

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ЛПУ»)

Факультет естественных наук

Кафедра химии и биохимии

УТВЕРЖДАЮ

Врио декана факультета
естественных наук


М.В. Воронов

« 12 » декабря 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Химические аспекты жизненных процессов

По направлению подготовки 04.04.01 Химия

Программа магистратуры Биохимия

Квалификация выпускника магистр

Форма обучения очная

Курс 2

Луганск, 20 23

Рабочая программа учебной дисциплины является частью основной профессиональной образовательной программы для подготовки магистров по направлению подготовки 04.04.01 Химия и программе магистратуры Биохимия очной формы обучения.

Рабочая программа учебной дисциплины разработана в соответствии с ФГОС ВО – магистратура по направлению подготовки 04.04.01 Химия, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 13 июля 2017 г. № 655 (с изменениями и дополнениями), Профессиональным стандартом, утвержденным Приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации «Об утверждении профессионального стандарта» от 18 октября 2013 г. № 544н (с изменениями и дополнениями) и Профессиональным стандартом, утвержденным Приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации «Об утверждении профессионального стандарта» от 4 марта 2014 г. № 121н (с изменениями и дополнениями).


СОСТАВИТЕЛЬ:

доцент кафедры химии и биохимии ФГБОУ ВО «ЛГПУ», кандидат химических наук, доцент
Дяченко Иван Владимирович.

Утверждена на заседании кафедры химии и биохимии

Протокол от «07» декабря 20 23 г. № 6

Заведующий кафедрой химии и биохимии

 В.Д. Дяченко

Одобрена на заседании учебно-методической комиссии факультета естественных наук

Протокол от «12» декабря 20 23 г. № 6

Председатель учебно-методической комиссии
факультета естественных наук

 С.Н. Несторенко

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий учебно-методическим отделом

 В.В. Савенков

1. Цели и задачи учебной дисциплины

Цель изучения дисциплины – изучить особенности химического строения, химических свойств и биологических функций важнейших классов жизненно необходимых соединений: аминокислот, белков, нуклеиновых кислот, углеводов, липидов, путей их химических превращений в живых организмах и значения этих превращений для понимания физико-химических молекулярных механизмов наследственности и изменчивости, регуляции и адаптации.

Задачи: формирование у обучающихся правильного представления об основных химических компонентах клетки, молекулярных основах биокатализа, метаболизма, современном состоянии вопросов взаимосвязи структуры и свойств важнейших типов биомолекул с их биологической функцией.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Учебная дисциплина «Химические аспекты жизненных процессов» входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений (Б1.В.04), дисциплин подготовки студентов.

Необходимыми условиями для освоения учебной дисциплины являются знания общей химии, умения прослушивать и осмысливать лекционный материал, навыки решения задач в ходе выполнения индивидуальных заданий по основным разделам курса.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин «Неорганическая химия», «Физико-химические методы исследования вещества», «Органическая химия», «Химия высокомолекулярных соединений» и служит основой для дальнейшего освоения дисциплин «Азотсодержащие лекарственные вещества», «Современный скрининг новых веществ», «Синтез лекарственных средств с противоопухолевым и сердечно-сосудистым действием», «Биохимия питания», «Промышленная биохимия».

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Код по ФГОС ВО	Индикатор достижения	Результаты обучения по дисциплине
Общепрофессиональные		
ОПК-2. Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и	ОПК-2.1. Проводит критический анализ результатов собственных экспериментальных и расчетно-теоретических	Знает: как проводить критический анализ результатов собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ, корректно

расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук	работ, корректно интерпретирует их ОПК-2.2. Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук	интерпретирует их. Умеет: характеризовать основные пути метаболизма химических компонентов в живом организме. Владеет навыками: формулировки заключения и выводов по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук.
Профессиональные		
ПК-2. Способен проводить патентно-информационные исследования в выбранной области химии и/или смежных наук	ПК-2.1. Проводит поиск специализированной информации в патентно-информационных базах данных ПК-2.2. Анализирует и обобщает результаты патентного поиска по тематике проекта в выбранной области химии (химической технологии)	Знает: строение и свойства основных химических компонентов живой материи, особенности структуры и функционирования белковых молекул и их комплексов как носителей жизни. Умеет: проводить поиск специализированной информации в патентно-информационных базах данных. Владеет навыками: анализа и обобщения результатов патентного поиска по тематике проекта в выбранной области химии.

4. Структура и содержание учебной дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов / зачетных единиц	
	Очная форма	Очно-заочная форма / Заочная форма
Общая трудоемкость дисциплины	252 (7 зач. ед)	-
Обязательная аудиторная нагрузка (всего часов), в том числе:	84	-
Лекции	32	-
Семинарски занятия	-	-
Практические занятия	-	-
Лабораторные работы	52	-
Курсовая работа / курсовой проект	-	-
Другие формы организации учебного процесса (контрольные работы,	-	-

индивидуальные занятия, консультации и др.)		
Самостоятельная работа студента (всего часов)	168	-
Форма аттестации	Экзамен (3 семестр) / Экзамен (4 семестр)	-

4.2. Содержание разделов учебной дисциплины

Раздел 1. Введение в биохимию. Белки, ферменты, витамины, углеводы, жиры, нуклеиновые кислоты (НК).

Тема 1. Аминокислоты, пептиды, белки. Предмет биохимии. Химический состав клетки. Основные макромолекулы, входящие в состав живых организмов. Отличительные особенности живой материи. Обмен веществ и энергии в живых организмах. Роль ферментов.

Клетка. Структурные характеристики. Основные классы клеток: прокариоты и эукариоты. Клеточная организация эукариот: ядро, митохондрии, цитоплазма, аппарат Гольджи, клеточные мембраны.

α -Аминокислоты. Общие структурные свойства.стереоизомерия (D- и L-ряды). Классификация аминокислот на основе их R-групп. Ионные свойства аминокислот. Изоэлектрическая точка. Способы разделения аминокислот на основе их ионных свойств (ионообменная хроматография и электрофорез). Реакции аминокислот *in vivo* (дезаминирование, декарбоксилирование, образование пептидной связи).

Пептиды. Номенклатура. C- и N- концевые кислоты. Строение и характеристики пептидной связи. Ионные свойства пептидов. Характерные реакции пептидов: гидролиз полный и частичный. Синтез пептидов. Защитные группы для амино- и карбоксильной групп в концевых кислотах. Активация карбоксильной группы. Определение аминокислотной последовательности в пептидах. Важнейшие пептиды небелковой природы: глутатион, гормоны (окситоцин и вазопрессин), нейромедиаторы (энкефалины, эндорфины). Пептидные антибиотики; пенициллины, грамицидин.

Белки. Молекулярная масса, размер и форма белковых молекул. Классификация белков. Четыре уровня организации структуры белков. Первичная структура белков и методы ее определения. Ферментативный гидролиз. Гомология первичной структуры. Вторичная структура белков. Роль водородных связей, α -спираль, β -структура (складчатый лист). Третичная структура белков. Глобулярные и фибриллярные белки. Типы взаимодействий: ковалентные, ионные, водородные, гидрофобные. Четвертичная структура олигомерных белков. Природа взаимодействий между субъединицами. Биологическое значение олигомерных взаимодействий. Денатурация белков.

Важнейшие представители фибриллярных белков: кератины, коллаген и эластин. Важнейшие представители глобулярных белков; гемоглобин, миоглобин. Серповидноклеточная анемия – «молекулярная болезнь» гемоглобина.

Тема 2. Ферменты – биокатализаторы. Белковая природа ферментов. Классификация. Простетические группы, кофакторы и коферменты. Холофермент и апофермент. Зимогены. Механизм действия ферментов. Субстратная специфичность. Каталитический (активный) центр ферментов. Кинетика ферментативных реакций. Уравнение Михаэлиса-Ментон. Зависимость кинетических параметров от pH. Единица активности фермента. Регуляция активности, влияние ионов водорода и ионов металлов. Обратимые и необратимые ингибиторы ферментов. Конкурентное и неконкурентное ингибирование. Регуляторные ферменты, аллостерические ферменты и модуляторы. Ингибиторы метаболизма – антиметаболиты. Сульфаниламиды как антибактериальные средства. Химиотерапия.

Тема 3. Витамины и микроэлементы. Углеводы. Витамины. Номенклатура и классификация. Жирорастворимые и водорастворимые витамины. Витамины B₁, B₂, B₆ и B₁₂ – составляющие коферментов и простетических групп. Важнейшие жирорастворимые витамины: A, D₃, E, K. Их биологическая роль. Авитаминозы и их лечение.

Микроэлементы. Биологическая функция (простетические группы, кофакторы ферментов, компоненты витаминов). Роль ионов железа, меди, марганца, цинка и кобальта. Биологическая роль и токсикология селена и бора.

Моносахариды. Классификация, номенклатура.стереоизомерия и таутомерия. Химические превращения: окисление, восстановление, фосфорилирование, образование гликозидов (O-, N-гликозиды). Биологическая роль важнейших гликозидов. Амино- и дезокси-сахара.

Олигосахариды. Структура и свойства. Восстанавливающие и не восстанавливающие дисахариды. Важнейшие дисахариды: мальтоза, лактоза, сахароза, целлобиоза. Биозные фрагменты природных гликозидов (генциобиоза в амигдалине, стрептобиозамин в стрептомицине).

Полисахариды. Структура, классификация, свойства, α- и β- гликозидные связи. Ферментативный и кислотный гидролиз. Гомополисахариды (целлюлоза, крахмал, гликоген, декстраны). Кофигурационные и конформационные различия, биологическая роль. Важнейшие гетерополисахариды (хитин, пектиновые вещества, хондроитинсульфаты). Гликопротеины и пептидогликаны.

Тема 4. Липиды, жиры. Воски. Нуклеозиды, нуклеотиды, НК.

Жиры. Структура, номенклатура, классификация. Ацилглицериды. Важнейшие высшие карбоновые кислоты, входящие в состав жиров и масел. Гидролиз жиров. Воски. Терпены. Стероиды. Простагландины. Биологическая роль. Фосфолипиды. Структура, номенклатура, классификация. Фосфоглицериды. Сфинголипиды. Амфипатические свойства. Мицеллы и бислои. Структура и функции биомембран.

Нуклеозиды. Номенклатура. Строение: азотистые основания пуринового и пиримидинового ряда (аденин, гуанин, тимин, цитозин и урацил), минорные азотистые основания; углеводные компоненты: рибоза и дезоксирибоза (конфигурация гликозидного центра).

Нуклеотиды. Номенклатура, строение, классификация. Биологически важные нуклеотиды: аденозинтрифосфат (АТФ), никотинадениндифосфат (НАД⁺) и флавинадениндинуклеотид (ФАД).

Полинуклеотиды и нуклеиновые кислоты (НК). Классификация и строение ДНК и РНК. Первичная структура НК. Химические и ферментативные превращения. Вторичная структура НК: двойная спираль ДНК. Комплементарные и межплоскостные взаимодействия азотистых оснований. Правило Чаргаффа. Полиморфизм двойной спирали ДНК. Циклические сверхскрученные ДНК и топоизомеры.

Макромолекулярная структура РНК. Транспортные РНК (тРНК), матричные РНК (мРНК) и рибосомные РНК (рРНК).

Функции полинуклеотидов в живых организмах. Нуклеопротеиды. Вирусы и вирусные болезни.

Раздел 2. Метаболизм, биоэнергетика, гликолиз, молекулярные основы генетики

Тема 5. Метаболизм и биоэнергетика.

Биоэнергетика. Термодинамические аспекты: энергетика изменений состояния системы. Термодинамические функции состояния (свободная энергия). Преобразование. Высокоэнергетические биомолекулы: АТФ, ацилфосфаты, тиоэфиры. Принцип сопряжения. Роль НАД⁺ и ФАД при окислении топливных молекул.

Метаболизм – совокупность процессов катаболизма и анаболизма. Макрометаболические циклы. Источники углерода, азота, кислорода для живых организмов. Автотрофы и гетеротрофы (аэробные и анаэробные организмы). Круговорот азота, кислорода и CO₂ в природе.

Тема 6. Гликолиз – окисление углеводов. Цикл лимонной кислоты. Цепь переноса электронов. Основные стадии гликолиза. Пируват как конечный продукт гликолиза. Судьба пирувата в анаэробных условиях. Образование молочной кислоты и регенерация НАД⁺. Молочнокислое брожение.

Декарбоксилирование пирувата и регенерация НАД⁺ из НАДН за счет восстановления ацетальдегида до этанола. Спиртовое брожение. Биоэнергетический баланс анаэробного гликолиза.

Судьба пирувата в аэробных условиях. Образование ацетилкофермента А. Пируват – дегидрогеназный комплекс.

Роль гликолитического пути в генерировании АТФ. Катаболизм других сахаров (фруктозы, маннозы, галактозы).

Гликогенез. Регуляция гликолиза и гликогенеза. Гормональный контроль (адреналин, инсулин).

Цикл трикарбоновых кислот (цикл лимонной кислоты) – центральный метаболический путь углерода, входящего в состав всех основных классов биомолекул. Основные реакции цикла. Стехиометрия цикла. Цикл трикарбоновых кислот - основной источник образования НАДН из НАД⁺. Необходимость анаплеротических путей (путей, пополняющих запас компонентов, участвующих в цикле). Зависимость от АТФ и биотина, карбоксилирование пирувата - анаплеротический путь синтеза оксалоацетата.

Системы транспорта электронов (общие принципы). Окислительно-восстановительные потенциалы. Энергетика переноса электронов.

Дыхательная цепь транспорта электронов. Кислород - терминальный акцептор электронов.

Четыре комплекса в цепи переноса электронов. Переносчики электронов: НАД⁺, ФАД, кофермент Q, цитохромы.

Сопряжение работы дыхательной цепи с процессом синтеза АТФ. Коэффициент полезного действия дыхательной цепи. Полный биоэнергетический эффект цикла трикарбоновых кислот.

Тема 7. Метаболизм жиров, липидов и аминокислот.

Гидролиз жиров и фосфолипидов до жирных кислот. Активация жирных кислот путем превращения в ацил-СоА. Основные реакции катаболизма жирных кислот. Расщепление ненасыщенных кислот и кислот с нечетным числом углеродных атомов. Биоэнергетический баланс окисления жирных кислот. Образование кетонных тел в условиях интенсивного расщепления жиров. Биосинтез жирных кислот. Ацетил-СоА – исходное соединение при биосинтезе. Основные реакции. Биоэнергетический баланс синтеза жирных кислот.

Катаболизм аминокислот. Окислительное дезаминирование и переаминирование. Образование из аминокислот пирувата и метаболитов цикла трикарбоновых кислот (глюкогенные и кетогенные кислоты). Декарбоксилирование аминокислот - источник биогенных аминов (адреналина, норадреналина).

Превращение аммиака в мочевины. Синтез карбамоилфосфата. Цикл мочевины. Последствия нарушений катаболизма аминокислот (алкаптонурия и фенилкетонурия).

Биосинтез аминокислот и гема. Биосинтез заменимых аминокислот из промежуточных продуктов гликолиза, цикла трикарбоновых кислот (аланин, аспарагин, глутамат, серин, глицин, цистеин). Тетрагидрофолат – переносчик одноуглеродных фрагментов. Биосинтез порфиринов из глицина и сукцинил-СоА.

Тема 8. Молекулярные основы генетики.

ДНК – основное наследственное вещество клеток. Двухспиральная структура ДНК с комплементарными последовательностями нуклеотидов как молекулярная основа передачи наследственной информации. Полуконсервативная схема репликации ДНК. Основные стадии репликации (инициация, расплетание двойной спирали – репликационная вилка, прерывистый синтез ДНК-фрагменты Оказаки). Согласованность процессов репликации ДНК и клеточного деления.

ДНК, как основной объект изменчивости. Мутации – результат замены пар комплементарных оснований в ДНК (замена, вставка, делеция). Причины возникновения мутации (химические и радиационные мутагены). Репарация ДНК (удаление поврежденных участков).

Кодирование аминокислотных последовательностей всего набора клеточных белков – основное содержание генетической информации, заложенной в нуклеотидной последовательности ДНК. Значение кодонов. Вырожденность генетического кода.

Информационная (матричная) РНК (мРНК) – продукт считывания информации с ДНК. Комплементарность нуклеотидной последовательности в мРНК и кодирующего фрагмента одной из нитей ДНК. Основные стадии транскрипции ДНК (переноса генетической информации от ДНК к РНК): инициация, элонгация, терминация.

Транспортные РНК (тРНК). Кодон – антикодонное узнавание. Вырожденность и «качание». Основные стадии трансляции – процесса декодирования мРНК с помощью адаптера ~ тРНК: активация тРНК (амино-ацил – тРНК), узнавание кодона, образование пептидной связи, транслокация. Кодоны терминации. Посттрансляционные реакции (регуляция активности белка). Рибосомы – компартемент синтеза полипептидных цепей. Субъединицы рибосом. Генетические регуляторные механизмы. Регулирование на уровне транскрипции. Ген – регулятор. Репрессор. Оператор. Оперон. Механизм индукции – репрессии, – один из основных механизмов регуляции живой клеткой биохимических процессов.

4.3. Лекции

№ п/п	Наименование темы	Объем часов	
		Очная форма	Очно-заочная форма / заочная форма
3 семестр			
1.	Аминокислоты, пептиды, белки.	4	-
2.	Ферменты – биокатализаторы.	4	-
3.	Витамины и микроэлементы. Углеводы.	6	-
4.	Липиды, жиры. Воски. Нуклеозиды, нуклеотиды, НК.	6	-
4 семестр			
5.	Метаболизм и биоэнергетика.	2	-
6.	Гликолиз – окисление углеводов. Цикл лимонной кислоты. Цепь переноса электронов.	4	-
7.	Метаболизм жиров, липидов и аминокислот.	4	-
8.	Молекулярные основы генетики.	2	-
Итого:		32	-

4.4. Практические занятия не предусмотрены учебным планом.

4.5. Лабораторные работы

№ п/п	Наименование темы	Объем часов	
		Очная форма	Очно-заочная форма / заочная форма
3 семестр			
1.	Аминокислоты, пептиды, белки.	8	-
2.	Ферменты.	6	-
3.	Моносахариды, олиго- и полисахариды.	6	-
4.	Липиды, жиры.	6	-
5.	Нуклеозиды, нуклеотиды, НК.	6	-
4 семестр			
6.	Гликолиз.	4	-
7.	Цикл лимонной кислоты.	4	-
8.	Метаболизм жиров и липидов.	4	-
9.	Метаболизм аминокислот, цикл мочевины.	4	-
10.	Молекулярные основы генетики.	4	-
Итого:		52	-

4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Наименование раздела / темы	Вид самостоятельной работы	Объем часов	
			Очная форма	Очно-заочная форма / заочная форма
3 семестр				
1.	Аминокислоты, пептиды, белки.	написание конспекта, ответы на вопросы,	22	-

		подготовка к лабораторным работам, оформление лабораторных журналов		
2.	Ферменты.	написание конспекта, ответы на вопросы, подготовка к лабораторным работам, оформление лабораторных журналов	22	-
3.	Моносахариды, олиго- и полисахариды.	написание конспекта, ответы на вопросы, подготовка к лабораторным работам, оформление лабораторных журналов	22	-
4.	Липиды, жиры.	написание конспекта, ответы на вопросы, подготовка к лабораторным работам, оформление лабораторных журналов	22	-
5.	Нуклеозиды, нуклеотиды, НК.	написание конспекта, ответы на вопросы, подготовка к лабораторным работам, оформление лабораторных журналов	22	-
4 семестр				
6.	Гликолиз.	написание конспекта, ответы на вопросы, подготовка к лабораторным работам, оформление лабораторных журналов	12	-
7.	Цикл лимонной кислоты.	написание конспекта, ответы на вопросы, подготовка к лабораторным работам, оформление лабораторных журналов	12	-
8.	Метаболизм жиров и липидов.	написание конспекта, ответы на вопросы, подготовка к	12	-

		лабораторным работам, оформление лабораторных журналов		
9.	Метаболизм аминокислот, цикл мочевины.	написание конспекта, ответы на вопросы, подготовка к лабораторным работам, оформление лабораторных журналов	12	-
10.	Молекулярные основы генетики.	написание конспекта, ответы на вопросы, подготовка к лабораторным работам, оформление лабораторных журналов	10	-
Итого:			168	-

4.7. Курсовые работы / проекты не предусмотрены учебным планом.

5. Методическое обеспечение, образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

Информационные технологии: использование электронных учебников, химических программ при подготовке к лекциям и лабораторным работам.

Работа в команде: совместная работа студентов в группе при подготовке к лабораторным работам, выполнение групповых домашних заданий (Раздел 1. Введение в биохимию. Белки, ферменты, витамины, углеводы, жиры, нуклеиновые кислоты (НК); Раздел 2. Метаболизм, биоэнергетика, гликолиз, молекулярные основы генетики).

6. Формы контроля освоения учебной дисциплины

Текущая аттестация студентов производится в дискретные временные интервалы лектором и преподавателем, ведущим лабораторные работы по дисциплине в различных формах: выполнение письменных домашних заданий и контрольных работ.

Промежуточный контроль по результатам освоения дисциплины проходит в форме письменного экзамена (3 и 4 семестры).

Система оценивания учебных достижений студентов, оценочные средства представлены в фонде оценочных средств к рабочей программе учебной дисциплины (приложении).

7. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины

А) основная литература:

1. Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И. Биоорганическая химия. – М.: Медицина, 1985.
2. Слесарев В.И. Химия: Основы химии живого: Учебник для вузов. – СПб: Химиздат, 2007. – 784 с.
3. Кудряшова Н.В., Мызина С.Д. Физиологическая химия. Химические аспекты физиологических процессов: Часть 1-3. Учебн. Пособие. – Новосибирск: Изд-во НГУ, 2008. – 152 с.
4. Якупов Т.Р. Физико-химические аспекты биологической жизнедеятельности. Учебное пособие по термодинамике / Т.Р. Якупов, Г.Н. Зайнашева. – Казань: ФГБОУ ВО Казанская ГАВМ, 2020. – 47 с.

Б) дополнительная литература:

1. Смолина Т.А., Васильева Н.В., Куплетская Н.Б. Практические работы по органической химии: Малый практикум. – М.: Просвещение, 1986.
2. Эткинс П. Молекулы: Пер. с англ. – М.: Мир, 1991.
3. Мызина С.Д., Халимская Л.М. Биологически активные соединения. Витамины, гормоны и биорегуляторы. Уч. пособие. – Новосибирск: Изд-во НГУ, 2006. – 72 с.

В) Интернет-ресурсы:

1. www.elibrary.ru
2. www.elementy.ru
3. www.chem.msu.ru
4. www.chemport.ru

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лекционные занятия: комплект электронных презентаций, аудитория, оснащенная презентационной техникой (мультимедийная доска, проектор, экран, ноутбук).

Лабораторные работы: лаборатория органической и биоорганической химии, оснащенная доской, таблицами, химическими реактивами, лабораторной посудой, необходимым оборудованием.

9. Лист дополнений и изменений

[illegible]