мозгу и может стать катализатором ряда патологий: болезнь Альцгеймера, тремор, нарушение речи, психоз, головные боли.

Ионы Zn^{2+} и $\text{Cu}^{1+/2+}$ могут поступать в организм человека различными путями: через воздух, воду и продукты питания. Проведенный обзор литературы показывает, что ионы Zn^{2+} и $\text{Cu}^{1+/2+}$ могут накапливаться в различных продуктах питания (табл. 1).

Таблица 1

Содержание ионов тяжелых металлов в различных продуктах питания

Продукт питания	$\text{Cu}^{1+/2+}$, мг/г продукта		Zn^{2+} , мг/г продукта	
	Среднее содержание	Норма	Среднее содержание	Норма
Курица	2,24	5	23,78	70
Телятина	1,2	5	5,1	70
Индейка	0,8	5	14,8	70
Свинина	1,1	5	0,1	70
Гречка	1,1	10	2,4	50
Рис	0,1	10	0,4	50
Яйцо куриное	0,023	3	3	50

Цель исследования — оценка адсорбционной способности овощей по отношению к ионам Zn^{2+} и ионам $\text{Cu}^{1+/2+}$.

Объекты исследования:

Названия органических веществ	Названия неорганических веществ	Названия адсорбентов
• Глицин; • аланин; • глутаминовая кислота; • аргинин; • фенилаланин; • цистеин; • лизин; • аспарагиновая кислота; • гистидин	• Соединения $\text{Cu}^{1+/2+}$ (сульфат меди); • соединения Zn^{2+} (сульфат цинка)	Продукты питания: • картофель; • брокколи; • цветная капуста; • морковь; • банан; • слива; • яблоко. Растительные сорбенты: • петрушка; • укроп; • шпинат; • листья салата; • базилик; • сельдерей. Адсорбенты: • черный уголь; • белый уголь; • энтеросгель; • полисорб; • каолин. Пектин

Теоретическая часть работы

Литературный обзор должен отражать:

- цель исследовательской работы;
- справочные данные о получаемом комплексном соединении, аминокислотах или других веществах, которые используются в экспериментальной части работы;
- влияние ионов Zn^{2+} и $\text{Cu}^{1+/2+}$ на состояние организма;
- биологическая роль органического лиганда.

Литературный обзор должен включать научные статьи, опубликованные не ранее 2010 года, по темам, представленным в форме ниже. Текст статей приводится с полной библиографической ссылкой.

№	Темы обзора литературы	Число студентов	ФИО
1	Аминокислотный состав белка рыбы и животных		
2	Содержание МЕ в окружающей среде. Факторы, влияющие на содержание МЕ		
3	Содержание ионов МЕ в организме человека и продуктах питания		
4	Влияние ионов МЕ на организм человека		
5	Методы выведения ионов МЕ из организма человека		
6	Природные (энтеросорбенты) и синтетические сорбенты. Применение в медицине		

Экспериментальная часть работы

Занятие 1

1.1. Приготовление водных растворов ME^{2+}

Исходный раствор: соли металла с C , равной 0,1 моль/л (М).

Рассчитайте, какой V исходного раствора **соли металла** необходимо взять для приготовления 50 мл растворов с концентрациями $C = 0,00125$ н; $C = 0,0025$ н; $C = 0,005$ н; $C = 0,01$ н путем разбавления (каждый студент получает индивидуальное задание

у преподавателя). Проверьте расчет у преподавателя. Занесите данные в форму.

C_3 (ME^{2+}), моль-экв/л (теоретически)	0,00125	0,0025	0,005	0,01
$V_{\text{исх. р-ра}}$, мл (0,1 н)				
$V_{\text{мерн. колбы}}$, мл	50	50	50	50
$V_{\text{аликвоты}}$ (на анализ), мл				
$V_1/V_2/V_3$ трилона Б (на титр-е), мл				
$V_{\text{сред. трилона Б}}$ (на титр-е), мл				
C_3 (ME^{2+}), моль-экв/л (установленная концентрация)				
Концентрация ME^{2+} , мг/л				
α , мкСм/см				
pH				

В мерную колбу вместимостью 50 мл поместите рассчитанный $V_{\text{исх. р-ра}}$, добавьте до метки дистиллированную воду, перемешайте. Измерьте pH, α растворов. Занесите данные в форму, представленную выше.

1.2. Определение концентрации ионов ME в приготовленных растворах трилонометрическим методом

Методика определения содержания ионов Zn^{2+} . В коническую колбу отмерьте пипеткой 5 мл приготовленного раствора, добавьте 5 мл аммиачного буферного раствора (pH = 10,0), 10 мл дистиллированной воды, несколько кристаллов индикатора хромогена черного. Исследуемый раствор приобретает винно-красную окраску.

Титруйте из бюретки трилоном Б до перехода окраски в сине-фиолетовую.

Определите $V_{\text{сред. трилона Б}}$, пошедшее на титрование, рассчитайте содержание ионов Zn^{2+} в растворе.

Методика определения содержания ионов Cu^{2+} . В коническую колбу отмерьте пипеткой 5 мл приготовленного раствора, добавьте 3 мл аммиачного буферного раствора ($\text{pH} = 10,0$), 5 мл дистиллированной воды, 1 лопаточку (в один слой) кристаллов индикатора мурексида. Исследуемый раствор приобретает желто-соломенную окраску.

Титруйте из бюретки трилоном Б до перехода окраски в розово-фиолетовую. Опыт повторите дважды.

Определите $V_{\text{сред. трилона Б}}$, пошедшее на титрование, рассчитайте содержание ионов Cu^{2+} в растворе:

$$C_{\text{M}}(\text{ME}^{2+}) = \frac{V_{\text{трилона Б}} \cdot 0,01}{5} =$$

Результаты анализа занести в форму, представленную ниже.

Сравните полученное значение C со значением, заданным преподавателем. Оцените точность методики.

Занятие 2

2.1. Приготовление модельных растворов аминокислот

Исходные вещества: водные растворы аминокислот с C , равной 0,1 моль/л (M).

Рассчитайте, какой V исходного раствора аминокислот необходимо взять для приготовления 50 мл раствора с заданной C (каждый студент получает индивидуальное задание у преподавателя). Проверьте расчет у преподавателя. Занесите данные в форму.

Названия вещества в растворе	Формула	M , г/моль	Количество г в 50 мл раствора 0,1 М	моль/1 мл раствора
Глицин				
Аланин				
Глутаминовая кислота				

Приложения

Названия вещества в растворе	Формула	M , г/моль	Количество г в 50 мл раствора 0,1 М	моль/1 мл раствора
Аргинин				
Фенилаланин				
Цистеин				
Лизин				
Аспарагиновая кислота				
Гистидин				

В мерную колбу вместимостью 50 мл поместите рассчитанный V исходного раствора, добавьте до метки дистиллированную воду. Перемешайте раствор и поместите в другую емкость, подпишите название и C раствора. Измерьте pH, α растворов. Занесите данные в форму.

С аминокислот, моль/л (теоретически)	H_2O дист.	0,005	0,01	0,02	0,03	0,04
Название аминокислоты						
$V_{\text{мерн. колбы}}$, мл		50	50	50	50	50
$V_{\text{исх. р-ра}}$, мл (0,1 М)						
α , мкСм/см						
pH						
σ^* , эрг/см ²						

Примечание: * — определить σ в двух растворах с C , равной 0,1 М и 0,01 М.

Занятие 3

Приготовление водных растворов модельных систем и определение физико-химических показателей: α , рН, σ

Необходимо приготовить по 50 мл модельных растворов с заданной концентрацией (заданным соотношением МЕ : АК = 1 : 1, 1 : 2, 1 : 3 и т.д.).

Приготовление модельных растворов. Отмерьте пипеткой рассчитанный V исходного раствора органического вещества (см. табл. 7), перенесите в мерную колбу на 50 мл. Туда же отмерьте пипеткой V раствора с заданной C ионов ME^{2+} . Доведите раствор до метки дистиллированной водой. Перемешайте раствор. Все растворы необходимо сохранить для выполнения последующих заданий.

Показатели	Н ₂ О дист.	C, моль/л				
		0,005	0,01	0,02	0,03	0,04
$V_{\text{р-ра иона ME}}, \text{ мл}$						
Название аминокислоты						
$V_{\text{р-ра аминокислоты}}, \text{ мл}$						
Соотношение МЕ : АК						
α , мкСм/см						
σ^* , эрг/см ²						

Примечание: * — определить σ в двух растворах с концентрацией 0,1 М и 0,01 М.

Показатели	Н ₂ О дист.	C, моль/л				
		0,005	0,01	0,02	0,03	0,04
$V_{\text{р-ра Рb}}, \text{ мл}$						
Название аминокислоты						

Показатели	Н ₂ О дист.	С, моль/л				
		0,005	0,01	0,02	0,03	0,04
$V_{\text{р-ра аминокислоты}}, \text{ мл}$						
Соотношение МЕ : АК						
$\alpha, \text{ мксм/см}$						
$\sigma^*, \text{ эрг/см}^2$						

Примечание: * — определить σ в двух растворах с концентрацией 0,1 М и 0,01 М по аминокислотам.

Занятие 4

Исследование адсорбционных свойств модельных растворов

Исследование адсорбционных свойств модельных растворов (методом трилонометрии)

В чистые стаканчики с помощью мерного цилиндра налейте по 20 мл анализируемых растворов и добавьте 5 г измельченного адсорбента (согласуйте с преподавателем).

Содержимое каждого стакана перемешайте и через 20/40/60 минут (согласуйте время с преподавателем) отфильтруйте с помощью смоченного в дистиллированной воде фильтра на воронке. Методом трилонометрии определите С ионов МЕ в растворе после адсорбции. Результаты опыта занесите в формы, представленные ниже.

С (МЕ ²⁺), моль/л	0,0025 М	0,005 М
Название аминокислоты		
Соотношение МЕ : АК		

Приложения

$V_{\text{раствора}}, \text{ мл}$	20	20
$V_{\text{аликвоты}}$ (модельного раствора на анализ), мл		
$V_1/V_2/V_3$ трилона Б (на титр-е), мл		
$V_{\text{сред. трилона Б}}$ (на титр-е), мл		
C_3 (ME^{2+}), моль-экв/л		
Концентрация ME^{2+} , мг/л (после адсорбции)		

Наименование адсорбента, соотношение МЕ : АК	Масса адсорбента, г	$C_{\text{исх}}$ (до адс.), мг/л	C после (после адс.), мг/л	ΔC , мг/л	Степень извлечения $\frac{\Delta C}{C_{\text{исх}}} \cdot 100, \%$	Адсорбция, мг/г

Занятие 5

Оценка жирорастворимости комплексных соединений

Биологические жидкости являются водными растворами, а биологические мембраны — на 90 % состоят из липидов. Растворимость в липидах способствует проникновению комплексных соединений внутрь клетки.

Оценку жирорастворимости комплексных соединений можно провести следующим образом: в распределительную воронку (или шприц) налейте 5 мл раствора, содержащего КС с заданным преподавателем соотношением «металл — лиганд (аминокислота)», 5 мл оливкового масла.

Перемешайте, раствор должен отстаиваться 25 минут, до момента, когда вода станет прозрачной.

Произведите отбор раствора и определите C ионов МЕ трилонометрическим методом до и после экстракции (возможно использование метода осмометрии).

Результаты эксперимента занести в формы.

$C(\text{МЕ}^{2+})$, моль/л	0,0025	0,005
Название аминокислоты		
Соотношение МЕ: АК		
$V_{\text{р-ра}}$, мл	5	5
$V_{\text{масла}}$, мл	5	5
$V_{\text{аликвоты}}$ (модельного раствора на анализ), мл		
$V_1/V_2/V_3$ трилона Б (на титр-е), мл		
$V_{\text{сред. трилона Б}}$ (на титр-е), мл		
$C_3(\text{МЕ}^{2+})$, моль-экв/л		
$C(\text{МЕ}^{2+})$, моль/л (после экстракции)		

$C(\text{ME}^{2+})$ до экстракции, моль/л	C лиганда, мг/л ООУ	$C(\text{ME}^{2+})$ после экстракции, моль/л	Степень извлечения $\frac{\Delta C}{C_{\text{доэкстр}}} \cdot 100, \%$
0,0025			
0,005			

Занятие 6

Влияние pH на процессы адсорбции ионов ME
продуктами питания (pH = 2, pH = 5)

Повторение этапа 4: исследование адсорбционных свойств модельных растворов (методом трилонометрии). Подготовка адсорбента для эксперимента: 5 г фрукта или овоща поместить в соляную кислоту ($V = 25$ мл, $C_{\text{с}} = 1$ моль-экв/л) на 10 минут, pH = 2.

В чистые стаканчики с помощью мерного цилиндра налейте по 50 мл анализируемых растворов и добавьте 5 г измельченного адсорбента (согласовать с преподавателем). Содержимое каждого стакана перемешайте и через 30–60 минут отфильтруйте с помощью смоченного в дистиллированной воде фильтра на воронке. Методом трилонометрии определите концентрацию ионов (соединения) в растворе после адсорбции. Результаты опыта занесите в таблицы.

Тема 2. Исследование физико-химических свойств детских стиральных порошков

Обозначения, используемые в лабораторной работе: V — объем, мл; H — высота столба пены, мм; m — масса, г; n — число капель; Y — устойчивость пены; σ — поверхностное натяжение, эрг/см²; ω — массовая доля, %; κ — электропроводность, мкСм/см.

Актуальность темы

Жизнь современного человека невозможна без использования синтетических моющих средств — высокоэффективных моющих препаратов, предназначенных для удаления загрязнений с различных поверхностей. Существует большое количество категорий моющих средств в зависимости от их агрегатного состояния, назначения, состава, типа загрязнителя и т. д.

Стиральные порошки — это порошкообразные синтетические моющие средства, применяемые для стирки вещей. Их моющее действие обеспечивается за счет сложных параллельно и последовательно протекающих процессов смачивания, пептизации и эмульгирования, для реализации которых нужны вещества различной природы и строения, каждое из них выполняет специфическую функцию. Несмотря на широкий ассортимент стиральных порошков, представленных на рынке, их состав во многом похож: поверхностно активные вещества, отбеливатель, компоненты для смягчения жесткости воды и энзимы для удаления белковых загрязнений. Среди них могут быть продукты нефтепереработки, потенциальные аллергены и нездоровые компоненты. Информация о составе синтетических моющих средств, указанная на упаковке, не дает полного представления о составе, безопасности и эффективности стирального порошка, а значит у потребителя отсутствует возможность сделать рациональный выбор.

Цель работы — оценить и сравнить безопасность стиральных порошков для кожи ребенка.

Объекты исследования: детские стиральные порошки разных производителей.

Теоретическая часть работы

Литературный обзор должен отражать:

- цель исследовательской работы;
- справочные данные о составе стиральных порошков, ассортименте их на отечественном рынке;
- влияние компонентов стиральных порошков на организм человека;
- влияние использования стиральных порошков на экологию.

Литературный обзор должен включать научные статьи по темам, представленным в форме ниже и опубликованным не ранее 2014 года. Текст статей приводится с полной библиографической ссылкой.

№	Темы обзора литературы	Число студентов	ФИО
1	Основные нормативные документы, регламентирующие состав стиральных порошков		
2	Описание ассортимента синтетических моющих средств на отечественном рынке		
3	Данные об аллергенности или потенциальной аллергенности компонентов, используемых в составе стиральных порошков, а также данные о влиянии использования стиральных порошков или отдельных компонентов на экологию		

№	Темы обзора литературы	Число студентов	ФИО
4	Анализ научных статей по исследованию свойств стиральных порошков (потребительские свойства и др.)		

Экспериментальная часть работы

Занятие 1. Оценка показателей безопасности исследуемых стиральных порошков

1.1 Анализ состава стиральных порошков

Проанализируйте состав исследуемых стиральных порошков и заполните форму:

Компонент	Порошок № 1	Порошок № 2	Порошок № 3	Порошок № 4
Неионогенные ПАВ, %				

Сделайте вывод о содержании небезопасных компонентов в исследуемых стиральных порошках.

1.2. Определение водородного показателя и пенообразующей способности исследуемых стиральных порошков

Приготовление 1%-х растворов исследуемых стиральных порошков.

В коническую термостойкую колбу поместите навеску 1 г исследуемого порошка и 99 мл (отмерьте пипеткой) дистиллированной воды. Подогреть 5 минут на водяной бане и перемешивать стеклянной палочкой в течение 10–15 минут до полного растворения.

Определение водородного показателя растворов исследуемых порошков. Для определения водородного показателя с помощью рН-метра заполните стеклянный пальчиковый стакан до середины раствором и опустите в него электрод. Повторить измерение 3 раза.

Результат запишите в форму, сделайте вывод о соответствии водородного показателя исследуемых порошков ГОСТ 32479-2013.

Исследуемый порошок	рН	Среднее значение рН	Норма по ГОСТУ 32479-2013	Закключение
			7,5–11,5	

Определение пенообразующей способности и кинетики устойчивости пены исследуемых стиральных порошков. Порцию ($V = 50$ мл) подогретого до $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 1 %-го раствора стирального порошка поместите в мерный цилиндр ($V = 200$ мл) и энергично встряхивайте в течение 15 секунд.

С помощью линейки определите высоту столба пены в мм сразу после встряхивания (H_0) и по истечении 5 минут (H_5).

Рассчитайте $У$ пены по формуле: $У = \frac{H_5}{H_0}$.

Результаты измерений и расчетов занесите в форму, представленную ниже.

Сравните показатели $У$ пены и пенообразующей способности исследуемых стиральных порошков с ГОСТ 25644-96 и сделайте вывод.

Для построения кинетической кривой Y пены продолжайте измерения высоты столба пены по истечении 10 и 15 минут после встряхивания.

Результаты занесите в форму.

Постройте зависимость высоты пенного столба от времени.

Исследуемый порошок	H_0 , мм	H_5 , мм	Y	H_{10} , мм	H_{15} , мм	Закключение по ГОСТ 32479-2013

Согласно ГОСТ 32479-2013 пенообразующая способность стирального порошка должна быть не более 200 мм, а устойчивость пены — не более 0,3.

Занятие 2. Исследование химического состава стиральных порошков

Определение массовой доли активного кислорода в исследуемых стиральных порошках (выполняется только при наличии в составе кислородсодержащих отбеливателей)

Тщательно разотрите в ступке 5 г стирального порошка.

На аналитических весах с точностью до четвертого знака после запятой определите m пустого химического стакана вместимостью 150 мл и m химического стакана с навеской порошка.

К навеске порошка добавьте 100 мл дистиллированной воды, нагретой до 40 °С, тщательно перемешайте стеклянной палочкой до растворения порошка.

Перелейте раствор в мерную колбу на 500 мл и доведите V раствора до метки дистиллированной водой.

В коническую колбу вместимостью 250 мл добавьте 100 мл (отмерять цилиндром) раствора исследуемого порошка, 25 мл раствора H_2SO_4 (отмерять цилиндром), 10 мл раствора KI, отмерьте их цилиндром, и на кончике шпателя небольшое количество мо-

либденовокислого аммония. Тщательно перемешайте, накройте колбу часовым стеклом и оставьте на 3 минуты в темном месте.

После этого титруйте раствором $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ до тех пор, пока окраска раствора не посветлеет. Добавьте 2–3 мл крахмала и продолжайте по каплям добавлять $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ до обесцвечивания синей окраски.

Запишите в тетрадь $V \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$, пошедший на титрование. Повторите еще 2 раза.

Пользуясь средним значением $V \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$, рассчитайте ω активного кислорода по формуле, выданной преподавателем.

Сравните определенные показатели нормируемых величин и сделайте вывод о химическом составе исследуемых стиральных порошков.

Согласно ГОСТ 32479-2013 ω активного кислорода нормируется в пределах от 0,3 до 14 %.

Занятие 3. Определение ККМ растворов исследуемых порошков

3.1. Определение ККМ растворов исследуемых стиральных порошков, приготовленных в дистиллированной воде

В коническую термостойкую колбу поместите навеску 1 г исследуемого порошка и 99 мл (отмерьте пипеткой) дистиллированной воды.

Подогревайте в течение 5 минут на водяной бане и перемешивайте стеклянной палочкой в течение 10–15 минут до полного растворения.

Методом разбавления приготовьте из данного раствора серию растворов с массовыми долями 0,5; 0,2; 0,1; 0,05; 0,01; 0,005 %.

Рассчитанные значения исходного раствора занесите в форму.

С помощью сталагмометра определите n для каждого из растворов и рассчитайте σ .

Результаты измерений и расчетов занесите в форму.

Постройте графики зависимости σ от ω стирального порошка. Определите ККМ.

$\omega, \%$	$n_{\text{воды}}$	$n_{\text{р-ра}}$	ρ	σ	ККМ
0,005					
0,01					
0,05					
0,1					
0,2					
0,5					

3.2. Определение ККМ растворов исследуемых стиральных порошков, приготовленных в жесткой воде

Сначала необходимо определить жесткость исходного раствора: 10 мл исследуемого раствора исследуемой воды поместите в колбу для титрования, добавьте 5 мл аммиачного буферного раствора, после — индикатор Хромоген черный, отмерив его на кончике шпателя, и титруйте раствором трилона Б до перехода окраски из винно-красного в синий. Средний $V_{\text{трилона Б}}$ по итогам трех определений используйте для расчета жесткости (C_0) исследуемой воды.

Используйте воду с известной жесткостью для приготовления растворов с массовыми долями 0,5; 0,2; 0,1; 0,05; 0,01; 0,005 %. Повторите измерения в п. 3.1.

По результатам занятий 3 и 4 заполните форму.

Порошок	Дистиллированная вода			Жесткая вода			Моющая способность, %
	ККМ1, %	ККМ2, %	$\sigma_{\text{ККМ}}$	ККМ1	ККМ2	$\sigma_{\text{ККМ}}$	

Занятие 4. Определение безопасности исследуемых стиральных порошков

4.1. Определение физико-химических показателей воды

1. Подготовка пробы воды (выполняется дома). Постиранную в стиральной машине вещь на 2 часа замочить в 1 л водопроводной воды, тщательно прополоскать и отжать, затем наполнить этой водой бутылку 500 мл.

2. Работа с исследуемой водой (выполняется на занятии). Для каждой пробы определить σ сталагмометрическим способом, α , жесткость и pH. Сравнить с аналогичными показателями чистой водопроводной воды.

3. Повторить измерения, проводящиеся на занятии 1, в водопроводной воде.

Тема 3. Исследование физико-химических показателей кисломолочных продуктов

Обозначения, используемые в лабораторной работе: V — объем, мл; C — молярная концентрация, моль/л (М); $C_{\text{э}}$ — молярная концентрация эквивалента, моль-экв/л; κ — электропроводность, мкСм/см; ω — процент извлечения, %; T — титруемая кислотность, °Т; $B_{\text{к}}$ — буферная емкость по кислоте, моль-экв/л; $B_{\text{о}}$ — буферная емкость по основанию, моль-экв/л.

Актуальность темы

Кефир — кисломолочный напиток, получаемый из цельного или обезжиренного коровьего молока путем кисломолочного и спиртового брожения с применением нескольких видов микроорганизмов: молочнокислых стрептококков и палочек, уксуснокислых бактерий и дрожжей.

Актуальность темы исследования обусловлена главным преимуществом кефира перед другими молочными продуктами: он быстро усваивается организмом, содержит необходимые макро- и микроэлементы, белки, витамины и другие питательные вещества¹. Содержащаяся в кефире МК нормализует работу кишечника, обладает бактериостатическим действием. Микроорганизмы, присутствующие в кефире, препятствуют размножению патогенных и гнилостных бактерий в организме человека.

Использование кефира в качестве лечебно-профилактического питания способствует улучшению самочувствия, работоспособности, снижает общую и профессиональную заболеваемость людей. Принципиальная возможность использования кисломолочных продуктов для профилактики и лечения некоторых ин-

¹ Дьяченко А. Н. Оценка качества кефира // Достижения науки и образования. 2017. № 5 (18). С. 9–12.

токсикаций тяжелыми металлами известна давно. МК — одна из предполагаемых составляющих, способная связывать ионы тяжелых металлов в комплексные соединения.

Кефир характеризуется следующими физико-химическими показателями: общей (титруемой) и активной кислотностью, плотностью, вязкостью, органолептическими свойствами, температурой замерзания. По изменению физико-химических свойств можно судить о качестве кисломолочного напитка.

Объекты исследования:

- кисломолочный продукт (далее — кефир);
- МК;
- растворы ионов свинца (II).

Теоретическая часть работы

Литературный обзор должен отражать:

- цель исследовательской работы;
- данные ГОСТ и СанПиН, регламентирующие органолептические и физико-химические свойства, состав и жирность кисломолочного напитка кефира; применение его в качестве лечебно-профилактического питания;
- влияние ионов Pb^{2+} на организм человека; предельно допустимые концентрации ионов Pb^{2+} в воздухе, питьевой воде, продуктах питания, на производствах;
- способы попадания ионов Pb^{2+} в организм человека, меры профилактики интоксикации; способы выведения ионов Pb^{2+} из организма;
- современные исследования комплексообразующей активности аминокислот и белков, МК по отношению к ионам Pb^{2+} , липидорастворимости соединений Pb.

Литературный обзор должен включать научные статьи по темам, представленным в форме ниже и опубликованным не ранее 2014 года. Текст статей приводится с полной библиографической ссылкой.

№	Темы обзора литературы	Число студентов	ФИО
1	Кефир в лечебно-профилактическом питании (постановления госорганов, статьи, стандарты)		
2	Кефир, его составные части, физико-химические показатели, ГОСТы		
3	Предельно допустимые концентрации ионов Pb^{2+} в воздухе, питьевой воде, продуктах питания, на производствах. Способы попадания ионов Pb^{2+} в организм человека. Влияние ионов Pb^{2+} на организм человека. Способы выведения ионов Pb^{2+} из организма		
4	Комплексообразующая активность МК по отношению к ионам Pb^{2+}		
5	Комплексообразующая активность аминокислот и белков по отношению к ионам Pb^{2+}		
6	Комплексообразующая активность жиров по отношению к ионам Pb^{2+} , липидорастворимость соединений Pb		

Экспериментальная часть работы

Занятие 1. Определение органолептических показателей

Требования, предъявляемые к качеству кефира, характеризуются органолептическими и физико-химическими показателями, также регламентируется, в соответствии с СанПиН, и микробиологические показатели качества, регламентируемые стандартом.

Согласно ГОСТ 52093-2003 «Кефир. Технические условия», по органолептическим характеристикам продукт должен соответствовать требованиям таблицы 1.

Таблица 1

**Органолептические показатели кефира по ГОСТ 52093-2003.
Кефир. Технические условия**

Наименование показателя	Характеристика (пример)
Вкус и запах	Чистые, кисломолочные, без посторонних привкусов и запахов. Вкус слегка острый, допускается дрожжевой привкус
Цвет	Молочно-белый, равномерный по всей массе
Консистенция и внешний вид	Однородная, с нарушенным или ненарушенным сгустком. Допускается газообразование, вызванное действием микрофлоры кефирных грибов

Согласно ГОСТ 52093-2003 «Кефир. Технические условия» по физико-химическим показателям продукт должен соответствовать нормам, указанным в формах, представленных ниже.

Наименование показателя	Норма	
Массовая доля жира продукта, %:	0,1;	
Обезжиренный;	0,3; 0,5; 1,0;	
Нежирный;	1,2; 1,5; 2,0; 2,5;	
Маложирный;	2,7; 3,0; 3,2; 3,5; 4,0; 4,5;	
Классический;	4,7; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0;	
Жирный;	7,2; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5	
Высокожирный		

Наименование показателя	Нормы для продукта	
	Обезжиренного, нежирного, маложирного	Классического, жирного, высокожирного
Массовая доля белка, % не менее	2,8	2,6
Кислотности, °Т, не более	От 85 до 130	
Температура при выпуске с предприятия, °С	4 ± 2	

1. Используя данные таблицы 1 по органолептическим показателям, дайте характеристику образцам кефира.
2. Используйте в дальнейшей работе данные норм физико-химических показателей кефира, указанных в форме, представленной выше.

Занятие 2. Определение рН, величины удельной электропроводности

2.1. Определение величины рН кефира методом потенциометрии

Потенциометрическое определение рН растворов проводят с помощью потенциометра со стеклянным и хлорсеребряным электродами.

Активная кислотность (рН) определяется C ионов водорода, является одним из показателей качества кефира. Для свежего кефира рН находится в пределах 4,3–4,4, т. е. имеет кислую среду, что связано с наличием в кефире МК, солей фосфорной и лимонной кислот, белков, CO_2 . Наиболее сильное влияние на рН кефира оказывают процессы обмена веществ многочисленных бактерий¹.

Результаты измерений занесите в форму (см. п. 2.2.).

2.2. Определение удельной κ кефира методом кондуктометрии

Кондуктометрическое определение удельной κ растворов проводят с помощью кондуктометра. κ растворов зависит от C свободных ионов: повышение κ указывает на увеличение свободных ионов, уменьшение — на то, что их C падает.

κ кефира обусловлена наличием в нем ионов H^+ , K^+ , Na^+ , Ca^{2+} и других ионов. κ повышается при нарастании кислотности кефира и снижается при разбавлении его водой. Концентрирование кефира вследствие повышения вязкости и усиления межионных взаимодействий приводит к снижению κ [4].

¹ Кривчун Е. А., Романова Е. А. Экспресс-оценка основных физико-химических показателей молока // Завалишинские чтения 19: сб. докл. конф. СПб. : ГУАП, 2019. С. 300–302. EDN: <https://elibrary.ru/tnxrje>.

Ход определения:

Измерение α проводите в соответствии с инструкцией к прибору.

Результаты занесите в форму.

Тип кефира	Норма pH 4,3–4,4	Норма α , мкСм/см
	pH	α
дистиллированная H ₂ O		

Занятие 3. Определение титруемой кислотности кефира

$^{\circ}T$ является важнейшим показателем свежести молока и кисломолочных продуктов. Она показывает концентрацию составных частей молочных и кисломолочных напитков, имеющих кислотный характер. Она выражается в градусах Тернера ($^{\circ}T$) и для свежесквашенного молока составляет 16–18 $^{\circ}T$, для кефира — 85–130 $^{\circ}T$. Основными компонентами кефира, обуславливающими $^{\circ}T$, являются прежде всего МК, далее — фосфорнокислые соли Ca^{2+} , Na^{1+} , K^{1+} , лимоннокислые соли, растворенный CO_2 , белки. Эти соединения в кефире находятся как в диссоциированной, так и недиссоциированной форме в состоянии динамического равновесия.

Повышение $^{\circ}T$ вызывает нежелательные изменения его свойств, а именно снижает устойчивость белков к нагреванию¹.

Ход определения:

В коническую колбу отмерьте 10 мл кефира и 20 мл дистиллированной воды, добавьте 3 капли раствора фенолфталеина.

Смесь тщательно перемешайте и титруйте раствором NaOH до появления слабо-розового окрашивания, не исчезающего в течение 1 минуты.

¹Кривчун Е. А., Романова Е. А. Экспресс-оценка основных физико-химических показателей молока ... EDN: <https://elibrary.ru/tnxrje>.

Число миллилитров NaOH, пошедших на титрование, умножьте на 10. Полученное число называется кислотностью кефира в °Т.

В норме кислотность упакованного кефира составляет 85–130 °Т. Для каждого напитка опыт повторите 2 раза и рассчитайте среднее значение.

1 °Т кефира — это 1 мл 0,1 н раствора щелочи, пошедшей на титрование 100 мл кефира, разбавленного водой в 2 раза.

Результаты измерения и расчетов занесите в форму.

Тип кефира	$V_{\text{кефира}}$ титруемый, мл	$V_{0,1 \text{ н р-ра NaOH, мл.}}$ $V_1/V_2/V_{\text{средний}}$	$V_{0,1 \text{ н р-ра NaOH, мл, пересчитанный}}$ на 100 мл кефира	°Т, °Т. Норма 85–130 °Т

Занятие 4. Определение буферной емкости кефира

Разные молочные и кисломолочные напитки обладают различной буферной способностью в зависимости от содержания в нем белков, фосфатов и нитратов, что обусловлено наличием буферных систем: белковой, фосфатной, цитратной, бикарбонатной. Буферные системы, как известно, обладают способностью препятствовать изменению величины рН при добавлении кислоты или щелочи. Молоко, содержащее много белков, имеет более высокую титруемую кислотность, большую буферность, вследствие чего оно более стойко, чем молоко с низкой кислотностью. Аналогично с кефиром. Буферная способность белков молока и кефира объясняется наличием в их молекулах аминных и карбоксильных групп. Кислота, добавленная в молоко или образовавшаяся в результате молочнокислого брожения, связывается белками.

Количественной мерой буферных свойств растворов является B^1 .

B кефира — это V (мл/л) 0,1 н раствора NaOH или 0,1 н раствора HCl, который требуется прибавить к 100 мл/0,1 л кефира, чтобы изменить его pH на единицу.

Буферные свойства молока играют большую роль при изготовлении кисломолочных продуктов и сыра, особенно в жизнедеятельности молочнокислых бактерий, имеющих строго определенный оптимум величины pH. Данный показатель важен и для детского питания. Все заменители женского молока имеют существенный недостаток — высокую B , в 3–4 раза превышающую B женского молока. Высокая B заменителей женского молока является причиной напряженной деятельности пищеварительных желез новорожденных, так как от ее величины зависит количество HCl, выделяемой желудком для получения необходимого pH желудочного содержимого как при естественном, так и искусственном вскармливании [3].

Ход опыта

В один чистый стакан с помощью мерного цилиндра налейте 30 мл кефира, добавьте отмеренные пипеткой 3 мл 0,1 н раствора щелочи (NaOH). Содержимое стакана перемешайте и определите pH прибором.

Результаты измерений и расчетов занесите в форму.

В другой чистый стакан с помощью мерного цилиндра налейте 30 мл кефира, добавьте отмеренные пипеткой 3 мл 0,1 н раствора HCl. Содержимое стакана перемешайте и определите pH прибором.

Результаты измерений и расчетов занесите в форму.

Рассчитайте B_o и B_k кефира, моль-экв/л:

по основанию:

$$B_o = \frac{C_{\text{щелочи}} \cdot V_{\text{щелочи}}}{\Delta \text{pH} \cdot V_{\text{кефира}}}$$

¹ Технология продуктов детского питания // А. Н. Петров, А. Г. Галстян, А. Ю. Просяков, С. Ю. Юрьева. Кемерово : Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2006. 156 с.

по кислоте:

$$B_{\kappa} = \frac{C_{\varepsilon} \cdot V_{\text{кислоты}}}{\Delta pH \cdot V_{\text{кефира}}}$$

Тип кефира	pH кефира до добавления щелочи и кислоты	pH кефира после добавления щелочи	ΔpH	B_{ε} , ммоль-экв/л. Норма ммоль-экв/л	B_{κ} , ммоль-экв/л. Норма ммоль-экв/л

Занятие 5. Исследование физико-химических свойств растворов ионов Pb^{2+} и МК

5.1. Приготовление водных растворов

Исходный раствор: 0,05 М водный раствор $Pb(CH_3COO)_2$.

Рассчитайте, какой V исходного раствора соли Pb^{2+} необходимо взять для приготовления 50/100 мл растворов с молярными концентрациями $C = 0,01$ моль/л; $C = 0,005$ моль/л; $C = 0,0025$ моль/л; $C = 0,00125$ моль/л, путем разбавления (каждый студент получает индивидуальное задание у преподавателя). Проверьте расчет у преподавателя.

5.2. Определение концентрации ионов Pb^{2+} в приготовленных растворах трилонометрическим методом

Определите содержание Pb^{2+} в приготовленном растворе. Результаты анализа занести в форму.

Сравните полученное значение концентрации со значением, заданным преподавателем. Оцените точность методики.

Приложения

$C(\text{Pb}^{2+})$, моль/л (теоретически)	0,00125	0,0025	0,005	0,01
$C_{\text{э}}(\text{Pb}^{2+})$, моль-экв/л (теоретически)	0,0025	0,005	0,01	0,02
$V_{\text{исх. р-ра}}(\text{Pb}^{2+})$, мл (0,05 М)	1,25	2,5	5	10
$V_{\text{мерн. колбы}}$, мл	50	50	50	50
$V_{\text{аликвоты}}$ (на анализ), мл	2	2	2	2
$V_1/V_2/V_3$ трилона Б (на титр-е), мл				
$V_{\text{средн. трилона Б}}$ (на титр-е), мл				
$C_{\text{э}}(\text{Pb}^{2+})$, моль-экв/л (установленная концентрация)				
$C(\text{Pb}^{2+})$, моль/л (установленная концентрация)				
$C(\text{Pb}^{2+})$, мг/л				
α , мкСм/см				
рН				

5.3. Приготовление водных растворов МК

Исходный раствор: 0,05 М водный раствор МК.

Рассчитайте, какой V исходного раствора МК необходимо взять для приготовления 50/100 мл растворов с молярными концентрациями $C = 0,01$ моль/л; $C = 0,005$ моль/л; $C = 0,0025$ моль/л; $C = 0,00125$ моль/л, путем разбавления (каждый студент получает индивидуальное задание у преподавателя). Занесите данные в форму.

$C(\text{МК})$, моль/л	0,00125	0,0025	0,005	0,01
$V_{\text{исх. р-ра}}(\text{МК})$, мл (0,05 М)	1,25	2,5	5	10
$V_{\text{мерн. колбы}}$, мл	50	50	50	50
α , мкСм/см				
рН				

Занятие 6. Исследование физико-химических свойств модельных растворов ионов Pb^{2+} в присутствии МК

6.1. Приготовление модельных растворов ионов Pb^{2+} в присутствии МК

Исходные вещества: 0,05 М водные растворы $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ и МК.

Необходимо приготовить по 50 мл модельных растворов с заданной С (заданным соотношением $\text{Pb} : \text{МК} = 2 : 1, 1 : 1, 1 : 2, 1 : 4$), отмечено в формах, представленных ниже.

Приготовление модельных растворов: отмерьте пипеткой рассчитанный V исходного раствора МК, перенесите в мерную колбу на 50 мл. Туда же отмерьте пипеткой V раствора с заданной концентрацией ионов Pb^{2+} . Доведите раствор до метки дистиллированной водой, закройте пробкой. Перемешайте раствор. Измерьте pH и α растворов. Занесите данные в формы, представленные ниже.

Показатели	H_2O дист.	Модельные растворы			
		2 : 1	1 : 1	1 : 2	1 : 4
$V_{\text{мерн. колбы}}, \text{мл}$	—	50	50	50	50
$V_{\text{исх. р-ра}}(\text{Pb}^{2+}), \text{мл}$ (0,05 М)	—	5,0	5,0	5,0	5,0
$V_{\text{исх. р-ра}} \text{МК}, \text{мл}$ (0,05 М)	—	2,5	5,0	10,0	20,0
α , мкСм/см					
pH					

Примечание: С ионов $\text{Pb} = 0,005 \text{ М}$.

Показатели	H_2O дист.	Модельные растворы			
		2 : 1	1 : 1	1 : 2	1 : 4
$V_{\text{мерн. колбы}}, \text{мл}$	—	50	50	50	50
$V_{\text{исх. р-ра}}(\text{Pb}^{2+}), \text{мл}$ (0,05 М)	—	2,5	2,5	2,5	2,5

Показатели	Н ₂ О дист.	Модельные растворы			
		2 : 1	1 : 1	1 : 2	1 : 4
$V_{\text{исх. р-ра}}$ МК, мл (0,05 М)	—	1,25	2,5	5,0	10,0
α , мкСм/см					
рН					

Примечание: С ионов Pb = 0,0025 М.

Показатели	Н ₂ О дист.	Модельные растворы			
		2 : 1	1 : 1	1 : 2	1 : 4
$V_{\text{мерн. колбы}}$, мл	—	50	50	50	50
$V_{\text{исх. р-ра}}$ (Pb ²⁺), мл (0,05 М)	—	1,25	1,25	1,25	1,25
$V_{\text{исх. р-ра}}$ МК, мл (0,05 М)	—	0,625	1,25	2,5	5,0
α , мкСм/см					
рН					

Примечание: С ионов Pb = 0,00125 М.

Занятие 7. Исследование влияния ионов свинца на физико-химические показатели кефира

7.1. Определение электропроводности растворов кефира в присутствии ионов Pb²⁺

К 30 мл кефира добавьте 1, 2, 3, 4, 5 мл 0,005/0,0025 М раствора свинца, измерьте α . Также для сравнения измерьте α растворов ионов Pb²⁺ без кефира.

Измерение κ проводите в соответствии с инструкцией к прибору. Результаты занести в формы.

Тип кефира	κ , мкСм/см	κ , мкСм/см	κ , мкСм/см	κ , мкСм/см	κ , мкСм/см	κ , мкСм/см
	Без ионов свинца	1 мл	2 мл	3 мл	4 мл	5 мл
H ₂ O дист	мкСм/см					

Примечание: C ионов Pb = 0,005 M.

Тип кефира	κ , мкСм/см	κ , мкСм/см	κ , мкСм/см	κ , мкСм/см	κ , мкСм/см	κ , мкСм/см
	Без ионов свинца	1 мл	2 мл	3 мл	4 мл	5 мл
H ₂ O дист	мкСм/см					

Примечание: C ионов Pb = 0,0025 M.

7.2. Определение σ T кефира в присутствии ионов Pb²⁺

В коническую колбу отмерьте 10 мл кефира и 20 мл дистиллированной воды, добавьте 3 капли раствора фенолфталейна.

Смесь тщательно перемешайте и титруйте раствором NaOH до появления слабо-розового окрашивания, не исчезающего в течение 1 минуты.

Число миллилитров NaOH, пошедших на титрование, умножают на 10. Полученное число называется кислотностью кефира в градусах Тернера (°Т).

В норме кислотность упакованного кефира составляет 85–130 °Т.

1 °Т кефира — это 1 мл 0,1 н раствора щелочи, пошедшей на титрование 100 мл кефира, разбавленного водой в 2 раза.

Аналогичным образом определите титруемую кислотность образцов кефира в присутствии 1, 2, 3, 4, 5 мл ионов Pb^{2+} (растворы 0,005 М и 0,0025 М).

Для этого воспользуйтесь растворами, приготовленными в ходе предыдущего опыта.

Результаты измерения и расчетов занесите в формы.

Тип кефира	°Т	°Т	°Т	°Т	°Т	°Т
	Без ионов свинца	1 мл	2 мл	3 мл	4 мл	5 мл

Примечание: С ионов Pb = 0,005 М.

Тип кефира	°Т	°Т	°Т	°Т	°Т	°Т
	Без ионов свинца	1 мл	2 мл	3 мл	4 мл	5 мл

Тип кефира	$^{\circ}T$	$^{\circ}T$	$^{\circ}T$	$^{\circ}T$	$^{\circ}T$	$^{\circ}T$
	Без ионов свинца	1 мл	2 мл	3 мл	4 мл	5 мл

Примечание: C ионов $Pb = 0,0025 M$.

Занятие 8. Исследование липидорастворимости ионов свинца в присутствии МК

Биологические жидкости являются водными растворами, а биологические мембраны — на 90 % состоят из липидов. Растворимость в липидах способствует проникновению комплексных соединений внутрь клетки.

Ход опыта

В мерной пробирке соедините 5 мл раствора ионов Pb^{2+} с МК (используйте приготовленные модельные растворы) и 5 мл льняного масла. Тщательно перемешайте. Дайте раствору отстояться 15–20 мин, пока водная фаза не станет прозрачной.

С помощью трилометрического метода определите содержание Pb^{2+} в водной среде (количества ионов Pb^{2+} , не перешедших в масляную фазу).

Результаты титрования занести в формы.

Рассчитайте процент извлечения ионов Pb^{2+} из водного раствора в масляную фазу по формуле:

$$\omega = \frac{(C \text{ до экстракции} - C \text{ после экстракции})}{C \text{ до экстракции}} \cdot 100 \% =$$

$C (Pb^{2+})$, моль/л (теоретически)	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
$C_3 (Pb^{2+})$, моль-экв/л (теоретически)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

Приложения

Соотношение Pb^{2+} : МК	Без МК	2 : 1	1 : 1	1 : 2	1 : 4
$V_{\text{аликвоты}}$ (на анализ), мл	2	2	2	2	2
$V_1/V_2/V_3$ трилона Б (на титр-е), мл (до экстракции)					
$V_{\text{средн. трилона Б}}$ (на титр-е), мл (до экстракции)					
C_3 (Pb^{2+}), моль-экв/л (до экстракции)					
C (Pb^{2+}), моль/л (до экстракции)					
$V_1/V_2/V_3$ трилона Б (на титр-е), мл (после экстракции)					
$V_{\text{средн. трилона Б}}$ (на титр-е), мл (после экстракции)					
C_3 (Pb^{2+}), моль-экв/л (после экстракции)					
C (Pb^{2+}), моль/л (после экстракции)					
ω (Pb^{2+}), %					
C (Pb^{2+}), моль/л (теоретически)	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025
C_3 (Pb^{2+}), моль-экв/л (теоретически)	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Соотношение Pb^{2+} : МК	Без МК	2 : 1	1 : 1	1 : 2	1 : 4
$V_{\text{аликвоты}}$ (на анализ), мл	2	2	2	2	2
$V_1/V_2/V_3$ трилона Б (на титр-е), мл (до экстракции)					
$V_{\text{средн. трилона Б}}$ (на титр-е), мл (до экстракции)					
C_3 (Pb^{2+}), моль-экв/л (до экстракции)					

Приложения

$C(\text{Pb}^{2+})$, моль/л (до экстракции)					
$V_1/V_2/V_3$ трилона Б (на титр-е), мл (после экстракции)					
$V_{\text{средн. трилона Б}}$ (на титр-е), мл (после экстракции)					
$C_3(\text{Pb}^{2+})$, моль-экв/л (после экстракции)					
$C(\text{Pb}^{2+})$, моль/л (после экстракции)					
$\omega(\text{Pb}^{2+})$, %					
$V_1/V_2/V_3$ трилона Б (на титр-е), мл					
$V_{\text{средн. трилона Б}}$ (на титр-е), мл					
$C_3(\text{Pb}^{2+})$, моль-экв/л (до экстракции)					
$C_3(\text{Pb}^{2+})$, моль-экв/л (после экстракции)					
$C(\text{Pb}^{2+})$ моль/л (после экстракции)					
Концентрация Pb^{2+} , мг/л					
Процент извлечения Pb^{2+} , ω , %					

Дополнительно.

Определение присутствия крахмала в кефире

Ход опыта

К 20 мл кефира добавьте 2 мл 1 %-го йода.

Наблюдайте изменение окраски раствора.

Чистый кефир приобретает желтую окраску. Результаты наблюдений занесите в форму.

Тип кефира	Норма окраски	Наблюдаемая окраска
Н2 О дист.		

Определение пероксидазы

Отсутствие пероксидазы говорит о высокой эффективности пастеризации молока, которое используют для производства кефира, так как пероксидаза разрушается при температуре 75 °С.

Наличие пероксидазы устанавливают, вводя в кефир H_2O_2 и йодистокалиевый крахмал. Пероксидаза, содержащаяся в кефире, разлагает H_2O_2 , и освобождающийся при этом кислород окисляет йодистый калий с выделением йода, который образует с крахмалом соединение синего цвета.

При отсутствии фермента пероксидазы цвет кефира в пробирке не изменится, следовательно, молоко, использованное для производства кефира, пастеризовали при температуре выше +75 °С.

При наличии пероксидазы кефир приобретает темно-синее окрашивание¹.

Ход опыта

К 5 мл кефира добавьте 5 капель йодистокалиевого крахмала и 5 капель 0,5 %-го раствора H_2O_2 . Тщательно перемешайте. Наблюдайте изменение окраски раствора (при отсутствии пероксидазы цвет кефира не меняется).

Результаты наблюдений занесите в форму.

Тип кефира	Норма окраски	Наблюдаемая окраска
Н2 О дист.		

¹Дьяченко А.Н. Оценка качества кефира // Достижения науки и образования. 2017. № 5 (18). С. 9–12.

Список рекомендуемой литературы

1. Биоорганическая химия : учебно-методическое пособие / под ред. Н.А. Белоконовой. — Екатеринбург : УГМУ, 2019. — 136 с. — ISBN 978-5-89895-731-5 — Текст : непосредственный.
2. **Ермишина, Е. Ю.** Общая химия : учебное пособие / Е. Ю. Ермишина, Н.А. Белоконова. — Екатеринбург : УГМУ, 2016. — 338 с. — Текст : непосредственный.
3. **Ермишина, Е. Ю.** Общая химия с элементами коллоидной химии : учебное пособие / Е. Ю. Ермишина, Н.А. Белоконова. — Екатеринбург : УГМУ, 2021. — 338 с. — Текст : непосредственный.
4. **Жолнин, А. В.** Общая химия : учебник / А. В. Жолнин ; под ред. В.А. Попкова, А. В. Жолнина. — Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2014. — 400 с. — ISBN 978-5-9704-2956-3. — Текст : непосредственный.
5. **Каминская, Л.А.** Биоорганическая химия : курс лекций для студентов 1 курса / Л.А. Каминская ; М-во здравоохранения и соц. развития РФ, ГБОУ ВПО УГМА. — Екатеринбург : [б. и.], 2009. — 258 с. — ISBN 978-5-89895-474-1. — URL: <https://elibrary.ru/qkczzl>. — Текст : электронный.
6. **Каминская, Л.А.** Биоорганическая химия : справочник-словарь основных терминов и понятий : учебное пособие / Л.А. Каминская ; Минздравоохранения РФ ГБОУ ВПО УГМА. — Екатеринбург : УГМА, 2011. — 266 с. — ISBN 978-5-89895-474-1. — URL: <https://studfile.net/preview/16473391/>. — Режим доступа : свободный. — Текст : электронный.
7. Клинические аспекты физической и коллоидной химии : учебное пособие / Н.А. Белоконова, Е. Ю. Ермишина, Н.А. На-

ронова. — Екатеринбург : ИИЦ «Знак качества», 2020. — 170 с. — ISBN 978-5-89895-944-9. — Текст : непосредственный.

8. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов: учебник для вузов / под ред. Ю.А. Ершова. — 7-е изд., стереотип. — Москва : Высшая. школа, 2009. — 559 с. — ISBN 5-06-003626-X. — Текст : непосредственный.

9. Органическая химия : учебник / под ред. Н. А. Тюкавкина. — Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2019. — 639 с. — ISBN 978-5-9704-4922-6. — Текст : непосредственный.

10. Практикум по общей химии для студентов всех факультетов / под ред. А. И. Ореховой. — Екатеринбург : УГМА, 2009. — 105 с. — Текст : непосредственный.

11. **Слесарев, В. И.** Химия: основы химии живого : учебник / В. И. Слесарев. — 7-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Химиздат, 2017. — 784 с. — ISBN 978-5-93808-283-0. — Текст : непосредственный.

Учебное пособие

Ермишина Елена Юрьевна
Наронова Наталия Анатольевна
Катаева Наталья Николаевна
Медведева Ольга Михайловна
Тихомирова Елена Игоревна
Тихонова Ирина Леонидовна
Голицына Кристина Олеговна

Основы общей, биоорганической, физической, коллоидной и аналитической химии в медицине

Практикум

Редактор П. О. Долинская
Верстка К. С. Савиловой

*Электронное сетевое издание размещено
в научном архиве УГМУ <http://elib.usma.ru/>*

Подписано к публикации 27.12.2024.
Уч.-изд. л. 7,69. Объем данных 4,4 Мб.

Уральский государственный медицинский университет
Редакционно-издательский отдел УГМУ
620028, Екатеринбург, ул. Репина, 3
+7 (343) 2148565
rio@usma.ru

