

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН**  
**ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН**  
**«ЦЕНТР НЕПРЕРЫВНОГО ПОВЫШЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО**  
**МАСТЕРСТВА ПЕДАГОГИЧЕСКИХ РАБОТНИКОВ»**



## **ПРИМЕРНАЯ РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ПО ХИМИИ**

**«Практикум по химии в 10 и 11 классах с  
использованием оборудования «Школьного  
кванториума»**

**МАХАЧКАЛА 2021**

## Пояснительная записка

### *Актуальность программы*

Программа имеет социальную значимость для нашего общества. Российскому обществу нужны образованные, нравственные, предприимчивые люди, которые могут самостоятельно принимать ответственные решения в ситуациях выбора, прогнозируя их возможные последствия. Одна из задач образования на сегодня — воспитание в ребёнке самостоятельной личности. Данная программа способствует развитию у учащихся самостоятельного мышления, формирует умения приобретать и применять, полученные знания на практике. Развитие и формирование вышеуказанных качеств возможно благодаря развитию научно-познавательного интереса во время занятий.

Курс предназначен учащимся старшей школы естественно-научного, технологического или универсального профилей обучения и может быть как обязательным учебным предметом по выбору учащегося из компонента образовательной организации в вариативной части учебного плана, так и курсом в рамках внеурочной деятельности и/или дополнительного образования. Пособие рекомендуется использовать для проведения элективных курсов.

Концепция современного образования подразумевает, что учитель перестаёт быть основным источником новых знаний, а становится организатором познавательной деятельности учащихся, к которой можно отнести и исследовательскую деятельность. Современные экспериментальные исследования по химии уже трудно представить без использования не только аналоговых, но и цифровых измерительных приборов. В Федеральном государственном образовательном стандарте (ФГОС) прописано, что одним из универсальных учебных действий, приобретаемых учащимися, должно стать умение «проведения опытов, простых экспериментальных исследований, прямых и косвенных измерений с использованием аналоговых и цифровых измерительных приборов». Для этого учитель химии может воспользоваться учебным оборудованием нового поколения — цифровыми лабораториями.

Цифровые лаборатории по химии представлены датчиками для измерения и регистрации различных параметров, интерфейсами сбора данных и программным обеспечением, визуализирующим экспериментальные данные на экране. При этом эксперимент остаётся традиционно натурным, но данные эксперимента обрабатываются и выводятся на экран в реальном масштабе времени и в рациональной графической форме в виде численных значений, диаграмм, графиков и таблиц. Основное внимание учащихся при этом сосредотачивается не на сборке и настройке экспериментальной установки, а на проектировании различных вариантов проведения эксперимента, накоплении данных, их анализе и интерпретации, формулировке выводов.

С точки зрения науки, эксперимент — это исследовательский метод обучения, который поднимает познавательный интерес на более высокий уровень, усиливает мотивацию самостоятельной деятельности. Исследовательский метод является условием формирования интереса, потребности в самостоятельной, творческой деятельности учащихся.

Исследовательский процесс состоит из нескольких этапов: разделение смеси веществ, выделение молекул определённого строения, их идентификация и изучение роли в метаболизме.

Занятия интегрируют теоретические знания, и практические умения, и навыки учащихся в едином процессе деятельности учебно-исследовательского характера.

Данный курс содержательно связан с курсами химии, биологии, физики и носит интегрированный характер, способствуя развитию естественно-научного мировоззрения учащихся. В учебном плане элективный курс «Биохимия» является частью предметной области «Естественно-научные предметы». Материал пособия обеспечивает: знакомство с современными фундаментальными и прикладными исследованиями в области биохимии; формирование у обучающихся конвергентного мышления; углубление и обобщение знаний школьников о высокомолекулярных веществах, методах их изучения; раскрытие принципов функционирования живых систем; знакомство с историей развития естествознания и современными разработками учёных; воспитание бережного отношения к живой природе, формирование культуры питания; обучение аргументированному ведению дискуссии; желание заниматься научно-практической деятельностью.

Пособие содержит методические комментарии по организации занятий (особенности, структура, содержание, виды деятельности, формы занятий и т. д.). На занятиях учащиеся развивают аналитические способности при проведении практических работ, устанавливают причинно-следственные связи при изучении методов биохимии, узнают о возможностях их применения в медицине, пищевой промышленности, фармацевтике.

### ***Целевая аудитория***

Учащиеся 10 и 11 классов общеобразовательных школ, которые оборудованы «Школьными кванториумами».

### ***Цель программы***

Ознакомить учащихся с биохимией как наукой экспериментальной, сочетающей в себе органическую химию и биологию. Также данный курс поможет сформировать навыки самостоятельной работы с цифровыми датчиками, проведения измерений и обработки полученных измерений. Развить познавательный интерес и метапредметные компетенции обучающихся через практическую деятельность; расширить, углубить и обобщить знания о строении, свойствах и функциях биомолекул; сформировать устойчивый интерес к профессиональной

деятельности в области естественных наук.

**Планируемые результаты освоения учебного предмета химии с описанием универсальных учебных действий, достигаемых обучающимися**

***Личностные результаты:***

*Обучающийся получит возможность для формирования следующих личностных УУД:*

- определение мотивации изучения учебного материала;
- оценивание усваиваемого учебного материала, исходя из социальных и личностных ценностей;
- повышение своего образовательного уровня и уровня готовности к изучению основных исторических событий, связанных с историей развития химии и общества;
- знание правил поведения в чрезвычайных ситуациях;
- оценивание социальной значимости профессий, связанных с химией;
- владение правилами безопасного обращения с химическими веществами и оборудованием, проявление экологической культуры.

***Метапредметные результаты:***

***Регулятивные***

*Обучающийся получит возможность для формирования следующих регулятивных УУД*

- целеполагание, включая постановку новых целей, преобразование практической задачи в познавательную, самостоятельный анализ условий достижения цели на основе учёта выделенных учителем ориентиров действия в новом учебном материале;
- планирование пути достижения целей;
- установливание целевых приоритетов, выделение альтернативных способов достижения цели и выбор наиболее эффективного способа;
- умение самостоятельно контролировать своё время и управлять им;
- умение принимать решения в проблемной ситуации;
- постановка учебной задачи, составление плана и последовательности действий;
- организация рабочего места при выполнении химического эксперимента;
- прогнозирование результата усвоения, оценивание усвоенного материала, оценка качества и уровня усвоения, коррекция в план и способ действия при необходимости. *Познавательные*

*Обучающийся получит возможность для формирования следующих познавательных УУД:*

- поиск и выделение информации;
- анализ условий и требований задачи, выбор, сопоставление и обоснование способа

решения задачи;

- выбор наиболее эффективных способов решения задачи в зависимости от конкретных условий;
- выдвижение и обоснование гипотезы, выбор способа её проверки;
- самостоятельное создание алгоритма деятельности при решении проблем творческого и поискового характера;
- умения характеризовать вещества по составу, строению и свойствам;
- описывание свойств твёрдых, жидких, газообразных веществ, выделение их существенных признаков;
- изображение состава простейших веществ с помощью химических формул и сущности химических реакций с помощью химических уравнений;
- проведение наблюдений и описание признаков и условий течения химических реакций, выполнение химического эксперимента, выводы на основе анализа наблюдений за экспериментом, решение задач, получение химической информации из различных источников;
- умение организовывать исследование с целью проверки гипотез;
- умение делать умозаключения (индуктивное и по аналогии) и выводы;
- умение объективно оценивать информацию о веществах и химических процессах, критически относиться к псевдонаучной информации.

#### *Коммуникативные*

*Обучающийся получит возможность для формирования следующих коммуникативных УУД:*

- полное и точное выражение своих мыслей в соответствии с задачами и условиями коммуникации;
- адекватное использование речевых средств для дискуссии и аргументации своей позиции, умение представлять конкретное содержание с сообщением его в письменной и устной форме, определение способов взаимодействия, сотрудничество в поиске и сборе информации;
- определение способов взаимодействия, сотрудничество в поиске и сборе информации, участие в диалоге, планирование общих способов работы, проявление уважительного отношения к другим обучаемым;
- описание содержания выполняемых действий с целью ориентировки предметно практической деятельности;
- умения учитывать разные мнения и стремиться к координации различных позиций в сотрудничестве;
- формулировать собственное мнение и позицию, аргументировать и координировать её с позициями партнёров в сотрудничестве при выработке общего решения в совместной деятельности;
- осуществлять взаимный контроль и оказывать в сотрудничестве необходимую

взаимопомощь;

- планировать общие способы работы; осуществлять контроль, коррекцию, оценку действий партнёра, уметь убеждать;
- использовать адекватные языковые средства для отображения своих чувств, мыслей, мотивов и потребностей; отображать в речи (описание, объяснение) содержание совершаемых действий как в форме громкой социализированной речи, так и в форме внутренней речи;
- развивать коммуникативную компетентность, используя средства устной и письменной коммуникации при работе с текстами учебника и дополнительной литературой, справочными таблицами, проявлять готовность к уважению иной точки зрения при обсуждении результатов выполненной работы.

### ***Предметные результаты***

*Обучающийся научится:*

- применять основные методы познания: наблюдение, измерение, эксперимент;
- характеризовать термины и понятия, объяснять взаимосвязь между ними;
- обосновывать систему взглядов на живую природу, применяя биологические теории, учения, законы, закономерности, понимать границы их применимости;
- классифицировать основные биологические макромолекулы;
- описывать функции белков, нуклеиновых кислот, углеводов и липидов;
- устанавливать связь строения и функций основных биологических макромолекул, их роль в процессах клеточного метаболизма;
- объяснять значение микро-, макро- и ультрамикроэлементов в клетке;
- понимать сущность биосинтеза белков, механизма действия ферментов, биосинтеза ДНК и РНК, распада белков, биосинтеза и обмена углеводов, биосинтеза и обмена липидов, биологического окисления и синтеза АТФ, механизма действия стероидных гормонов;
- решать задачи на определение последовательности нуклеотидов ДНК и иРНК (мРНК), антикодонов тРНК, последовательности аминокислот в молекуле белка, применяя знания о реакциях матричного синтеза, генетическом коде, принципе комплементарности;
- делать выводы об изменениях, которые произойдут в процессах матричного синтеза в случае изменения последовательности нуклеотидов ДНК;
- обосновывать взаимосвязь пластического и энергетического обменов; сравнивать процессы пластического и энергетического обменов, происходящих в клетках живых организмов;
- характеризовать методы биохимических исследований;

- проводить учебно-исследовательскую деятельность: выдвигать гипотезы, планировать работу, отбирать и преобразовывать необходимую информацию, проводить эксперименты, интерпретировать результаты, делать выводы на основе полученных результатов;

*Обучающийся получит возможность научиться:*

- выдвигать и проверять экспериментально гипотезы о химических свойствах веществ на основе их состава и строения, их способности вступать в химические реакции, о характере и продуктах различных химических реакций;
- характеризовать вещества по составу, строению и свойствам, устанавливать причинно-следственные связи между данными характеристиками вещества;
- выдвигать и проверять экспериментально гипотезы о результатах воздействия различных факторов на изменение скорости химической реакции;
- использовать приобретённые ключевые компетенции при выполнении проектов и учебно-исследовательских задач по изучению свойств, способов получения и распознавания веществ;
- объективно оценивать информацию о веществах и химических процессах;
- осознавать значение теоретических знаний по химии для практической деятельности человека;
- создавать модели и схемы для решения учебных и познавательных задач; понимать необходимость соблюдения предписаний, предлагаемых в инструкциях по использованию лекарств и др.

### **Формы контроля**

• Контроль результатов обучения в соответствии с данной образовательной программой проводится в форме письменных и экспериментальных работ, предполагается проведение промежуточной и итоговой аттестации. Промежуточная аттестация проводится в виде тестирования по темам курса, принимаются отчёты по практическим работам, самостоятельные творческие работы, итоговые учебно-исследовательские проекты. Итоговое занятие проходит в виде научно-практической конференции или круглого стола, где заслушиваются доклады учащихся по выбранной теме исследования, которые могут быть представлены в форме реферата или отчёта по исследовательской работе.

#### *Сроки реализации*

• Программа рассчитана на 2 года обучения. Периодичность занятий: еженедельно. Длительность одного занятия — 1 академический час.

#### *Формы и методы обучения*

- Учитель распределяет учащихся в учебную группу постоянного состава.

## Основное содержание программы элективного курса

### Учебно-тематический план

| №        | Название разделов и тем                                                                  | Количество часов |        |          |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|--------|----------|
|          |                                                                                          | Всего            | Теория | Практика |
| 10 класс |                                                                                          |                  |        |          |
| Тема 1   | Вводные занятия.<br>Химический эксперимент и цифровые лаборатории                        | 4                | 2      | 2        |
| Тема 2   | Введение в биохимию                                                                      | 2                | 2      |          |
| Тема 3   | Химический состав организмов и общее понятие об обмене веществ и энергии в живой природе | 4                | 3      | 1        |
| Тема 4   | Белки. Распад и биосинтез белков.                                                        | 8                | 6      | 2        |
| Тема 5   | Ферменты                                                                                 | 6                | 4      | 2        |
| Тема 6   | Витамины и некоторые другие биологически активные соединения                             | 6                | 4      | 2        |
| Тема 7   | Нуклеиновые кислоты и их обмен                                                           | 4                | 3      | 1        |
| 11 класс |                                                                                          |                  |        |          |
| Тема 8   | Углеводы и их обмен                                                                      | 5                | 3      | 2        |
| Тема 9   | Липиды и их обмен                                                                        | 5                | 3      | 2        |
| Тема 10  | Биологическое окисление и синтез АТФ                                                     | 2                | 2      |          |
| Тема 11  | Гормоны и их роль в обмене веществ                                                       | 8                | 6      | 2        |
| Тема 12  | Взаимосвязь и регуляция обмена веществ.<br>Проблемы биохимической экологии               | 4                | 2      | 2        |
| Тема 13  | Проектная работа                                                                         | 10               | 2      | 8        |
| Итого    |                                                                                          | 68               | 42     | 26       |

### Содержание программы

#### ***Тема 1. Химический эксперимент и цифровые лаборатории***

Цифровые датчики. Общие характеристики. Физические эффекты, используемые в работе датчиков.

#### ***Тема 2. Введение в биохимию***

Биохимия — наука о качественном составе, количественном содержании и преобразованиях в процессе жизнедеятельности соединений, образующих живую материю. История развития биохимии. Роль отечественных учёных в развитии биохимии. Взаимосвязь биохимии с молекулярной биологией, биофизикой и биоорганической химией. Значение биохимии для развития биологии, медицины, биотехнологии, сельского хозяйства, генетики и экологии. Методы биохимических исследований и их характеристика. Использование современных скоростных и автоматизированных физикохимических методов анализа для биохимических целей. Биохимические методы мониторинга окружающей среды.



### ***Тема 3. Химический состав организмов и общее понятие об обмене веществ и энергии в живой природе***

Понятие о главных биогенных элементах. Макро- и микроэлементы. Закономерности распространения элементов в живой природе. Потребность организмов в химических элементах. Биогеохимический круговорот веществ в природе — основа сохранения равновесия биосферы. Масштабы обмена веществ в живой природе. Пластические и энергетические вещества. Биологически активные соединения, их роль в жизни человека, животных и растений. Понятие о пестицидах и их видах.

### ***Тема 4. Белки. Распад и биосинтез белков***

Роль белков в построении и функционировании живых систем. Понятие о протеоме и протеомике. Аминокислотный состав белков. Понятие о протеиногенных аминокислотах. Способ связи аминокислот в белковой молекуле. Пептиды. Природные пептиды (глутатион, вазопрессин, энкефалины, эндорфины и др.), их физиологическое значение и использование в качестве медицинских препаратов. Химический синтез пептидов заданного строения и возможности их применения. Структура белковых молекул. Первичная структура белков. Принципы и методы определения первичной структуры белка. Вторичная и надвторичная структуры белков. Понятие об  $\alpha$ - и  $\beta$ -конформациях полипептидной цепи (работы Л. Полинга). Параметры  $\alpha$ -спирали полипептидной цепи. Связь первичной и вторичной структур белковой молекулы. Классификация белков по элементам вторичной структуры. Доменный принцип структурной организации белков. Понятие о структурных и функциональных доменах (на примере иммуноглобулинов и каталитически активных белков). Третичная структура белков. Типы связей, обеспечивающих поддержание третичной структуры. Динамичность третичной структуры белков. Самоорганизация третичной структуры белковой молекулы и роль специфических белков-шаперонов в этом процессе. Предсказание пространственного строения белков исходя из их первичной структуры. Четвертичная структура белков. Конкретные примеры четвертичной структуры белков (гемоглобин, лактат-дегидрогеназа, каталаза и др.). Номенклатура и классификация белков. Функциональная классификация белков и характеристика отдельных групп: структурных, сократительных, защитных, токсических, рецепторных и регуляторных. Белки (металлотионеины, гемоглобин и др.).

Распад белков. Ферменты, осуществляющие распад белков. Протеасомы — комплексы протеолитических ферментов. Мажорные белки крови как источники биологически активных пептидов. Метаболизм аминокислот. Конечные продукты распада белков и пути связывания аммиака в организме. Пути новообразования аминокислот. Первичные и вторичные аминокислоты. Заменимые и незаменимые

аминокислоты. Биосинтез белков. Матричная схема биосинтеза белков. Активирование аминокислот (синтез аминоацил-тРНК). Строение рибосом. Состав прокариотических и эукариотических рибосом. Полирибосомы. Этапы трансляции (инициация, элонгация, терминация) и их регуляция. Код белкового синтеза. Особенности генетического кода митохондрий и хлоропластов.

### ***Лабораторные работы:***

1. Определение среды растворов аминокислот.
2. Определение изоэлектрической точки желатины.
3. Определение температуры плавления аминокислот.
4. Влияние температуры на свойства белков.
5. Влияние изменения pH на свойства белков.
6. Цветные реакции на белки.

### ***Тема 5. Ферменты***

Разнообразие каталитически активных молекул. Каталитически активные белки (энзимы), каталитически активные РНК (рибозимы), каталитически активные антитела (абзимы). Каталитическая функция белков. Различия в свойствах ферментов и катализаторов иной природы. Специфичность действия ферментов. Роль отечественных учёных (И. П. Павлов, А. Е. Браунштейн, В. А. Энгельгардт и др.) в развитии энзимологии. Понятие о субстратном и аллостерическом центрах в молекуле ферментов. Ферменты мономеры (трипсин, лизоцим) и мультимеры (глутатион-редуктаза). Понятие о коферментах. Коферменты — переносчики водорода и электронов (НАД, НАДФ, ФАД), и атомных групп (АТФ, кофермент-А, НДФ-сахара). Множественные формы ферментов и их функциональное значение. Изоферменты лактатдегидрогеназы. Значение исследования множественных форм ферментов для медицины, генетики, селекции и мониторинга окружающей среды. Механизм действия ферментов. Фермент-субстратные комплексы. Константа диссоциации фермент-субстратного комплекса ( $K_S$ ) и константа Михаэлиса ( $K_M$ ). Активаторы и ингибиторы ферментов. Влияние ксенобиотиков на активность ферментов. Номенклатура и классификация ферментов. Принципы классификации ферментов. Промышленное получение и практическое использование ферментов. Перспективы практического использования рибозимов и абзимов для борьбы с заболеваниями человека.

### ***Лабораторные работы***

1. Термолабильность ферментов.
2. Влияние активаторов и ингибиторов на работу ферментов.

### ***Тема 6. Витамины и некоторые другие биологически активные соединения***

История открытия витаминов. Роль витаминов в питании человека и

животных. Авитаминозы, гиповитаминозы, гипervитаминозы. Соотношение витаминов и коферментов. Витамерия. Жирорастворимые витамины. Витамин А и его участие в зрительном акте. Витамины D, К и Е и их роль в обмене веществ. Водорастворимые витамины. Витамины В1, В2, В5, В6, В12, их значение в обмене веществ. Витамин С (аскорбиновая кислота). Разнообразие биологически активных соединений: антивитамины, антибиотики, фитонциды, гербициды, дефолианты, ростовые вещества (важнейшие представители и механизмы действия).

### ***Лабораторные работы***

1. Качественная реакция на витамин А.
2. Количественное определение витамина Р в чае.

### ***Тема 7. Нуклеиновые кислоты и их обмен***

История открытия и изучения нуклеиновых кислот, их химический состав. Характеристика пуриновых и пиримидиновых оснований, входящих в состав нуклеиновых кислот. Два типа нуклеиновых кислот: дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК) и рибонуклеиновая кислота (РНК). Различия между ДНК и РНК по составу главных азотистых оснований, пентозам, молекулярной массе, локализации в клетке и функциям. Структура и функции ДНК. Содержание ДНК в организме и локализация её в клетке (ядро, митохондрии, хлоропласта, эписомы). Размер и формы молекул ДНК. Кольцевая форма ДНК некоторых фагов, митохондрий и хлоропластов. Первичная структура ДНК. Успехи и перспективы в расшифровке структуры геномов микроорганизмов, растений и животных. Проект «Геном человека». Вторичная структура ДНК (модель Дж. Уотсона и Ф. Крика). Комплементарность азотистых оснований и её значение для воспроизведения структуры геномов. Третичная структура ДНК. Сверхспирализация ДНК. Избыточность и компактность молекул ДНК. Строение хроматина. Мутации в ДНК и факторы, их вызывающие. Репарация структуры ДНК и её значение для сохранения видов. Наследственные заболевания. РНК, их классификация (тРНК, рРНК, мРНК, мяРНК, тмРНК, вирусные РНК). Сравнительная характеристика видов РНК по их структуре и функциям. Механизм биосинтеза (репликации) ДНК. Ферменты (РНК-полимераза, ДНК-полимераза, ДНК-лигаза) и белковые факторы, участвующие в репликации ДНК. Репликационная вилка и этапы биосинтеза ДНК. Особенности репликации у про- и эукариот. Биосинтез РНК (транскрипция) и её регуляция у про- и эукариот. Понятие о транскриптонах и оперонах. Созревание (процессинг) РНК. Сплайсинг и его виды. Аутосплайсинг. «Редактирование» РНК. Обратная транскрипция и её значение для существования вирусов (на примере вируса иммунодефицита человека и вирусов гриппа) и внутригеномных перестроек. Понятие о подвижных генетических элементах и их значении для эволюции геномов. Понятие о генетической инженерии. Принципы и стратегии молекулярного

клонирования. Достижения и перспективы молекулярной биотехнологии.

### ***Лабораторные работы***

1. Выделение нуклеопротеинов из дрожжей.

### ***Тема 8. Углеводы и их обмен***

Классификация углеводов. Простые углеводы (моносахариды) и их представители (рибоза, глюкоза, фруктоза, галактоза). Сложные углеводы. Дисахариды (сахароза, лактоза, мальтоза). Полисахариды, их структура и представители (гликоген, крахмал, клетчатка, хитин). Функции углеводов (энергетическая, метаболическая, рецепторная и др.). Гликопротеины как детерминанты групп крови. Обмен углеводов. Пути распада полисахаридов. Регуляция фосфоролиза при участии гормонов, G-белков, цАМФ и протеинкиназ. Обмен глюкозо-6-фосфата (дихотомический и апотомический пути). Обмен пировиноградной кислоты. Гликолиз. Спиртовое брожение. Действие этанола на организм человека. Полиферментный комплекс окислительного декарбоксилирования пировиноградной кислоты. Цикл трикарбоновых и дикарбоновых кислот, его значение в обмене веществ и обеспечении организма энергией. Биосинтез углеводов. Понятие о первичном биосинтезе углеводов. Глюконеогенез. Биосинтез олиго- и полисахаридов.

### ***Лабораторные работы***

1. Цветные реакции на крахмал.
2. Качественные реакцию на моно- и дисахариды.

### ***Тема 9. Липиды и их обмен***

Общая характеристика и классификация липидов. Структура и функции липидов. Роль липидов в построении биологических мембран. Структура и функции липопротеинов. Обмен жиров. Распад жиров и  $\beta$ -окисление высших жирных кислот. Глиоксильный цикл и его роль во взаимосвязи обмена липидов и углеводов. Механизм биосинтеза высших жирных кислот. Биосинтез триглицеридов. Нарушения в обмене жиров. Ожирение и его причины. Воски, их строение, функции и представители (спермацет, пчелиный воск). Стероиды. Стероиды (холестерол, эргостерол и др.). Структура и функции стероидов (холестерол, стероидные гормоны). Фосфолипиды. Биологическая роль фосфолипидов. Фосфоинозитиды как источники вторичных посредников гормонов.

### ***Лабораторные работы***

1. Определение температуры плавления и затвердевания жиров
2. Эмульгирование жиров

### ***Тема 10. Биологическое окисление и синтез АТФ***

История изучения процессов биологического окисления: работы А. Н. Баха, В. И. Палладина, О. Варбурга, В. А. Энгельгардта. Разнообразие ферментов биологического окисления. Системы микросомального окисления в клетке. Цитохром Р-450 и его роль в детоксикации ксенобиотиков. Супероксиддисмутаза, каталаза и их роль в защите организма от активных форм кислорода. Сопряжение окисления с фосфорилированием. Субстратное фосфорилирование и фосфорилирование на уровне электронно-транспортной цепи. Понятие о сопрягающей мембране митохондрий. Строение протонной АТФазы и вероятные механизмы синтеза АТФ.

### ***Тема 11. Гормоны и их роль в обмене веществ***

Классификация гормонов. Стероидные гормоны: кортикостерон, тестостерон, эстрадиол, экдизон. Механизм действия стероидных гормонов. Пептидные гормоны. Характеристика инсулина, гормона роста, тиреотропина, гастрина, вазопрессина. Механизм действия пептидных гормонов (на примере глюкагена и инсулина). Сахарный диабет и его виды. Прочие гормоны (адреналин, ауксин, гиббереллины, цитокинины, простагландины), их структура и механизм действия. Рилизинг-факторы гормонов. Нейрогормоны (эндорфины и энкефалины). Применение гормонов в медицине и сельском хозяйстве.

#### ***Лабораторные работы***

1. Качественные реакции на инсулин
2. Реакция адреналина с хлорным железом
3. Реакция адреналина с йодом

### ***Тема 12. Взаимосвязь и регуляция обмена веществ. Проблемы биохимической экологии***

Общие представления о взаимосвязи обмена веществ в клетке. Понятие о ключевых метаболитах (пировиноградная кислота, кофермент-А и др.). Взаимосвязь белкового и нуклеинового обмена, значение регуляторных белков. Взаимосвязь углеводного и белкового обмена. Роль пировиноградной кислоты и цикла Кребса в этой взаимосвязи. Взаимосвязь обмена углеводов и липидов; роль ацетилкоэнзима-А в этом процессе. Уровни регуляции обмена веществ: клеточный, организменный и популяционный. Транскрипционный (оперонный) уровень регуляции. Основные механизмы регуляции обмена веществ в клетке. Организменный уровень регуляции. Гормональная регуляция обмена веществ. Каскадный механизм регуляции с участием гормонов и вторичных посредников. Популяционный уровень регуляции. Антибиотики микробов, фитонциды растений, телергоны животных и их влияние на процессы жизнедеятельности. Эколого-биохимические взаимодействия с участием различных групп организмов: микроорганизмов, грибов, высших растений,

животных. Токсины растений. Пищевые детерrentы и антифиданты. Пищевые аттрактанты и стимуляторы. Хеморегуляторы, воздействующие на позвоночных животных. Накопление и использование животными вторичных метаболитов растений. Антропогенные биоактивные вещества и проблемы химического загрязнения биосферы. Экологически безопасные способы воздействия на различные виды животных, растений и микроорганизмов.

### ***Тема 13. Проектная работа***

Предлагается для проектной работы следующие темы (примерные):

1. Качественные реакции на аминокислоты и белки.
  2. Приготовление раствора белка (яичного альбумина). Разделение белков куриного яйца по их растворимости. Денатурация белков (обратимая и необратимая).
  3. Сравнительный анализ продуктов кислотного и ферментативного гидролиза ди- и полисахаридов (на примере сахарозы и крахмала).
  4. Специфичность действия ферментов (амилаза).
  5. Влияние на активность ферментов температуры, рН, активаторов и ингибиторов.
  6. Выделение рибонуклеопротеинов из дрожжей.
  7. Качественное определение продуктов гидролиза рибонуклеопротеинов.
  8. Выделение гликогена из печени животных. Сопоставление структуры гликогена и крахмала.
  9. Разделение углеводов методом тонкослойной хроматографии.
  10. Гидролиз жиров под действием липазы.
  11. Влияние желчи на активность липазы.
  12. Качественные реакции на гормоны.
  13. Биогенная классификация химических элементов.
- Биологически активные вещества. Витамины  
Биологически активные добавки: профанация или польза?  
Биологическая роль витаминов.
14. Витамин С и его значение.
  15. Искусственные жиры — угроза здоровью.
  16. Использование дрожжей в пищевой промышленности.
  17. Исследование физико-химических свойств молока разных производителей, имеющих экологический сертификат.
  18. Йод в продуктах питания и влияние его на организм человека.

### ***Лабораторные работы***

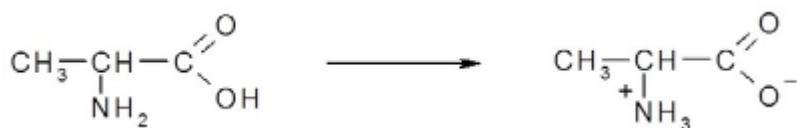
Лабораторная работа № 1

«Определение среды растворов аминокислот»

## Теоретическая часть

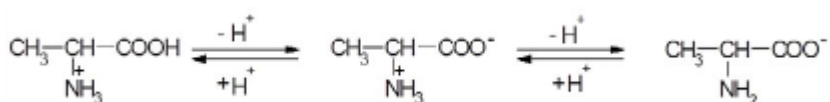
### Кисотно-основные свойства α-аминокислот

По протолитической теории кислот и оснований, α-аминокислоты относятся к амфолитам, так как содержат в составе молекулы кислотный и основной центры. В водном растворе молекула α-аминокислоты существует в виде биполярного иона.



В зависимости от pH среды может преобладать тот или иной заряд.

В сильнокислых средах (pH 1—2) формируется катионная форма α-аминокислоты. В сильнощелочной среде (pH 13—14) преобладает анионная форма α-аминокислоты.



Существуют значения pH специфические для каждой аминокислоты, в которой количество анионных форм в растворе равно количеству катионных форм. При этом необходимо учитывать наличие ионогенных группировок боковой цепи.

Значение pH при котором общий заряд молекулы α-аминокислоты равен 0, называется изоэлектрической точкой α-аминокислоты (pI<sub>AK</sub>).

Если pH раствора соответствует изоэлектрической точке α-аминокислоты, то при электрофорезе не происходит движения молекулы в растворе. Если pH раствора < pI, то катионная форма α-аминокислоты движется к катоду. Если pH раствора > pI, то анионная форма α-аминокислоты движется к аноду. На этом основано разделение АК методом электрофореза.

Для большинства белков животного происхождения изоэлектрические точки лежат в пределах от 5,5 до 7,0 (исключение: пепсин — pI = 1, сальмин — pI = 12), т. е. белки обладают более выраженными кислотными свойствами.

При физиологических значениях pH 7,34—7,36 in vivo ни одна α-аминокислота и ни один белок не находится в изоэлектрическом состоянии, а преобладает анионная форма, отрицательный заряд которой уравнивается катионами натрия и калия (Na<sup>+</sup> и K<sup>+</sup>).

## Практическая часть

**Цель:** определить pH растворов аминокислот и сделать вывод о зависимости значения pH от строения аминокислот. Продолжить изучать возможности датчиков и программы Relab Lite.

### Реактивы и оборудование:

1. Компьютер.
2. Компьютерный интерфейс сбора данных Releon Lite.

Датчик определения pH, химические стаканы, промывалка, вода

дистиллированная, 0,01 М растворы аминокислот (глицина, аланина, глутаминовой кислоты, лизина).

Инструкция по выполнению лабораторной работы:

1. Закрепите датчик рН в лапке штатива и подключите и его к планшетному регистратору (компьютеру). Запустите программу измерений Releon Lite.

2. В химический стакан налейте 30 мл раствора глицина, опустите датчик рН. Кончик чувствительного элемента должен быть погружён в раствор не менее чем на 3 см и не касаться ни дна, ни стенок стакана.

3. Нажмите кнопку «Пуск». Зафиксируйте показания рН раствора аминокислоты.

4. Промойте датчик из раствора дистиллированной водой.

5. Аналогично повторите пп. 2—4 для других аминокислот.

6. Результаты измерений занесите в таблицу.

7. Сделайте вывод.

### *Результаты измерений/наблюдений*

|                                                                     | Глицин | Аланин | Глутамино-<br>вая кислота | Лизин |
|---------------------------------------------------------------------|--------|--------|---------------------------|-------|
| Формула аминокислоты                                                |        |        |                           |       |
| Соотношение функциональных групп<br>(амино- и карбоксильной группы) |        |        |                           |       |
| Значение рН по датчику                                              |        |        |                           |       |
| Цвет лакмуса                                                        |        |        |                           |       |
| Цвет метилового оранжевого                                          |        |        |                           |       |
| Цвет фенолфталеина                                                  |        |        |                           |       |
| Цвет универсального индикатора                                      |        |        |                           |       |

## **Лабораторная работа №2**

Определение изоэлектрической точки желатины

Теоретическая часть

В изоэлектрической точке растворы белков неустойчивы. Молекулы белка с одинаковым количеством положительных и отрицательных зарядов легко выпадают в осадок. Значение рН, соответствующее изоэлектрической точке, является характерным для каждого белка. Выпадение белка в осадок можно ускорить добавлением водоотнимающих веществ, например этилового спирта.

Желатина (желатин) — полидисперсная смесь полипептидов (молекулярная масса—50—70 тыс. Д), образуемая из коллагена.

Желатина обратимо коагулирующий коллоид, получаемый из фибриллярного белка коллагена вывариванием в воде шкуры животных, кожи, костей, хрящей или сухожилий, т. е. материала, в котором содержится коллаген. Кости перед кипячением обычно сначала обезжиривают, а их минеральные компоненты удаляют,



обрабатывая кислотой. Шкуру, кожу и сухожилия промывают и обрабатывают известью, чтобы размягчить коллаген перед его превращением в желатину. Получение желатины сходно с получением клея, но вываривание в процессе её приготовления длится не столь долго и не приводит к полной деградации коллагена до жидких конечных продуктов, поэтому у желатины желатинирующая способность выше, чем у клея.

Почти 20% веса желатины составляет аминокислота глицин. Такие белковые продукты, как мясо, бедны этой аминокислотой, являющейся одним из источников энергии для организма, поэтому желатину можно считать прекрасной добавкой к мясному рациону. В качестве обратимо коагулирующего коллоида желатина предотвращает кристаллизацию сахара; с этой целью её применяют в кондитерской промышленности и при изготовлении мороженого. В производстве мороженого её используют также для того, чтобы уменьшить свертывание белка, казеина, благодаря чему и сам казеин, и жир в молоке лучше усваиваются. Желатину добавляют во многие домашние блюда и в полуфабрикаты тортов и кексов. В качестве белка-модификатора она может служить превосходным реактивом для обнаружения небольших количеств танина.

### ***Практическая часть***

Реактивы и оборудование: 0,5%-й раствор желатины; 0,1 М раствор уксусной кислоты; 0,1 М раствор ацетата натрия; 96%-й этиловый спирт, пробирки; мерные пипетки, датчик определения pH, химические стаканы, промывалка, вода дистиллированная. Компьютер. Компьютерный интерфейс сбора данных Releon Lite.

### ***Инструкция по выполнению лабораторной работы:***

1. В пять пронумерованных пробирок прилейте растворы уксусной кислоты и ацетата натрия в количествах, указанных в таблице.
2. После чего в каждую пробирку добавьте по 1 см<sup>3</sup> раствора желатины и хорошо перемешайте.
3. В каждую пробирку прибавьте по 4 см<sup>3</sup> этилового спирта и снова перемешайте.
4. Через 5—10 мин просмотрите все пробирки и оцените степень мутности полученных смесей. pH наиболее мутной смеси соответствует изоэлектрической точке желатины с помощью датчика pH.

### ***Оформление результатов***

Результаты опыта оформите в виде таблицы. Определите изоэлектрическую точку желатины.

### ***Результаты измерений/наблюдений***

| № про-<br>бирки | Состав буфер-<br>ной смеси, см <sup>3</sup> | pH смеси                       | 0,5%-й раствор<br>желати-<br>ны, см <sup>3</sup> | Этиловый<br>3 спирт, см | Степень<br>мутности по 5-<br>балльной<br>шкале |
|-----------------|---------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------|
|                 | 0,1 М CH <sub>3</sub> COOH                  | 0,1 М<br>CH <sub>3</sub> COONa |                                                  |                         |                                                |
| 1               | 1,8                                         | 0,2                            | 3,8                                              | 1                       | 4                                              |
| 2               | 1,4                                         | 0,6                            | 4,4                                              | 1                       | 4                                              |
| 3               | 1,0                                         | 1,0                            | 4,7                                              | 1                       | 4                                              |
| 4               | 0,6                                         | 1,4                            | 5,1                                              | 1                       | 4                                              |
| 5               | 1,8                                         | 1,8                            | 5,7                                              | 1                       | 4                                              |

**Контрольные вопросы:**

1. Каково строение α-аминокислот, номенклатура аминокислот, изомерия?
2. Классификация α-аминокислот по характеру бокового радикала, физико-химические характеристики боковой радикала. Классификация α-аминокислот по способности синтезироваться в организме.
3. Какими кислотно-основными свойствами обладают α-аминокислоты?
4. Общие пути обмена α-аминокислот в организме. Реакции декарбоксилирования, трансаминирования, окислительного дезаминирования.

**Тестовые задания:**

1. Тривиальное название 2-амино-3-гидроксипропановой кислоты
  - 1) серин;
  - 2) тирозин;
  - 3) оксипролин;
  - 4) аланин.
2. Название аминокислоты  $\text{H}_2\text{N} - (\text{CH}_2)_4 - \text{CH}(\text{NH}_2) - \text{COOH}$  по заместительной номенклатуре IUPAC:
  - 1) 2,6-диаминогексановая кислота;
  - 2) 2,6-диаминокапроновая;
  - 3) α,8-диаминокапроновая;
  - 4) 1-карбокси-1,5-диаминопентан.
3. Боковой радикал аспарагиновой кислоты:
  - 1) гидрофильный, полярный, ионогенный, заряженный отрицательно;
  - 2) гидрофильный, полярный, ионогенный, заряженный положительно;
  - 3) гидрофильный, полярный, неионогенный, незаряженный;
  - 4) гидрофобный, неионогенный.

4. Боковой радикал аргинина:

- 1) гидрофильный, полярный, ионогенный, заряженный отрицательно;
- 2) гидрофильный, полярный, ионогенный, заряженный положительно;
- 3) гидрофильный, полярный, неионогенный, незаряженный;
- 4) гидрофобный, неионогенный.

**Задания:**

**Задание 1.**

Смесь глицина, аланина, лизина, аргинина, серина и глутаминовой кислоты разделяли методом электрофореза при рН 6.

Определите направление движения аминокислот при электрофорезе, если изоэлектрические точки этих аминокислот соответственно равны значениям рН: 6,0; 6,0; 9,8; 10,8; 5,7 и 3,2.

**Решение:**

В изоэлектрической точке ( $pI$ -рН) суммарный заряд  $\alpha$ -аминокислоты равен нулю. В данных условиях такое соотношение выполняется для аланина, глицина и серина, эти аминокислоты в электрическом поле перемещаться не будут.

При  $pH > pI$  преобладает анионная форма и аминокислота (в данном случае глутаминовая кислота) будет перемещаться к аноду.

В случае, когда  $pH < pI$  в растворе преобладает катионная форма, поэтому лизин и аргинин будут перемещаться к катоду.

**Задание 2.**

Даны три аминокислоты: аспарагиновая, лизин и глицин. Определите, в какой среде — кислой, нейтральной или щелочной — будут находиться изоэлектрические точки этих кислот по сравнению с глицином, для которого  $pI = 6$ .

**Решение:**

У аспарагиновой кислоты  $pI$  будет находиться в более кислой среде, чем у глицина, так как для подавления диссоциации второй карбоксильной группы требуется дополнительное количество ионов  $H^+$ .

У лизина  $pI$  будет находиться в более щелочной среде, чем у глицина, так как для предотвращения образования второй  $NH_3^+$  группы требуется дополнительное количество ионов  $OH^-$ .

**Задание для развития функциональной грамотности**

Почему свежее молоко не свёртывается при кипячении, а подкисшее свёртывается? Что можно сделать, чтобы избежать сворачивания подкисшего молока?

**Ответ:**

При кипячении молока казеин всегда денатурирует, но выпадает в осадок тогда, когда лишён заряда. В свежем молоке молекулы казеина имеют отрицательный заряд. Молекулы казеина лишены заряда в кислой среде (т. е. в

кислом молоке). Следовательно, изоэлектрическая точка казеина находится в кислой среде. Предотвратить свертывание можно путём добавления соды.

### ***Лабораторная работа № 3***

#### ***Определение температуры плавления аминокислот***

##### ***Теоретическая часть***

Каждое индивидуальное соединение характеризуется набором физико-химических констант. Наиболее распространёнными из них являются температура кипения и плавления, показатель преломления, плотность.

Температурой плавления считают интервал температур с момента появления жидкой фазы до момента полного исчезновения твёрдой фазы. Чем вещество чище, тем меньше интервал температуры плавления (как правило, не более 0,5°C). Незначительные количества примеси приводят к сильному снижению температуры плавления. Расхождение определяемой температуры плавления и справочной величины для чистого соединения должны совпадать.

При нагревании вещества в нём устанавливается тепловой баланс: скорость подвода тепла в какой-то момент становится равной скорости его рассеивания. Поскольку скорость подвода и скорость рассеивания зависят от разности температур между объектом и средой, то в состоянии теплового равновесия у вещества устанавливается определённая температура. Она заведомо ниже, чем температура пламени, за счёт рассеивания тепла.

Аминокислоты — бесцветные кристаллические вещества, растворимые в воде;  $t_{пл}$  220—315 °C. Высокая температура плавления аминокислоты связана с тем, что их молекулы имеют структуру главным образом амфотерных (двузарядных) ионов.

Для всех аминокислот не представляется возможным однозначно фиксировать температуру плавления, поскольку этот процесс сопряжён с разложением.

Термическая деструкция фрагмента глицина наблюдается в интервале температур, как правило, в зависимости от заместителей в радикале, причём характер радикала влияет на стадийность и скорость процесса разложения.

##### ***Практическая часть***

**Цель:** продемонстрировать возможности спиртовки для нагревания веществ.

Перечень датчиков цифровой лаборатории: датчик высокотемпературный термопарный.

Дополнительное оборудование: штатив с зажимом; спиртовка.

Материалы и реактивы: спирт этиловый, аминокислоты.

##### ***Техника безопасности:***

1. Работа связана с открытым пламенем — берегитесь ожога!
2. Термопара после извлечения из пламени остывает не сразу — берегитесь ожога!
3. В спиртовке содержится горючая жидкость.

4. Работать в очках.

**Инструкция к выполнению лабораторной работы:**

В пробирку насыпьте порошок глицина на 2—3 см по высоте. Закрепите пробирку в лапке штатива, а термопарный датчик так, чтобы его кончик доходил почти до дна пробирки, но не касался ни дна, ни стенок (рис. 1). Отметьте температуру глицина.

Зажгите спиртовку и поставьте её под пробирку с глицином.

Наблюдайте за изменением температуры, занося результаты измерений в таблицу.

Через некоторое время после начала нагревания температура стабилизируется. После этого остановите нагревание.

Обратите внимание! Ставить нагретую пробирку в пластиковый штатив нельзя. Нужно дождаться его охлаждения в лапке штатива.

**Результаты измерений/наблюдений**

| № | Температура глицина без нагревания              | Температура глицина через 1 мин              | Температура глицина через 3 мин              | Температура глицина через 5—6 мин              |
|---|-------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 1 |                                                 |                                              |                                              |                                                |
| № | Температура аланина без нагревания              | Температура аланина через 1 мин              | Температура аланина через 3 мин              | Температура аланина через 5—6 мин              |
| 2 |                                                 |                                              |                                              |                                                |
| № | Температура глутаминовой кислоты без нагревания | Температура глутаминовой кислоты через 1 мин | Температура глутаминовой кислоты через 3 мин | Температура глутаминовой кислоты через 5—6 мин |
| 3 |                                                 |                                              |                                              |                                                |
| № | Температура лизина без нагревания               | Температура лизина через 1 мин               | Температура лизина через 3 мин               | Температура лизина через 5—6 мин               |
| 4 |                                                 |                                              |                                              |                                                |

*Аналогично проведите опыт с другими аминокислотами, например аланином.*

**Выводы:**

*Сделайте вывод о температуре плавления аминокислот. Чем она обусловлена?*

Контрольные вопросы:

1. Почему температура, до значений которой удаётся нагреть вещество, ниже температуры пламени?
2. Почему невозможно однозначно зафиксировать температуру плавления для аминокислот?
3. Используя данные литературы, сравните температуры плавления заменимых и незаменимых аминокислот.

## Лабораторная работа № 4

### Влияние температуры на свойства белков

#### Теоретическая часть

Общим свойством α-аминокислот является процесс поликонденсации, приводящий к образованию пептидов. В результате этой реакции формируются амидные связи по месту взаимодействия карбоксильной группы одной α-аминокислоты и аминогруппы другой α-аминокислоты. В пептидах эта связь называется пептидной связью в составе пептидной группы.

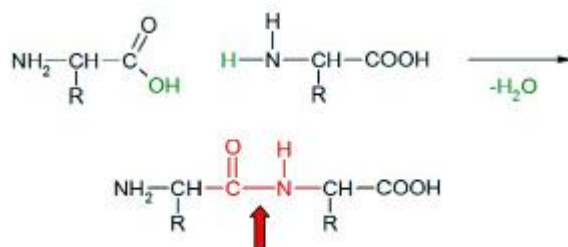


Рис. Схема образования пептидной связи

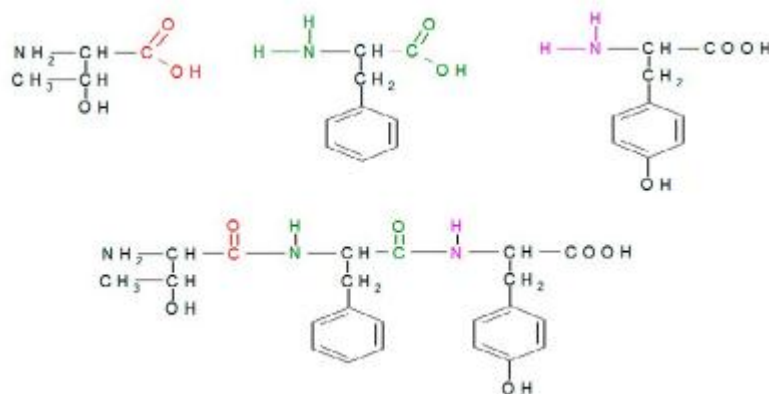


Рис. Схема образования треонилфенилаланилтирозина

Названия пептидов строятся путём последовательного перечисления аминокислотных остатков, начиная с N-конца, с добавлением суффикса -ил, кроме последней C-концевой аминокислоты, для которой сохраняется её полное название. Для остатка аспарагиновой кислоты используется название аспартил.

Установлено, что для каждого белка характерна только одна пространственная структура, в которой он стабилен и проявляет биологическую активность. Эта структура носит название нативной конформации белка. Изменение нативной конформации белка, сопровождающееся потерей характерных для него свойств: растворимости, биологической активности, электрофоретической подвижности и др., называется денатурацией. Денатурация, как правило, затрагивает четвертичную, третичную и частично вторичную структуры белковой молекулы и не сопровождается какими-либо изменениями первичной структуры. Денатурацию могут вызывать различные физические и химические факторы: высокая

температура, механические воздействия, действие ионизирующих излучений, обработка ультразвуком, действие органическими растворителями, растворами кислот, щелочей, солей тяжёлых металлов. Примером тепловой денатурации может служить свёртывание белка при варке яиц. Денатурация белков происходит в желудке, где имеется сильноокислая среда и это способствует расщеплению белков протеолитическими ферментами. По мере старения организма происходит постепенная, хотя и чрезвычайно медленная, денатурация белков и снижение их гидрофильности. При определённых условиях денатурированный белок можно частично или полностью вернуть к исходному нативному состоянию. Такой процесс называется ренатурацией, а белок — ренатурированным. Этот процесс происходит самопроизвольно при значениях pH и температуры, обеспечивающих стабильность нативной формы. Ренатурацию обычно проводят в мягких условиях, медленно снимая воздействие.

Обычно денатурация белка наблюдается *in vitro*, при воздействии на него аномальной температуры или денатуранта мочевины,  $H^+$  или  $OH^-$  ионов (т. е. аномального pH) и т. д.) Однако распад твёрдой структуры белка и затем её повторная самоорганизация происходит и в живой клетке — что играет важную роль, например в процессе транспорта белков через мембраны.

В интервале температур, приблизительно от 0 до 40 °C, растворимость большинства белков возрастает с повышением температуры. При температурах, превышающих 40—50 °C, большинство белков утрачивает стабильность, начинается их денатурация, сопровождающаяся обычно резким снижением растворимости.

Практическая часть

**Цель:** продемонстрировать процесс денатурации белка.

Перечень датчиков цифровой лаборатории: датчик температуры (платиновый).

Дополнительное оборудование: штатив с зажимом; спиртовка.

Материалы и реактивы: раствор яичного белка.

**Техника безопасности:**

1. Работа связана с открытым пламенем — берегитесь ожога!
2. Датчик температуры после извлечения из пламени остывает не сразу — берегитесь ожога!
3. В спиртовке содержится горючая жидкость.
4. Работать в очках.

**Инструкция к выполнению лабораторной работы:**

В 4 пробирки поместите по 0,5 мл раствора яичного белка. Закрепите пробирку в лапке штатива, а датчик температуры так, чтобы его кончик доходил почти до дна пробирки, но не касался ни дна, ни стенок (рис. 1). Отметьте

температуру раствора яичного белка. Приготовленный раствор должен предварительно быть охлаждён.

Зажгите спиртовку и поставьте её под пробирку с раствором яичного белка. Наблюдайте за изменением температуры, особенно внимательно после 50 °С, занося результаты измерений в таблицу.

Через 1—2 мин остановите нагревание.

Раствор охладите и растворите в воде. Сделайте вывод.

Обратите внимание! Ставить нагретую пробирку в пластиковый штатив нельзя. Нужно дождаться её охлаждения в лапке штатива.

Для сравнения проведите опыт с изолятом растительного белка.

***Результаты измерений/наблюдений***

|                                            | Температура нагревания | Время наступления денатурации |
|--------------------------------------------|------------------------|-------------------------------|
| Раствор яичного белка                      |                        |                               |
| Изолят растительного белка<br>(горохового) |                        |                               |

**Контрольные вопросы:**

1. Какие изменения происходят в структуре белка при нагревании? Меняется ли его первичная структура?
2. Как называется процесс свертывания белков?
3. Почему свернувшийся белок не растворяется в воде?

**Задание:**

Прилейте к яичному белку спирт или кислоту. Что наблюдаете при добавлении к белку спирта и кислоты?