



МИНИСТЕРСТВО  
ПРОСВЕЩЕНИЯ  
РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

ОБРАЗОВАНИЕ

НАЦИОНАЛЬНЫЕ  
ПРОЕКТЫ  
РОССИИ



КВАНТОРИУМ

РЕАЛИЗАЦИЯ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ  
ПРОГРАММ

# ПО ХИМИИ

ИЗ ЧАСТИ УЧЕБНОГО ПЛАНА,  
ФОРМИРУЕМОЙ УЧАСТНИКАМИ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОТНОШЕНИЙ,  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ОБОРУДОВАНИЯ  
ДЕТСКОГО ТЕХНОПАРКА  
«ШКОЛЬНЫЙ КВАНТОРИУМ»

МОСКВА 2021



В. Е. Пономарев

**Реализация образовательных программ по химии из части учебного плана,  
формируемой участниками образовательных отношений, с  
использованием оборудования детского технопарка «Школьный  
кванториум»**

*Методическое пособие*

Москва, 2021



## Содержание

<b>Введение</b> .....	3
Цели и задачи «Школьного кванториума» .....	3
Нормативная база .....	5
Основные понятия и термины .....	7
<b>Описание материально-технической базы «Школьного кванториума», используемой для реализации образовательных программ в рамках преподавания химии</b> .....	8
<b>Примерная рабочая программа элективного курса «Практикум по химии в 10 и 11 классах с использованием оборудования «Школьного кванториума»</b> .....	15
Пояснительная записка .....	15
Планируемые результаты освоения учебного предмета химии с описанием универсальных учебных действий, достигаемых обучающимися .....	16
Формы контроля .....	19
Основное содержание программы элективного курса .....	20
Учебно-тематический план .....	20
Содержание программы .....	21
Лабораторные работы .....	26
Конспекты уроков .....	44
Перечень доступных источников информации .....	56
Заключение .....	57



## Введение

Детские технопарки «Кванториум» на базе общеобразовательных организаций (в дальнейшем «Школьные кванториумы») созданы с целью организации образовательной деятельности в сфере общего и дополнительного образования, направленной на создание условий для расширения содержания общего образования с целью развития у обучающихся естественно-научной, математической, информационной грамотности, формирования критического и креативного мышления, совершенствования навыков естественно-научной направленности, а также повышения качества образования.

### Цели и задачи «Школьного кванториума»:

- реализация основных общеобразовательных программ по учебным предметам естественно-научной направленности, в том числе в рамках внеурочной деятельности обучающихся;
- разработка и реализация разноуровневых дополнительных общеобразовательных программ естественно-научной направленности, а также иных программ, в том числе в каникулярный период;
- вовлечение обучающихся и педагогических работников в проектную деятельность;
- организация внеучебной деятельности в каникулярный период, разработка и реализация соответствующих образовательных программ, в том числе для лагерей, организованных образовательными организациями в каникулярный период;
- повышение профессионального мастерства педагогических работников «Школьного кванториума», реализующих основные и дополнительные общеобразовательные программы.

Создание «Школьного кванториума» на базе общеобразовательной организации предполагает использование приобретаемого оборудования, средств обучения и воспитания для углублённого освоения основных образовательных программ основного общего и среднего общего образования, внеурочной деятельности, программ дополнительного образования, в том числе естественно-научной и технической направленности.

Создание «Школьного кванториума» предполагает развитие инфраструктуры общеобразовательной организации, в том числе её оснащение:

- оборудованием, средствами обучения и воспитания для расширения возможностей изучения (в том числе экспериментального) предметов, курсов, дисциплин (модулей) естественно-научной и технологической направленности при реализации основных общеобразовательных программ и дополнительных общеобразовательных программ;
- оборудованием, средствами обучения и воспитания для начального знакомства обучающихся с проектированием и конструированием роботов, обучения основам конструирования и программирования, принципов функционирования и основы разработки информационных систем и аппаратно-программных комплексов и т. д.
- компьютерным, презентационным и иным оборудованием, в том числе для реализации программ дополнительного образования естественно-научной и технической направленности.

Перечень, минимально необходимые функциональные и технические требования и минимальное количество оборудования, расходных материалов, средств обучения и воспитания для оснащения «Школьного кванториума» определяются региональным коорди-



натором с учётом примерного перечня оборудования, расходных материалов, средств обучения и воспитания в целях создания детского технопарка «Кванториум».

Эксперимент является источником знаний и критерием их истинности в науке. Концепция современного образования подразумевает, что в учебном эксперименте ведущую роль должен занять самостоятельный исследовательский ученический эксперимент. 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».

Учебный эксперимент по химии на традиционном оборудовании без применения цифровых лабораторий не может позволить в полной мере решить все задачи в современной школе. Это связано с рядом причин:

- традиционное школьное оборудование из-за ограничения технических возможностей не позволяет проводить многие количественные исследования;
- длительность проведения химических исследований не всегда согласуется с длительностью учебных занятий;
- возможность проведения многих исследований ограничивается требованиями техники безопасности и др.

Цифровая лаборатория полностью меняет методику и содержание экспериментальной деятельности и решает вышеперечисленные проблемы. Широкий спектр датчиков позволяют учащимся знакомиться с параметрами химического эксперимента не только на качественном, но и на количественном уровне. Цифровая лаборатория позволяет вести длительный эксперимент даже в отсутствие экспериментатора, а частота их измерений не подвластна человеческому восприятию.

В процессе формирования экспериментальных умений ученик обучается представлять информацию об исследовании в четырёх видах:

- в вербальном: описывать эксперимент, создавать словесную модель эксперимента, фиксировать внимание на измеряемых величинах, терминологии;
- в табличном: заполнять таблицы данных, лежащих в основе построения графиков (при этом у учащихся возникает первичное представление о масштабах величин);
- в графическом: строить графики по табличным данным, что даёт возможность перехода к выдвижению гипотез о характере зависимости между величинами (при этом учитель показывает преимущество в визуализации зависимостей между величинами, наглядность и многомерность);
- в виде математических уравнений: давать математическое описание взаимосвязи величин, математическое обобщение.

Переход от каждого этапа представления информации занимает довольно большой промежуток времени. В 7—8 классах этот процесс необходим, но в старших классах можно было бы это время потратить на решение более важных задач. В этом плане цифровые лаборатории существенно экономят время. Это время можно потратить согласно ФГОС на формирование исследовательских навыков учащихся, которые выражаются в следующих действиях:

- определение проблемы;
- постановка исследовательской задачи;
- планирование решения задачи;
- построение моделей;
- выдвижение гипотез;



- экспериментальная проверка гипотез;
- анализ данных экспериментов или наблюдений;
- формулирование выводов.

Последние годы у учащихся наблюдается низкая мотивация изучения естественно-научных дисциплин и, как следствие, падение качества образования.

Цифровое образовательное оборудование позволяет ознакомить учащихся с современными методами исследования, применяемыми в науке, а учителю — применять современные педагогические технологии. Поэтому главной составляющей комплекта «Школьного кванториума» являются цифровые лаборатории.

Основная образовательная программа содержит обязательную часть и часть, формируемую участниками образовательных отношений. Обязательная часть в полном объеме выполняет требования ФГОС СОО и составляет 60%, а часть, формируемая участниками образовательных отношений, — 40% от общего объема образовательной программы среднего общего образования.

Часть примерного учебного плана, формируемая участниками образовательных отношений, определяет время, отводимое на изучение содержания образования, обеспечивающего реализацию интересов и потребностей обучающихся, их родителей (законных представителей), педагогического коллектива образовательной организации.

Обучающийся имеет право на:

- выбор факультативных (необязательных для данного уровня образования) и элективных (избираемых в обязательном порядке) учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей) из перечня, предлагаемого общеобразовательной организацией (после получения основного общего образования);
- изучение наряду с учебными предметами, курсами, дисциплинами (модулями) по осваиваемой образовательной программе любых других учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей), преподаваемых в общеобразовательной организации в установленном ею порядке.

В подходе к организации и реализации элективных курсов как дифференцированной и вариативной части образования в школе сегодня должно учитываться, что образовательная среда становится высокотехнологичной.

## Нормативная база

1. Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ (ред. от 31.07.2020) «Об образовании в Российской Федерации» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2020) — URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_140174](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174) (дата обращения: 28.09.2020).

2. Паспорт национального проекта «Образование» (утв. президиумом Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и национальным проектам, протокол от 24.12.2018 № 16) — URL: <https://login.consultant.ru/link?req=doc&base=LAW&n=319308&demo=1> (дата обращения: 10.03.2021).

3. Государственная программа Российской Федерации «Развитие образования» (утв. Постановлением Правительства РФ от 26.12.2017 № 1642 (ред. от 22.02.2021) «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие образования» — URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_286474](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_286474) (дата обращения: 10.03.2021).

4. Профессиональный стандарт «Педагог (педагогическая деятельность в дошкольном, начальном общем, основном общем, среднем общем образовании), (воспитатель, учитель)» (ред. от 16.06.2019 г.) (Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от



18 октября 2013 г. № 544н, с изменениями, внесёнными приказом Министерства труда и соцзащиты РФ от 25 декабря 2014 г. № 1115н и от 5 августа 2016 г. № 422н) — URL: //http://профстандартпедагога.рф (дата обращения: 10.03.2021).

5. Профессиональный стандарт «Педагог дополнительного образования детей и взрослых» (Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 5 мая 2018 г. № 298н «Об утверждении профессионального стандарта «Педагог дополнительного образования детей и взрослых») — URL: //https://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/reestr-professionalnykh-standartov/index.php?ELEMENT\_ID=48583 (дата обращения: 10.03.2021).

6. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования (утв. приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 17 декабря 2010 г. № 1897) (ред. 21.12.2020) — URL: https://fgos.ru (дата обращения: 10.03.2021).

7. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования (утв. приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 17 мая 2012 г. № 413) (ред. 11.12.2020) — URL: https://fgos.ru (дата обращения: 10.03.2021).

8. Методические рекомендации по созданию и функционированию детских технопарков «Кванториум» на базе общеобразовательных организаций (утв. распоряжением Министерства просвещения Российской Федерации от 12 января 2021 г. № Р-4) — URL: http://www.consultant.ru/document/cons\_doc\_LAW\_374695/ (дата обращения: 10.03.2021).

9. Методические рекомендации по созданию и функционированию центров цифрового образования «IT-куб» (утв. распоряжением Министерства просвещения Российской Федерации от 12 января 2021 г. № Р-5) — URL: http://www.consultant.ru/document/cons\_doc\_LAW\_374572/ (дата обращения: 10.03.2021).

10. Методические рекомендации по созданию и функционированию в общеобразовательных организациях, расположенных в сельской местности и малых городах, центров образования естественно-научной и технологической направленностей («Точка роста») — (утв. распоряжением Министерства просвещения Российской Федерации от 12 января 2021 г. № Р-6) — URL: http://www.consultant.ru/document/cons\_doc\_LAW\_374694/ (дата обращения: 10.03.2021).



## Основные понятия и термины

### Справочник

**Федеральный государственный образовательный стандарт (ФГОС)** — это совокупность требований, обязательных при реализации основных образовательных программ начального общего, основного общего, среднего (полного) общего, начального профессионального, среднего профессионального и высшего профессионального образования образовательными учреждениями, имеющими государственную аккредитацию.

**Универсальные учебные действия (УУД)** — это совокупность способов действий обучающегося, которая обеспечивает его способность к самостоятельному усвоению новых знаний, т. е. способность субъекта к саморазвитию и самосовершенствованию путём сознательного и активного присвоения нового социального опыта.

**«Школьный кванториум»** — федеральная сеть детских технопарков «Кванториум» на базе общеобразовательных организаций организованная в рамках проекта «Современная школа».

**Цифровая лаборатория по химии** — это комплект, состоящий из датчиков для измерения и регистрации различных параметров, интерфейса сбора данных и программного обеспечения, визуализирующего экспериментальные данные на экране.

**Мультидатчик** — цифровое устройство, выполненное как цельная платформа с многоканальным измерителем, одновременно получающим сигналы с различных встроенных датчиков, размещённых в едином корпусе устройства.

- Методические рекомендации по реализации образовательных программ в рамках преподавания химии с использованием оборудования технопарка «Школьный кванториум» 7—9 класс включают в себя:
- описание материально-технической базы «Школьного кванториума», используемого для реализации образовательных программ в рамках преподавания химии;
- примерную рабочую программу элективного курса по химии для 10—11 классов для организации изучения химии с использованием оборудования технопарка «Школьный кванториум»;
- примеры уроков, лабораторных работ, тем проектных работ и внеурочных занятий с использованием оборудования технопарка «Школьный кванториум».

**Элективные курсы** — это обязательные курсы по выбору учащихся из компонента образовательного учреждения, входящие в состав профиля обучения.





## Описание материально-технической базы «Школьного кванториума», используемой для реализации образовательных программ в рамках преподавания химии

Комплект оборудования «Школьного кванториума» представлен как современными приборами, так и классическими. Последние прошли многолетнюю апробацию в школе и получили должное признание у учителей химии. К ним относится: прибор для демонстрации зависимости скорости реакции от различных факторов, аппарат для проведения химических реакций, прибор для опытов по химии с электрическим током. Учитывая практический опыт применения данного оборудования на уроках химии, здесь приводится лишь краткое описание приборов. Основной акцент сделан на применении цифровых лабораторий и их возможностях.

### Справочник

**Цифровая (компьютерная) лаборатория (ЦЛ)** поставляется с набором датчиков<sup>1</sup>, позволяющих регистрировать значения различных физических величин.

**Датчик температуры** — простой и надёжный датчик, предназначен для измерения температуры в водных растворах и в газовых средах. Имеет различный диапазон измерений от  $-30$  до  $+120$  °С. Технические характеристики датчика указаны в инструкции по эксплуатации.

**Датчик оптической плотности (колориметр)** — предназначен для измерения оптической плотности окрашенных растворов (рис. 1). Используется при изучении тем «Растворы», «Скорость химических реакций», определении концентрации окрашенных ионов или соединений. В комплект входят датчики с длиной волны монохроматического источника света 525 нм (зелёный) и 470 нм (синий). Объём кюветы составляет 4 мл, длина оптического пути — 10 мм.

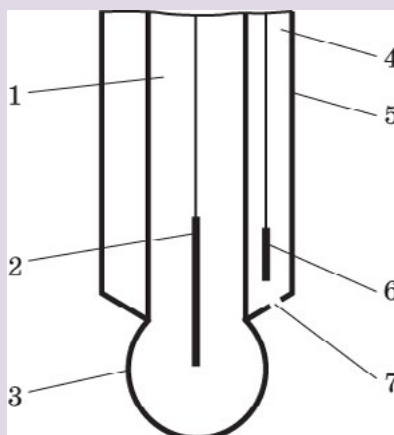


Рис. 1. Датчик оптической плотности: 1 — гнездо для кюветы; 2 — кювета для исследуемого вещества

<sup>1</sup> Подробные характеристики датчиков, методики настройки и правила работы можно найти в книге: Использование цифровых лабораторий при обучении химии в средней школе. — М.: Бинном. Лаборатория знаний, 2014. — 229 с.

**Датчик электропроводности** предназначен для измерения удельной электропроводности жидкостей, в том числе и водных растворов веществ. Применяется при изучении теории электролитической диссоциации, характеристик водных растворов.

**Датчик pH** предназначен для измерения водородного показателя (pH). В настоящее время в школу поступают комбинированные датчики, совмещающие в себе стеклянный электрод с электродом сравнения (рис. 2), что делает работу по измерению водородного показателя более комфортной.



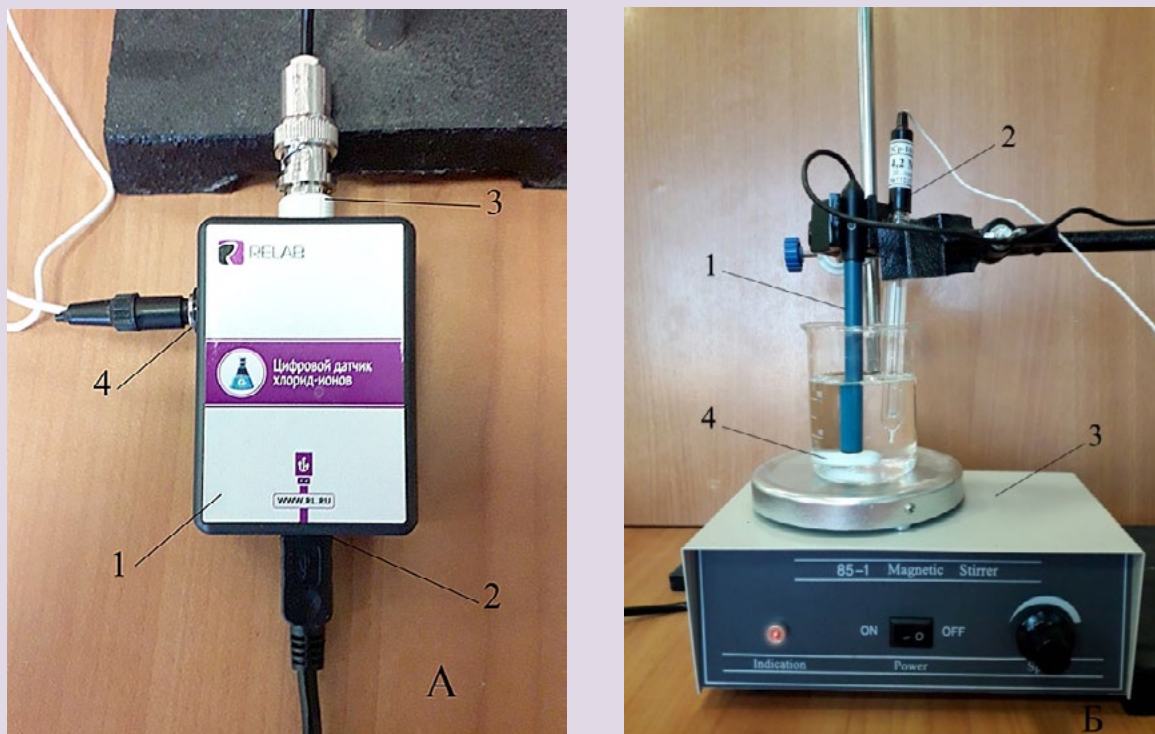
**Рис. 2.** Схема строения комбинированного датчика pH: 1 — внутренний буферный раствор стеклянного электрода; 2 — внутренний, рабочий, электрод (серебряная проволока, покрытая пастой из хлорида серебра, в составе стеклянного электрода); 3 — стеклянная мембрана; 4 — раствор электролита электрода сравнения (внешний раствор); 5 — корпус электрода; 6 — внешний электрод сравнения (серебряная проволока, покрытая пастой из AgCl в составе электрода сравнения); 7 — диафрагма, соединяющая внутреннее пространство электрода с внешним, для создания электролитического мостика

**Стеклянный электрод** относится к ионоселективным электродам (ИСЭ), имеет наибольшее практическое применение для экспериментального определения pH, поскольку отличается устойчивой работой в широком интервале pH, от 0—12 (реже 14), и в присутствии окислителей. Используется для измерения водородного показателя водных растворов в различных исследованиях объектов окружающей среды. При эксплуатации требует бережного отношения. Необходимо помнить, что датчик хрупок, поэтому им нельзя ничего перемешивать! Нельзя трогать чувствительный элемент руками.

**Датчик хлорид-ионов** используется для количественного определения содержания хлорид-ионов  $\text{Cl}^-$  в водных растворах, почве, продуктах питания. К датчику подключается ИСЭ — рабочий электрод, потенциал которого зависит от концентрации определяемого иона, в данном случае от концентрации анионов  $\text{Cl}^-$ . Потенциал ИСЭ определяют относительно электрода сравнения, как правило, хлорсеребряного. На рисунке 3 показана общая схема использования ИСЭ для количественного определения концентрации (активности<sup>2</sup>) различных ионов:  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ .

<sup>2</sup> Активность ионов  $a$  — эффективная (кажущаяся) концентрация с учетом различных взаимодействий между ионами в растворе. Показатель активности  $p_a = -\lg a$ . Понятие было предложено в 1907 году американским ученым Г. Льюисом как новая переменная, применение которой вместо концентрации позволяет использовать для описания свойств реальных растворов относительно простые уравнения, полученные для идеальных систем.

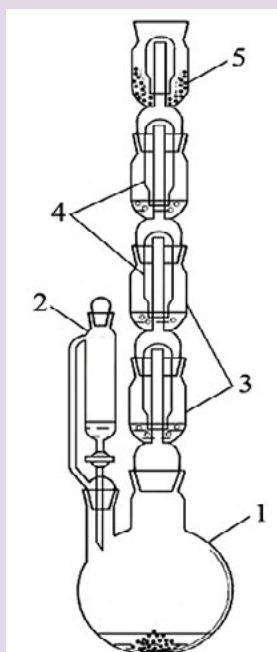
Запрещается трогать мембрану электрода пальцами и приводить её в соприкосновение с твёрдыми поверхностями. При хранении ИСЭ чувствительная часть датчика (мембрана) должна быть защищена специальным колпачком. Не допускается использовать электроды с полимерной мембраной в средах, содержащих летучие вещества или органические растворители. Не следует использовать ИСЭ в сильных окислителях. Длительное нахождение ИСЭ в растворах крепких кислот или щелочей приводит к резкому и необратимому сокращению срока службы электрода.



**Рис. 3.** Установка для определения концентрации (активности) хлорид-ионов в растворе. А: 1 — корпус датчика для определения  $\text{Cl}^-$ -ионов; 2 — разъём Micro USB для подключения к компьютеру; 3 — разъём BNC для подключения рабочего электрода; 4 — разъём для подключения электрода сравнения. Б: 1 — ионоселективный электрод (рабочий электрод); 2 — электрод сравнения (хлорсеребряный электрод); 3 — магнитная мешалка; 4 — якорь магнитной мешалки

**Датчик нитрат-ионов** предназначен для количественного определения нитрат-ионов  $\text{NO}_3^-$  в водных растворах, почве, продуктах питания. К датчику подключается ИСЭ, потенциал которого зависит от активности нитрат-ионов в исследуемом растворе.

**Аппарат для проведения химических реакций (АПХР)** предназначен для получения и демонстрации свойств токсичных паров и газов. Эти вещества получают в колбе-реакторе, и при нагревании (или без нагревания) газообразные вещества, проходя через поглотительные ёмкости (насадки) с растворами реагентов, вступают с ними в реакцию (рис. 4). Избыток газа поглощается жидкими и твёрдыми реагентами, а также активированным углём. Аппарат чаще всего используют для получения и демонстрации свойств хлора, сероводорода.



**Рис. 4.** Аппарат для проведения химических реакций (АПХР): 1 — двугорлая колба-реактор; 2 — делительная воронка для работы с токсичными веществами, позволяет добавлять необходимое количество жидкого реагента в реакцию смесь, не допуская разгерметизации прибора; 3 — ёмкости (насадки) для жидких реагентов (поглотителей); 4 — колпаки; 5 — ёмкость (насадка) для сыпучих реагентов

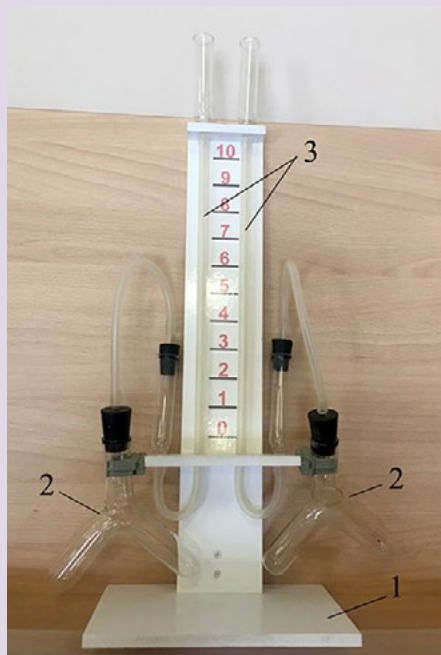
При правильной эксплуатации прибора демонстрация становится безопасной, удобной. На проведение опытов тратится около 3—6 мин. Хорошая визуальность является преимуществом этого прибора. Так как при демонстрации одновременно проходят несколько реакций, важно правильно организовать наблюдения учащимися за протекающими процессами. Целесообразно записать на доске названия или формулы реагентов, находящихся в поглотительных склянках. По окончании опыта нужно сравнить исходные растворы веществ и результаты их превращений.

АПХР можно применять на разных этапах усвоения знаний — при изучении нового материала, повторении и закреплении, обобщении и систематизации знаний учащихся. В зависимости от профиля обучаемых, целей урока, уровня развития учащихся возможны различные варианты постановки эксперимента и выбора реагирующих веществ. Однако при изучении свойств веществ не следует ограничиваться только экспериментом с использованием АПХР. Многие дидактические цели могут быть достигнуты только демонстрацией опытов в традиционной форме.

Применение АПХР не ограничивается вышеописанным экспериментом. Прибор удобно применять при демонстрации свойств диоксида азота(IV), метиламина, брома, при фракционной перегонки нефти. В целях экономии времени его можно использовать при изучении свойств углекислого газа. В препаративных целях АПХР подходит для получения безводной азотной кислоты, бромбензола, нитробензола и других соединений.

## Справочник

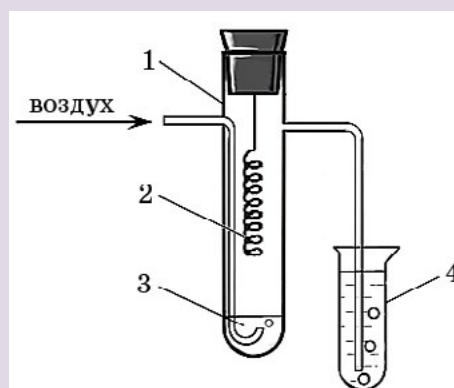
**Прибор для демонстрации зависимости скорости химических реакций от различных факторов** используют при изучении темы «Скорость химической реакции» и теплового эффекта химических реакций. Прибор даёт возможность экспериментально исследовать влияние на скорость химических реакции следующих факторов: природы реагирующих веществ, концентрации реагирующих веществ, площади границы раздела фаз в гетерогенных системах (поверхности соприкосновения между реагирующими веществами), температуры, катализатора, ингибитора.



**Рис. 5.** Прибор для демонстрации зависимости скорости химических реакций от различных факторов: 1 — подставка; 2 — сосуды Ландольта; 3 — манометрические трубки

Прибор состоит из подставки, на которой закреплены две манометрические трубки, которые соединяются с сосудами Ландольта с помощью пластиковой трубки с пробками, как показано на рисунке (рис. 5). Между манометрическими трубками на панели нанесена шкала для наблюдения уровня жидкости в трубках. Окрашенной жидкостью может быть раствор любого красителя в воде.

**Прибор для окисления спирта над медным катализатором** предназначен для изучения реакции окисления спиртов кислородом воздуха на поверхности медного катализатора (рис. 6).



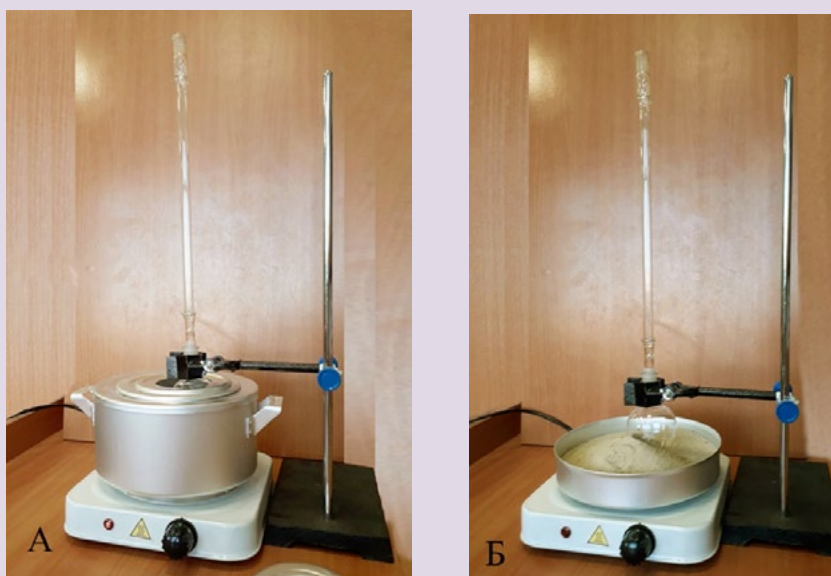
**Рис. 6.** Прибор для окисления спирта над медным катализатором: 1 — пробирка со встроенной трубкой и боковым отводом; 2 — спираль из медной проволоки, закреплена в резиновой пробке; 3 — спирт; 4 — пробирка-приёмник

**Пипетка-дозатор** — приспособление, используемое в лаборатории для отмеривания определённого объёма жидкости. Пипетки выпускаются переменного и постоянного объёма. В комплекты оборудования для медицинских классов входят удобные пипетки-дозаторы одноканальные, позволяющие настроить необходимый объём отбираемой жидкости в трёх различных диапазонах (рис. 7). Использование современных технологий и цветовой кодировки диапазона дозирования даёт возможность качественно, точно, безопасно выполнять пипетирование. Пипетки имеют сменные пластиковые наконечники.



**Рис. 7.** Пипетки дозаторы одноканальные переменного объема: 1 — 1—10 мл; 2 — 100—1000 мкл; 3 — 10—100 мкл.

**Баня комбинированная** предназначена для нагрева стеклянных и фарфоровых сосудов, когда требуется создать вокруг нагреваемого сосуда равномерное температурное поле, избежать использования открытого пламени и раскаленной электрической спирали (рис. 8). Корпус комбинированной бани сделан из алюминия. Жидкостная часть комбинированной бани закрывается кольцами различного диаметра.



**Рис. 8.** Баня комбинированная лабораторная: А — водяная баня; Б — песчаная баня



Для нагревания сосудов до 100 °С в качестве теплоносителя используют воду, когда требуется создать более высокую температуру, применяют солевые растворы. Теплоносителем может быть глицерин. Он обеспечивает интервал температур от 60 до 180 °С. Выше этой температуры, глицерин начинает разлагаться и дымить. Для нагревания до более высоких температур используют цилиндрическое масло или силиконовое. Более безопасно использовать для наполнения бань сухой мелкозернистый песок. Однако песочные бани прогреваются неравномерно. В состав комплекта входит сито для просеивания речного песка.

Источником тепла для комбинированной бани являются электрические плитки с закрытой спиралью.



# Примерная рабочая программа элективного курса «Практикум по химии в 10 и 11 классах с использованием оборудования «Школьного кванториума»

## 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.

### **Важно**

## **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 ультрамикрорезультатов 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
<b>10 класс</b>				
Тема 1	Вводные занятия. 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
<b>11 класс</b>				
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. 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. Заменяемые и незаменимые аминокислоты. Биосинтез белков. Матричная схема биосинтеза белков. Активирование аминокислот (синтез аминоацил-tP-НК). 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.

### **Лабораторный 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 (KS) и константа Михаэлиса (KM). 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.

### **Лабораторный 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: авитамины, 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.





ридов. Регуляция фосфолиза 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). Стериды. Стероиды (холестерол, эргостерол и др.). Структура и функции стероидов (холевая кислота, 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 P-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, гастрин, 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. Релизинг-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 детергенты 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.

## ПОМОЩЬ УЧИТЕЛЮ

### 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. Иод в продуктах питания и влияние его на организм человека.

## Лабораторные работы

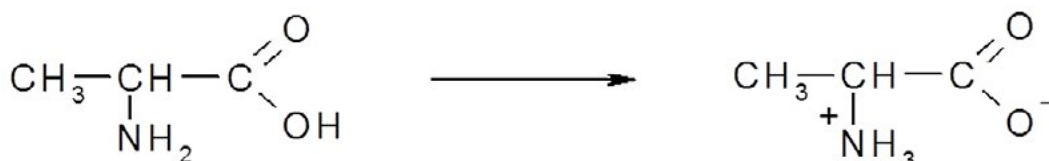
### Лабораторная работа № 1

#### «Определение среды растворов аминокислот»

##### Теоретическая часть

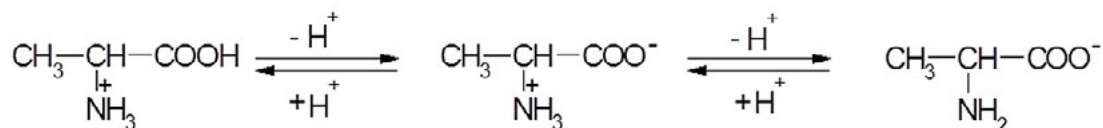
##### Кисотно-основные свойства $\alpha$ -аминокислот

По протолитической теории кислот и оснований,  $\alpha$ -аминокислоты относятся к амфолитам, так как содержат в составе молекулы кислотный и основной центры. В водном растворе молекула  $\alpha$ -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  $\alpha$ -аминокислоты. В сильнощелочной среде (pH 13—14) преобладает анионная форма  $\alpha$ -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  $\alpha$ -аминокислоты равен 0, называется изоэлектрической точкой  $\alpha$ -аминокислоты ( $pI_{AK}$ ).

Если pH раствора соответствует изоэлектрической точке  $\alpha$ -аминокислоты, то при электрофорезе не происходит движения молекулы в растворе. Если pH раствора  $< pI$ , то катионная форма  $\alpha$ -аминокислоты движется к катоду. Если pH раствора  $> pI$ , то анионная форма  $\alpha$ -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 значения рН 7,34—7,36 *in vivo* ни одна  $\alpha$ -аминокислота и ни один белок не находится в изоэлектрическом состоянии, а преобладает анионная форма, отрицательный заряд которой уравнивается катионами натрия и калия ( $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$ ).

### Практическая часть

**Цель:** определить рН растворов аминокислот и сделать вывод о зависимости значения рН 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 рН, 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 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- вая кислота	Лизин
Формула аминокислоты				
Соотношение функциональных групп (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) — полидесперсная 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 рН, 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. рН наиболее мутной смеси соответствует изоэлектрической точке желатины с помощью датчика рН.



### Оформление результатов

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

#### Результаты измерений/наблюдений

№ пробирки	Состав буферной смеси, см <sup>3</sup>	pH смеси	0,5%-й раствор желатинины, см <sup>3</sup>	Этиловый спирт, см <sup>3</sup>	Степень мутности по 5-балльной шкале
	0,1 М СН <sub>3</sub> СООН	0,1 М СН <sub>3</sub> СООNa			
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  $\alpha$ -аминокислот, номенклатура аминокислот, изомерия?
2. Классификация  $\alpha$ -аминокислот по характеру бокового радикала, физико-химические характеристики боковой радикала. Классификация  $\alpha$ -аминокислот по способности синтезироваться в организме.
3. Какими кислотно-основными свойствами обладают  $\alpha$ -аминокислоты?
4. Общие пути обмена  $\alpha$ -аминокислот в организме. Реакции декарбоксилирования, трансминирования, 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)  $\alpha, \epsilon$ -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, не заряженный;
  - 4) гидрофобный, неионогенный;

**Задания:****Задание 1.**

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

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

**Решение:**

В изоэлектрической точке ( $pI \approx pH$ ) 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.

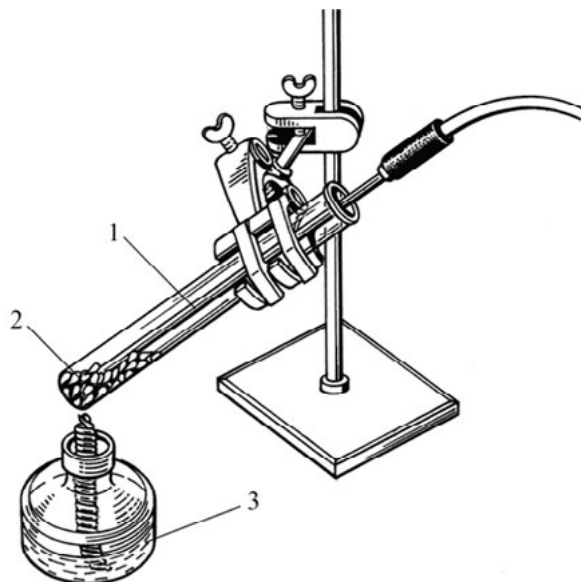
Температурой плавления считают интервал температур с момента появления жидкой фазы до момента полного исчезновения твёрдой фазы. Чем вещество чище, тем меньше интервал температуры плавления (как правило, не более  $0,5^{\circ}\text{C}$ ). Незначительные количества примеси приводят к сильному снижению 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;  $t_{\text{пл}}$   $220\text{—}315^{\circ}\text{C}$ . 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.



**Рис. 9.** Прибор для определения температуры плавления:  
1 — термопарный датчик; 2 — вещество; 3 — спиртовка



**ПОМОЩЬ УЧИТЕЛЮ***Это интересно знать*

Термический анализ (термография) применяется для изучения свойств вещества и процессов, протекающих в нём при нагревании и охлаждении по заданной программе; он проводится с помощью специальной аппаратуры, и основным его техническим результатом являются термические кривые — термограммы, которые зависят главным образом от химического состава и структуры исследуемого объекта.

Термогравиметрия (ТГ) находит широкое применение для анализа в металлургии, лакокрасочной промышленности, производстве керамических материалов, минералогии, органической и неорганической химии и пр.

Можно перечислить лишь некоторые из многочисленных областей применения метода ТГ:

1. Термическое разложение органических, неорганических и полиминеральных веществ.
2. Реакции в твёрдой фазе.
3. Обжиг и прокаливание минералов.
4. Определение влажности, а так же летучих и зольных компонентов.
5. Исследование кинетики реакций.

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

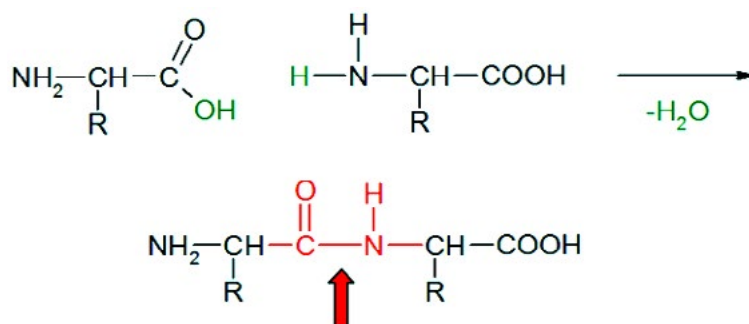


Рис. 10. Схема образования пептидной связи

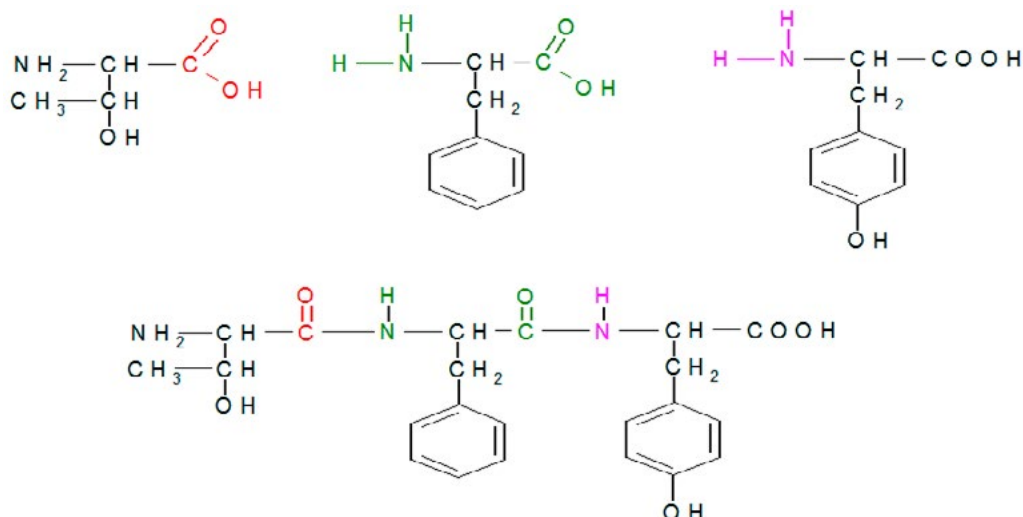


Рис. 11. Схема образования треонилфенилаланилтирозина

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,  $\text{H}^+$  или  $\text{OH}^-$  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, заносая 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 (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?

**Лабораторная работа № 5****Влияние изменения pH на свойства белков****Практическая часть**

**Цель:** продемонстрировать процесс денатурации белка.

Перечень датчиков цифровой лаборатории: датчик pH.

**Дополнительное оборудование:** пробирки, штатив для пробирок.

Материалы и реактивы: раствор яичного белка, 0,1н раствор соляной кислоты, 0,1н раствор гидроксида натрия, раствор спирта.

**Инструкция к выполнению лабораторной работы:**

В химический стакан поместите по 4—5 мл раствора яичного белка, разведённого до 10 мл дистиллированной водой. Закрепите датчик pH так, чтобы его кончик доходил почти до дна пробирки, но не касался ни дна, ни стенок. Отметьте pH раствора яичного белка. Затем датчик промойте в дистиллированной воде и высушите.

Прилейте 1—2 мл раствора 0,1 н гидроксида натрия.

Измерьте pH раствора. Результаты измерений занесите в таблицу.

Далее повторите опыты с соляной кислотой и этиловым спиртом.

Сделайте вывод.

**Результаты измерений/наблюдений**

	Раствор кислоты	Раствор щелочи	Раствор спирта
Значение pH раствора яичного белка			
Значение pH после денатурации			

Аналогичный опыт можно проделать с изолятом растительного белка (например, горохового).

**Результаты измерений/наблюдений**

	Раствор кислоты	Раствор щелочи	Раствор спирта
Значение pH раствора растительного белка			
Значение pH после денатурации			

**ПОМОЩЬ УЧИТЕЛЮ***Это интересно знать*

В норме pH крови в капиллярах 7,36, т. е. реакция слабоосновная. Колебания величины pH незначительны. В условиях покоя pH артериальной крови соответствует 7,4, а венозной — 7,34. В клетках и тканях pH достигает 7,2 и даже 7,0, что зависит от образования в них в процессе обмена веществ кислых продуктов метаболизма. При различных физиологических состояниях pH крови может изменяться



как в кислую (до 7,3), так и в основную (до 7,5) сторону. Более значительные отклонения рН сопровождаются тяжелейшими последствиями для организма. Так, при рН крови 6,95 наступает потеря сознания, и если эти сдвиги в кратчайший срок не ликвидируют, то неминуема смерть. Если же концентрация ионов  $H^+$  уменьшается и рН становится равным 7,7, то развиваются тяжелейшие судороги (тетания), что также может привести к смерти. В процессе метаболизма ткани выделяют в тканевую жидкость, а следовательно, и в кровь кислые продукты обмена, что должно приводить к сдвигу рН в кислую сторону. В результате интенсивной мышечной деятельности в кровь человека может поступать в течение нескольких минут до 90 г молочной кислоты. Если такое количество молочной кислоты было бы прибавлено к объёму дистиллированной воды, равному ОЦК, то концентрация ионов  $H^+$  возросла бы в ней в 40 000 раз. Реакция же крови при этих условиях практически не изменяется, что объясняется наличием буферных систем крови. Кроме того, в организме постоянство рН сохраняется за счёт работы почек и лёгких, удаляющих из крови  $CO_2$ , избыток кислот и оснований. Постоянство рН крови поддерживается буферными системами: гемоглобиновой, карбонатной, фосфатной — и белками плазмы.

**Контрольные вопросы:**

- В зависимости от формы молекул на какие группы подразделяются белки?
  - альбумины и глобулины;
  - неконъюгированные и конъюгированные;
  - фибрилярные и глобулярные;
  - гликопротеины и липопротеины.
- Определите верны ли утверждения о структуре белка.
  - Первичная структура белка отражает порядок чередования аминокислот.
  - Под третичной структурой белка понимают пространственную укладку полипептидной цепи, содержащей  $\alpha$ -спирали и  $\beta$ -структуры складчатого листа и участки нерегулярного строения.
    - верно только А;
    - верно только Б;
    - верны оба утверждения;
    - оба утверждения неверны.
- Определите верны ли утверждения о структуре белка.
  - Вторичная структура белка стабилизируется только водородными связями.
  - Третичная структура белка стабилизируется водородными связями, дисульфидными связями, ионными и гидрофобными взаимодействиями.
    - верно только А;
    - верно только Б;
    - верны оба утверждения;
    - оба утверждения неверны.
- Гидролиз белков *in vivo* осуществляется с помощью белков ферментов:
  - оксидоредуктаз;
  - лиаз;
  - гидролаз;
  - трансаминаз.



## Лабораторная работа № 6

### Термолабильность ферментов

#### Теоретическая часть

Температура среды сильно влияет на активность ферментов. Оптимальная температура для действия ферментов — температура тела животных, колеблющаяся в диапазоне 36°—41 °С. При некотором повышении температуры среды происходит ускорение реакции, вследствие повышения энергии активации молекул субстрата. Вместе с тем даже небольшое повышение температуры вызывает ослабление связей, которые поддерживают конформацию молекулы фермента, необходимую для проявления его каталитической активности. Постепенно начинается денатурация фермента, которая резко прогрессирует при температуре, превышающей 50 °С. Инактивация фермента при повышении температуры необратима. При понижении температуры фермент также уменьшает свою активность. Механизм этого явления не ясен. Однако денатурации фермента при охлаждении не происходит, поскольку инактивация фермента в этом случае может быть обратимой.

Амилазы — это ферменты, катализирующие гидролиз крахмала, гликогена и родственных им полисахаридов путём расщепления гликозидных связей между 1-м и 4-м атомами углерода. Неочищенный комплекс амилаз, выделенный из солодовой вытяжки французским учёным Пайеном (1833) — диастаз, был первым ферментным препаратом.

#### Практическая часть

**Цель:** исследовать влияние изменения температуры внешней среды на активность фермента амилазы слюны.

Перечень датчиков цифровой лаборатории: датчик температуры (платиновый).

Дополнительное оборудование: штатив с зажимом; спиртовка, стакан со льдом.

**Материалы и реактивы:** раствор Люголя или 0,125%-ный раствор йода, амилаза (слюна).

**Техника безопасности:** смотри предыдущие лабораторные опыты с использованием температурных датчиков.

#### Инструкция к выполнению лабораторной работы:

В три пробирки налейте по 2—3 мл разбавленной слюны (амилаза). Слюну в пробирке № 1 нагревайте в течение 1—2 мин и охладите. Затем во все пробирки добавьте по 4—5 мл крахмала. Пробирки № 1 и № 2 оставьте при комнатной температуре. Пробирку № 3 погрузите на 10 мин в лёд. По истечении указанного времени во все пробирки добавьте по 1 капле реактива Люголя или 0,125%-ный раствора йода. Результаты опыта занесите в таблицу и сделайте выводы о влиянии температуры на их активность.

Работа предусматривает групповой характер работы с использованием нескольких датчиков.

#### Результаты измерений/наблюдений

№ номер пробирки	Условие	Субстрат	Окраска йодом	Температура
Пробирка 1				
Пробирка 2				
Пробирка 3				



## ПОМОЩЬ УЧИТЕЛЮ

### *Это интересно знать*

В энзимологии существуют чёткие количественные единицы измерения активности ферментов. Число оборотов фермента — количество молекул субстрата, превращаемых одной молекулой фермента в 1 мин. Международная единица (е) — количество фермента, превращающее 1 мкмоль субстрата в 1 мин. Катал (кат) — количество фермента, превращающее 1 моль субстрата в секунду.  $1 \text{ E} = 16,7 \text{ кат}$ . В медицине часто используется понятие активность фермента — количество субстрата, превращаемое в единицу времени, в расчете на 1 л (мл) крови, 1 мг белка фракции и т. д.

### **Контрольные вопросы:**

1. Какие вещества называются ферментами?
2. Перечислите биологические функции ферментов.
3. В каких условиях ферменты способны выполнять функции катализаторов?
4. В чём заключается термоллабильность ферментов?

### **Задания:**

#### *Задание на развитие функциональной грамотности*

Изучалась устойчивость двух разных ферментов (гексокиназы и рибонуклеазы) к действию температуры. Выяснилось, что при нагревании ферментов при температуре  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  в течение 15 мин гексокиназа теряет 70% своей активности, в то время как рибонуклеаза — только 30%. При сравнении структурной организации этих ферментов выяснилось, что рибонуклеаза содержит в своей структуре 4 дисульфидные связи. Исходя из приведённых выше данных, объясните отличия в устойчивости двух ферментов к тепловой денатурации.

### **Ответ:**

Отличия в устойчивости ферментов заключается в наличии дисульфидных связей у рибонуклеазы и отсутствии таковых у гексокиназы. Эти связи представляют собой прочные боковые мостики, не разрушаемые под воздействием тепла и воды.

## **Лабораторная работа № 7**

### **Влияние активаторов и ингибиторов на работу ферментов**

#### **Теоретическая часть**

Регуляция деятельности ферментов осуществляется как в клетке, так и вне её путём присоединения к молекуле фермента ряда низкомолекулярных веществ. Такие вещества могут служить положительными или отрицательными эффекторами. Положительные эффекторы, или активаторы, присоединяясь к молекуле неактивного предшественника, способны изменять её конформацию с образованием соединения, обладающего каталитической активностью. Функцию активаторов часто выполняют ионы металлов и некоторые анионы. Угнетающее действие отрицательных эффекторов (ингибиторов) реализуется путём изменения нативной конформации фермента. Ингибиторами могут быть неорганические соли, метаболиты, гормоны.

Примерами активаторов служат ионы  $\text{Cl}^-$  для амилазы, желчные кислоты для липазы поджелудочной железы, тогда как в качестве ингибиторов могут выступать катионы металлов-токсикантов:  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{As}^{3+}$  и др. Действие активаторов и ингибиторов проявляется через активный центр фермента. При взаимодействии фермента с опреде-





лѐнной молекулой вещества, происходит изменение структуры фермента, что приводит к увеличению или снижению каталитической активности. Например, сульфат меди оказывает тормозящее действие на активность амилазы. Ингибиторами могут выступать и продукты промежуточных или конечных реакций каких-либо биохимических процессов. Избирательно действуют в качестве ингибиторов некоторые лекарственные препараты, которые в чрезмерных дозах могут оказаться ядами. Ингибиторы тормозят действие ферментов. При этом необходимо различать обратимое и необратимое ингибирование. Обратимые ингибиторы. Обратимое ингибирование могут вызывать ионы металлов-токсикантов или белки-ингибиторы. При этом ингибитор находится в равновесии с ферментом, поэтому действие ингибитора может быть устранено с помощью антидотов или добавлением избытка субстрата.

Слюна обладает рН от 5,6 до 7,6, т. е. имеет слабощелочную реакцию среды, которая является оптимумом для ферментов, входящих в их состав.

### **Практическая часть**

**Цель:** исследовать активность амилазы слюны в присутствии соединений, обладающих свойствами положительных и отрицательных эффекторов.

Перечень датчиков цифровой лаборатории: датчик рН.

**Дополнительное оборудование:** штатив с зажимом; спиртовка, стакан со льдом.

**Материалы и реактивы:** раствор Люголя или 0,125%-ный раствор йода, амилаза (слюна), 5%-ный раствор сульфата меди, 5%-ный раствор хлорида натрия, 5%-ный раствор карбоната натрия.

#### **Инструкция к выполнению лабораторной работы:**

В 3 пробирки налейте по 4—5 мл раствора крахмала, в пробирку 1 добавьте 1—2 мл раствора хлорида натрия, в пробирку 2 — 1—2 мл раствора сульфата меди, в пробирку 3 — 1—2 мл раствора карбоната натрия. В обе пробирки прилейте по 1—2 мл разбавленной слюны, содержимое пробирок перемешайте, пробирки согрейте теплом. Затем в обе пробирки добавьте по 1 капле реактива Люголя или 0,125%-ого раствор йода. Наблюдения заносите в таблицу, показывающую влияние хлорида натрия и сульфата меди на активность амилазы. Отметьте датчиком значения рН раствора. Опишите наблюдения и сделайте выводы.

### **Результаты измерений/наблюдений**

№ номер пробирки	Фермент	Эффектор	Субстрат	Окраска иодом	рН
Пробирка 1	Амилаза	NaCl	Крахмал		
Пробирка 2	Амилаза	CuSO <sub>4</sub>	Крахмал		
Пробирка 3	Амилаза	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Крахмал		

#### **Контрольные вопросы:**

1. Что такое специфичность действия ферментов?
2. В чём заключается работа активаторов и ингибиторов на действие ферментов?
3. Приведите примеры активаторов и ингибиторов ферментов.
4. Какой опыт доказывает специфичность действия ферментов?

**Задания:**

Развитие функциональной грамотности

$\gamma$ -Аминомасляная кислота (ГАМК) в организме выполняет роль ингибитора нервных импульсов. Из какой  $\alpha$ -аминокислоты путём декарбоксилирования образуется  $\gamma$ -аминомасляная кислота?

**Ответ:**

ГАМК может быть получена путём декарбоксилирования при условии, что  $\alpha$ -аминокислота может иметь дополнительную карбоксильную группу. Данная аминокислота глутаминовая.

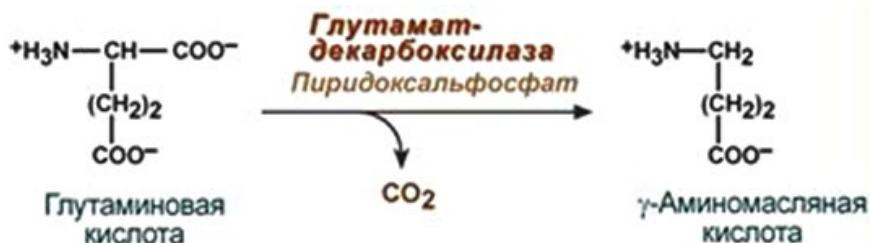


Рис. 12 Схема получения-Аминомасляная кислота

**Лабораторная работа № 8****Определение температуры плавления и затвердевания жиров****Теоретическая часть**

Природные жиры представляют собой сложные смеси различных глицеридов, поэтому они плавятся не при определенной температуре, а в определенном температурном интервале, причём предварительно они размягчаются. Большинство масел содержит 47 основных жирных кислот и несколько сопутствующих (менее 5 %). Жирные кислоты, входящие в состав ацилглицеридов, определяют их физико-химические свойства. Твёрдые жиры, плавящиеся при сравнительно высокой температуре, состоят преимущественно из глицеридов предельных кислот (стеариновой, пальмитиновой и др.), а масла, обладающие жидкой консистенцией, содержат значительные количества глицеридов непредельных кислот, таких как олеиновая, линолевая, линоленовая.

**Справочник**

**Температура плавления животных жиров представлена в таблице.**

Температура плавления животных жиров, °С				
Говяжий	Свиной	Бараний	Куриный	Сливочное масло
43—51	36—48	45—52	35—37	30—35

Резко выраженной температуры плавления у жиров нет (в отличие от химически чистых веществ), поэтому при нагревании они постепенно переходят из твёрдого состояния в жидкое. Однако по температуре плавления всё же можно различать животные жиры



различного происхождения. Температура плавления жира будет тем ниже, чем больше в его составе олеиновой, линолевой, арахидоновой, линоленовой кислот и чем меньше масляной, пальмитиновой и особенно стеариновой. Поэтому температура плавления бараньего жира, содержащего до 62% стеариновой, пальмитиновой кислот, выше, чем свиного жира, в составе которого входит пальмитиновая кислота в малом процентном количестве — только 37%.

Также важным свойством жиров является теплопроводность.

Молекулы жира состоят из большого количества атомов и имеют большую массу. Из-за сложного внутреннего строения, изгиба молекул, нарушающего упорядоченную (параллельную) укладку молекул жир имеет низкую теплопроводность.

Теплопроводность — это процесс передачи теплоты (энергии) вследствие хаотического теплового движения молекул или атомов.

Наибольшей теплопроводностью обладают металлы. Большая теплопроводность металлов обусловлена особенностями металлической связи. Теплопроводность металлов определяется не только колебаниями частиц в узлах кристаллической решётки, но и наличием в металлах множества свободных электронов — электронного газа, который и обеспечивает их высокую теплопроводность.

На участке металла с высокой температурой часть электронов приобретает большую кинетическую энергию. Так как масса электронов очень мала, то они легко проскакивают десятки промежутков между ионами. Сталкиваясь с ионами, находящимися в более холодных слоях металла, электроны передают им избыток своей энергии, что приводит к повышению температуры этих слоёв.

В жидкостях и твёрдых телах частицы вещества совершают колебания относительно положений равновесия и их перескоки из одного слоя в другой происходят сравнительно редко.

При повышении температуры какого-либо участка твёрдого тела или жидкости частицы вещества этого участка начинают более интенсивно совершать колебания, т. е. возрастают их кинетическая и потенциальная энергии. Соударяясь с частицами соседнего слоя, где температура ниже, частицы с большей энергией передают в этот слой избыток энергии, и его температура возрастает. Затем энергия передаётся в следующий слой и т. д.

Из-за массивности молекул жира и специфичной конфигурации процесс передачи энергии происходит достаточно медленно, в результате чего теплопроводность жиров мала и сопоставима с теплопроводностью газов.

Благодаря крайне низкой теплопроводности, жир — прекрасный изолятор, сохраняющий тепло тела животных. Практически тела всех животных защищены от холодных температур толстой прослойкой жира. Если рассмотреть температурный режим места обитания животного, то можно предположить, что наименьшую теплопроводность будет иметь жир барсука, наибольшую — жир утки.

### **Практическая часть**

**Цель:** исследовать температуру плавления жиров.

Перечень датчиков цифровой лаборатории: высокотемпературный датчик (термопара), датчик температуры (платиновый).

**Дополнительное оборудование:** штатив с зажимом; спиртовка.

**Материалы и реактивы:** маргарин, сливочное масло, кулинарный жир.

**Техника безопасности:** смотри предыдущие лабораторные опыты с использованием температурных датчиков.



### **Инструкция к выполнению лабораторной работы:**

На техномических весах взять навески по 15 г маргарина и кулинарного жира. Навески поместить в пробирки, поставить на плитку емкость с водой, погрузить в нее пробирки в штативе. Датчики температуры поместить в пробирки (конец термомпары не должен касаться дна пробирки), включить плитку на средний нагрев, отметить в тетради температуру окончания плавления маргарина, и жира, и сливочного масла

Расплавленные жиры сравнить по цвету и прозрачности. Прогреть жиры 1 мин и перелить в сухие пробирки. Пробирки поставить в штатив и погрузить в них датчик температуры (платиновый). Медленно охладить жиры, отметив температуру затвердевания жира и маргарина. Отметить различия в структуре застывших жиров. Результаты занести в таблицу и сделать выводы.

### **Результаты измерений/наблюдений**

Показатели	Маргарин	Кулинарный жир	Сливочное масло
Температура окончания плавления, °С			
Прозрачность расплавленного жира			
Температура затвердевания, °С			
Состояние жира при нагревании			
Температура образования прозрачного расплава, °С			

### **Контрольные вопросы:**

1. Почему жиры не имеют чёткой температуры плавления?
2. Как пространственная структура влияет на температуры плавления жиров?
3. Что такое теплопроводность и чем она обусловлена?
4. В чём заключается практическое значение определения температуры плавления жиров?

### **Задания:**

Развитие функциональной грамотности

В быту мы можем услышать «жарить в кипящем масле». Является ли это выражение грамотным с научной точки зрения?

### **Ответ:**

С научной точки зрения выражение «жарить в кипящем масле» неверное: масло на сковороде не кипит, а шипение и разбрызгивание возникают при попадании воды из мясного или рыбного фарша в масло, нагретое выше 100 °С. В случае перегрева на кухне появляется чад, содержащий продукты термического разложения масла, в том числе акролеин.



## Конспекты уроков

### УРОК 1. НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ

**Цель:** дать характеристику особенностям строения молекул нуклеиновых кислот как биополимеров.

**Задачи:**

1. Сформировать знания об особой роли нуклеиновых кислот в живой природе.
2. Сформировать знания о свойствах хранения и передачи наследственной информации.
3. Охарактеризовать особенности строения и функций нуклеиновых кислот.

**Средства обучения:** интерактивные модели, иллюстрирующие строение нуклеиновых кислот.

#### Ход урока

<b>Этап урока 1. Организационный</b>
Предполагаемая продолжительность: 1—2 мин. Педагогическая деятельность учителя: проверяет готовность к уроку, организует внимание класса к работе на уроке, создаёт положительный эмоциональный настрой у обучающихся. Учебная деятельность обучающихся: эмоционально настраиваются на предстоящую учебную деятельность.
<b>Этап урока 2. Актуализация и обобщение знаний</b>
Предполагаемая продолжительность: 10 мин. Педагогическая деятельность учителя: проводит фронтальную беседу; актуализирует имеющиеся знания; создает для обучающихся проблемную ситуацию; побуждает к высказыванию предложений о способе и средствах достижения поставленной цели. <i>Работа с терминами и понятиями.</i> Повторить и обобщить знания учащихся по следующим вопросам: <ol style="list-style-type: none"><li>1. Что такое биополимеры?</li><li>2. Какие химические связи характерны для биополимеров?</li><li>3. В результате каких реакций образуются биополимеры?</li></ol> Учебная деятельность обучающихся: отвечают на вопросы, высказывают свои предположения; предлагают и согласовывают с учителем тему и цель урока; предлагают способы и средства достижения цели.
<b>Этап урока 3. Применение знаний в новой ситуации</b>
Предполагаемая продолжительность: 20 мин. Педагогическая деятельность учителя: сформировать знание о химическом строении и биологических функциях нуклеиновых кислот. Учебная деятельность обучающихся: <ol style="list-style-type: none"><li>1. Выполняют лабораторную работу, работая в парах оформляют результаты измерений в тетрадях, заноса данные в таблицу.</li><li>2. Обсуждают результаты работы, формулируют выводы.</li><li>3. Наблюдают за выполнением опыта.</li><li>4. Формулируют выводы к лабораторной работе согласно её цели.</li></ol>



#### Этап урока 4. Контроль усвоения, обсуждение допущенных ошибок и их коррекция

Предполагаемая продолжительность: 7 мин.

Педагогическая деятельность учителя:

организует обсуждение результатов опытов, совместно с учащимися формулируют выводы к лабораторной работе № 9; предлагает ответить на контрольные вопросы и тесты.

Учебная деятельность обучающихся:

принимают участие в обсуждении результатов и формулировке общих выводов, заносят выводы в тетради; отвечают на вопросы и тесты.

#### Этап урока 5. Информация о домашнем задании и рефлексия

Предполагаемая продолжительность: 6—7 мин.

Педагогическая деятельность учителя:

информирует о домашнем задании, даёт комментарий по его выполнению;

предлагает анкету рефлексии к уроку и предлагает рассчитать «Индивидуальный индекс качества урока»;

подводит рефлексивную статистику урока по количеству учеников, у которых индекс качества выше значения 5;

Учебная деятельность обучающихся:

задают уточняющие вопросы о выполнении домашнего задания;

рассчитывают индивидуальный индекс качества урока;

определяют степень соответствия поставленной цели и результатов деятельности; степень своего продвижения к цели;

высказывают оценочные суждения и соотносят результаты своей деятельности с целью урока.

### ПОМОЩЬ УЧИТЕЛЮ

Анкета для расчёта индивидуального индекса качества урока

Выберите подходящие вам утверждения и подсчитайте сумму баллов

№	Утверждение	0 баллов	1 балл
1	На уроке я работал	не активно	активно
2	Своей работой на уроке я	не доволен	доволен
3	За урок я	устал	не устал
4	Мое настроение	стало хуже	стало лучше
5	Материал урока мне был	не понятен	понятен
6		бесполезен	полезен
7		скучен	интересен
8		труден	не труден
9	Связь урока с другими науками	не заметна	заметна

**Важно**

**Нуклеиновые кислоты** — это высокомолекулярные соединения, молярная масса которых составляет от 25 тыс. до 1 млн.

Впервые нуклеиновые кислоты были обнаружены в ядрах животных клеток в 1869 г. Ф. Мишером.

Нуклеиновые кислоты играют важную роль в переносе генетической информации живых существ от одного поколения к другому посредством управления точным ходом биосинтеза белков в клетках.

Нуклеиновые кислоты называют полинуклеотидами, полимерные цепи которых состоят из мономерных единиц мононуклеотидов.

**Каждый мононуклеотид включает:**

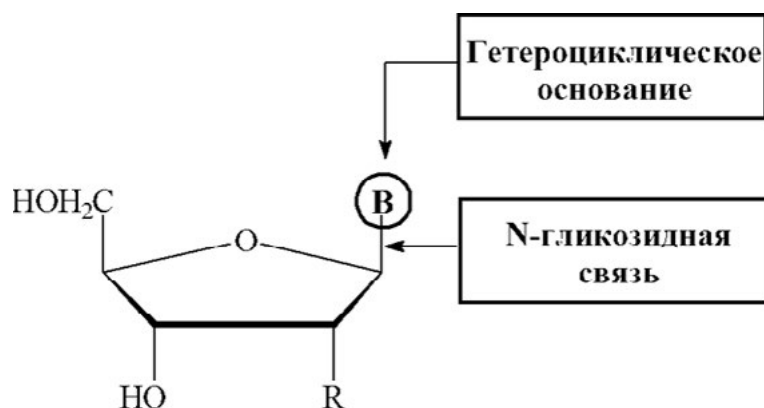
- Азотистое гетероциклическое основание (пуриновое или пиримидиновое)
- Углеводный компонент (остаток пентозы —  $\beta$ , D-рибофуранозы или  $\beta$ , D-дезоксирибофуранозы)
- Фосфатную группу (остаток фосфорной кислоты).

**В зависимости от углеводного компонента различают:**

- рибонуклеотиды — содержащие остаток рибозы (структурные звенья РНК).
- дезоксирибонуклеотиды — содержащие остаток дезоксирибозы (структурные звенья ДНК).

**Состав нуклеозидов и нуклеотидов ДНК и РНК**

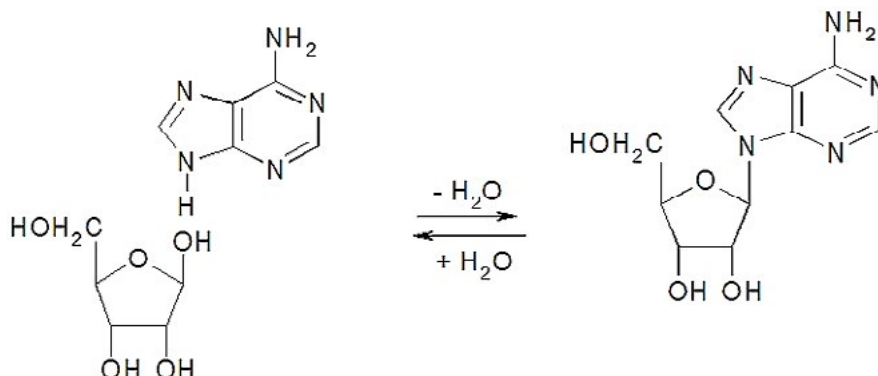
**Нуклеозиды** — это N-гликозиды, образованные азотистым гетероциклическим основанием и пентозой. Азотистое основание присоединяется к углеводному компоненту вместо полуацетального гидроксила через атом азота в положении 1 для пиримидинов и в положении 9 для пуринов, образуя N-гликозидную связь.



R=OH Рибонуклеозид

R=H Дезоксирибонуклеозид

**Схема образование аденозина** — пуринового нуклеозида, состоящего из аденина и β, D-рибофуранозы.



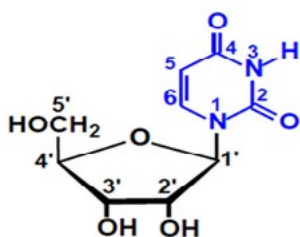
Реакция обратима. При гидролизе нуклеозида образуется азотистое основание и β, D-рибофураноза.

Название нуклеозида производится от тривиального названия соответствующего азотистого основания с суффиксами -идин у пиримидиновых и -озин у пуриновых нуклеозидов. В названиях нуклеозидов ДНК используется приставка «дезокси».

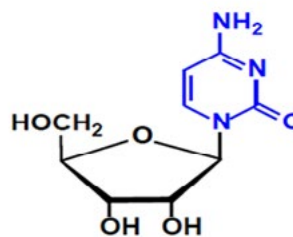
**Азотистые основания и соответствующие им нуклеозиды:**

Азотистое основание	Нуклеозиды РНК	Нуклеозиды ДНК
Аденин	Аденозин	Дезоксиаденозин
Гуанин	Гуанозин	Дезоксигуанозин
Цитозин	Цитидин	Дезоксицитидин
Урацил	Уридин	—
Тимин	—	Тимидин

**Нуклеозиды РНК**

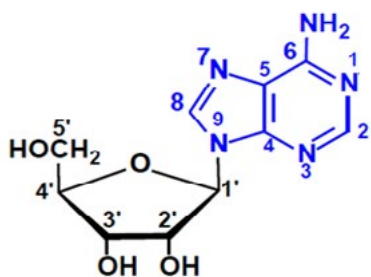


**уридин**

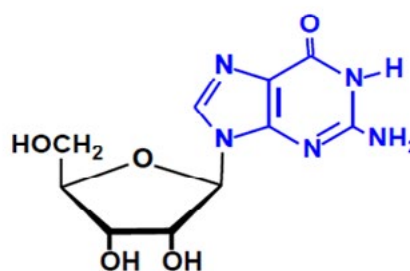


**цитидин**



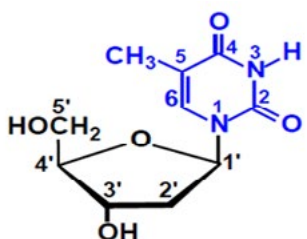


**аденозин**

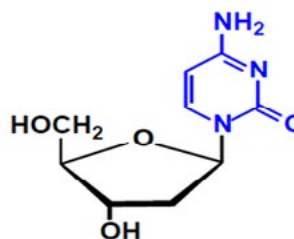


**гуанозин**

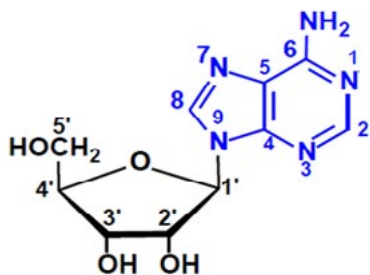
**Нуклеозиды ДНК**



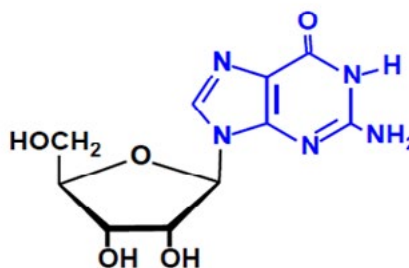
**тимидин**



**дезоксцитидин**

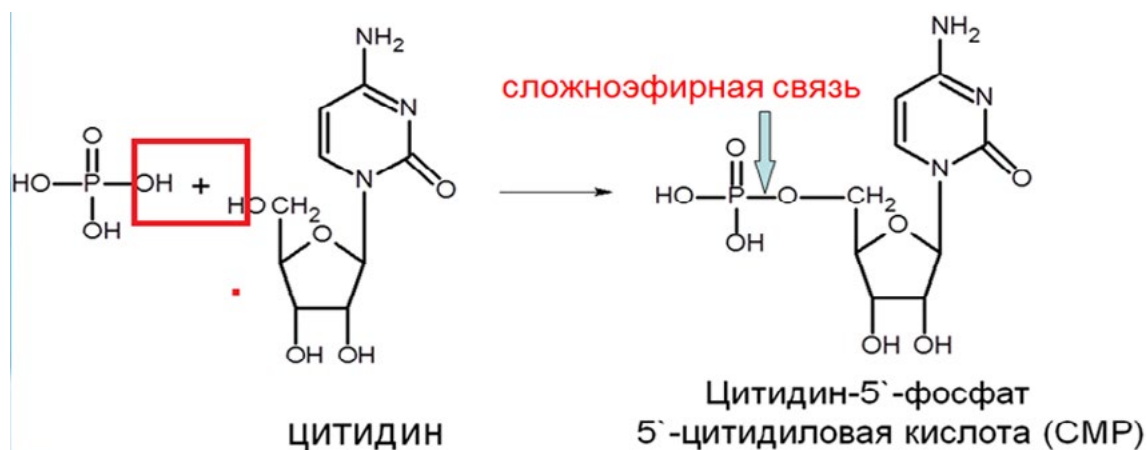


**дезоксиаденозин**



**дезоксигуанозин**

**Нуклеотиды** — это фосфаты нуклеозидов. Фосфорная кислота присоединяется к 5'-атому углерода пентозы, образуя сложноэфирную связь.



**Рис. 13.** Схема образования нуклеотида из нуклеозида цитидина и фосфорной кислоты

Мононуклеотид имеет два названия:

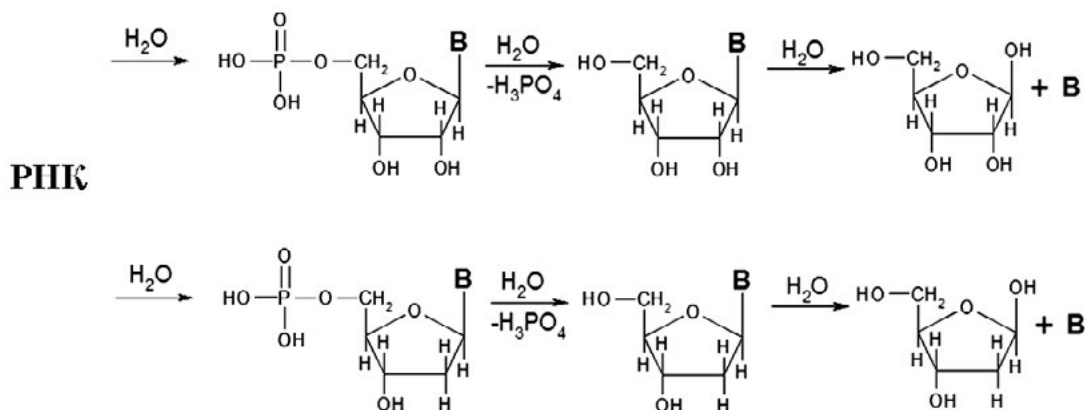
- 1) как монофосфат нуклеозида: цитидин-5'-фосфат (CMP)
- 2) как кислота: 5'-цитидиловая кислота

Нуклеотиды являются достаточно сильными кислотами, при физиологических значениях pH фосфатная группа ионизирована.

**Названия основных нуклеотидов, входящих в состав нуклеиновых кислот**

№ п/п	Название нуклеотидов		Сокращенное
	Как фосфатов	Как кислот	
РНК			
1	Аденозин-5'-фосфат	5'-Адениловая	AMP
2	Гуанозин-5'-фосфат	5'-Гуаниловая	GMP
3	Цитидин-5'-фосфат	5'-Цитидиловая	CMP
4	Уридин-5'-фосфат	5'-Уридиловая	UMP
ДНК			
1	Дезоксиаденозин-5'-фосфат	5'-Дезоксиадениловая	dAMP
2	Дезоксигуанозин-5'-фосфат	5'-Дезоксигуаниловая	dGMP
3	Дезоксицитидин-5'-фосфат	5'-Дезоксицитидиловая	dCMP
4	Тимидин-5'-фосфат	5'-Тимидиловая	dTMP

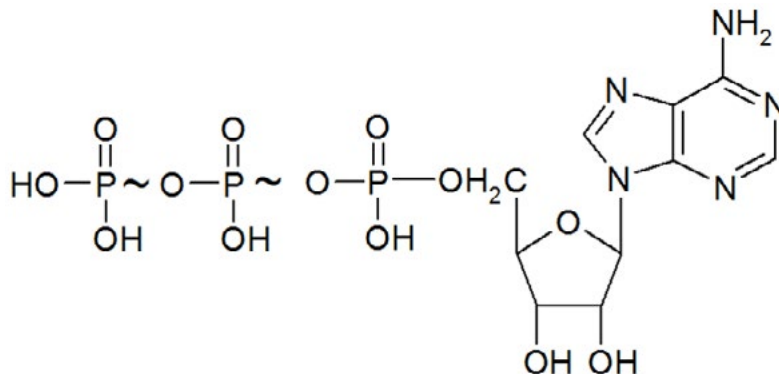
Нуклеотиды способны гидролизаться. Гидролизу подвергаются как N-гликозидная, так и сложноэфирная связи. В зависимости от этого могут образовываться или нуклеозиды или компоненты нуклеотида.



**Рис. 14.** Схема строения молекулы РНК



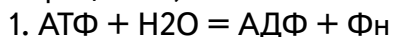
**Мононуклеотиды** — это не только компоненты нуклеиновых кислот, некоторые из них свободно находятся в организме. Особенно большое значение имеет адениловая кислота и её фосфорнокислые производные, а именно, аденозиндифосфат (АДФ) и аденозинтрифосфат (АТФ), выполняющие важную энергетическую функцию.



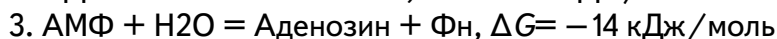
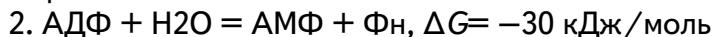
~ — макроэргические связи

**Рис. 15.** Схема строения молекулы АТФ

АТФ относится к макроэргическим соединениям. Энергия заключена в химических связях между вторым и третьим остатками фосфорной кислоты. АТФ — источник энергии для многих биологических процессов: биосинтеза белка, ионного транспорта, сокращения мышц, электрической активности нервных клеток и др. Энергия, необходимая для этих процессов, обеспечивается гидролизом АТФ:



При разрыве макроэргической связи конечного остатка фосфорной кислоты выделяется свободная энергия в количестве 25—40 кДж/моль при стандартных условиях. Точное значение энергии зависит от рН среды, присутствия некоторых катионов и других факторов.



Вместе с тем в организме идут процессы синтеза АТФ. Эти процессы сопровождаются поглощением энергии, выделяющейся при биохимическом окислении белков, жиров и углеводов. Эта энергия запасается в макроэргических связях АТФ.

## Структура нуклеиновых кислот

### Структура ДНК

Структура ДНК расшифрована Уотсоном и Криком в 1953 г. ДНК включает несколько уровней структурной организации.

**Первичная структура** — последовательность нуклеотидных звеньев, соединённых с помощью (3'-5')-фосфодиэфирных связей.

Например, соединим 5'-Дезоксиадениловую и 5'-Дезоксицитидиловую кислоты:

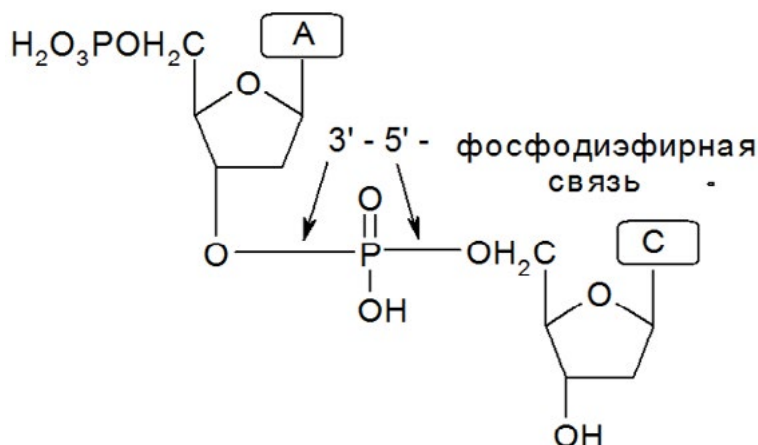


Рис. 16. Полинуклеотидная цепь

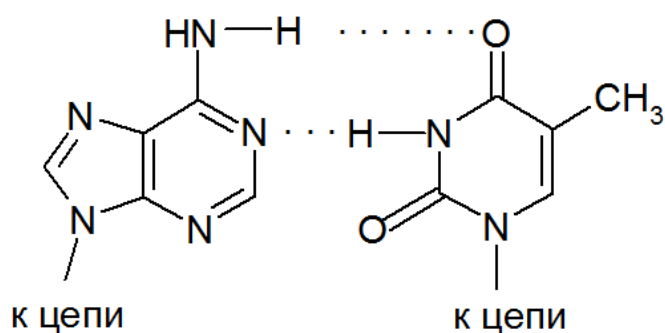
Полинуклеотидная цепь включает в себя сотни мононуклеотидов, соединённых фосфодиэфирными связями.

**Вторичная структура ДНК** — это пространственное расположение полинуклеотидных цепей в молекуле. Молекула ДНК состоит из двух полинуклеотидных цепей, правозакрученных с образованием двойной спирали. Двойная спираль стабилизируется за счёт водородных связей, образующихся между парами комплементарных азотистых оснований.

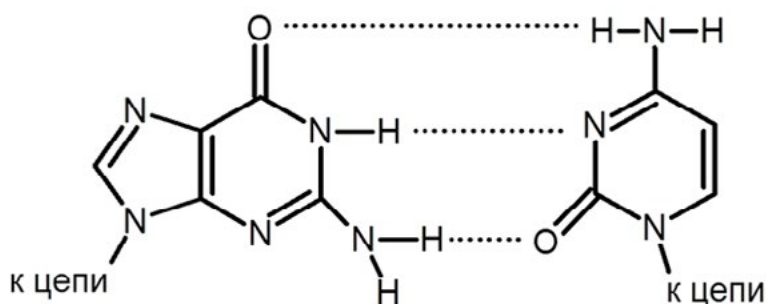
Комплементарные структуры подходят друг к другу как «ключ к замку».



Между аденином и тиминном возникают две водородные связи:



Между гуанином и цитозином существуют три водородные связи:





Таким образом, первичная структура одной полинуклеотидной цепи предопределяет структуру второй цепи.

Третичная структура ДНК представляет собой многократную спирализацию вторичной структуры, обеспечивая плотную упаковку ДНК в ядре клетки.

### Виды РНК:

РНК имеет в основном первичную структуру, которая сходна с первичной структурой ДНК, только у РНК углеводный компонент — рибоза и вместо азотистого основания тимина — урацил. Локализованы РНК в цитоплазме и рибосомах.

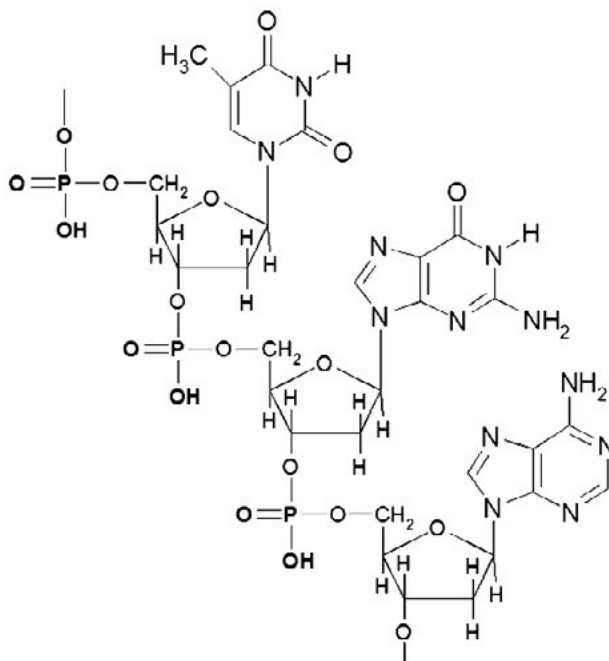


Рис. 17. Первичная структура РНК

В зависимости от функций, местонахождения и состава РНК делятся на три основных вида:

- 1) информационная или матричная РНК;
- 2) рибосомальная РНК;
- 3) транспортная РНК.

Информационная РНК несёт точную копию генетической информации, закодированной в определённом участке ДНК, а именно информацию о последовательности аминокислот в белках. Каждой  $\alpha$ -аминокислоте соответствует в мРНК триплет нуклеотидов, так называемый кодон.

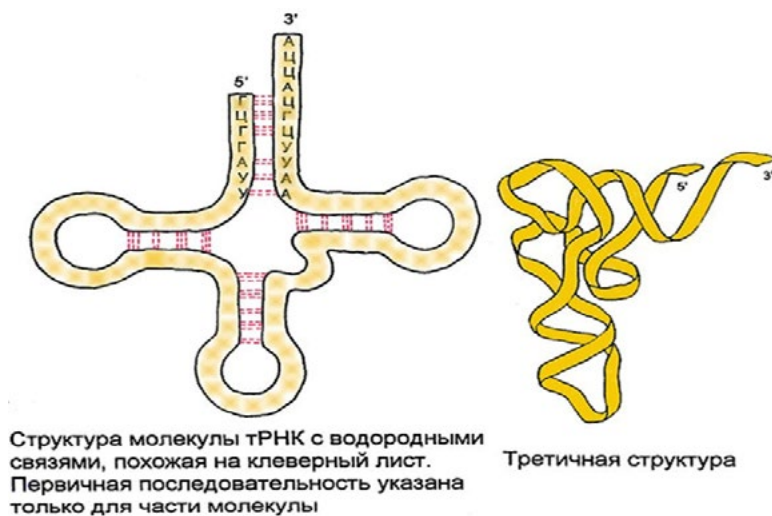
Например, аланин — ГЦУ, лизин — ЦУУ.

Последовательность кодонов в цепи мРНК определяет последовательность  $\alpha$ -аминокислот в белках.

Рибосомальная РНК составляет большую часть клеточных РНК. Будучи ассоциирована со специфическими белками, она образует сложную структуру — рибосому. Рибосомы являются центром биосинтеза белков.

Транспортные РНК доставляют аминокислоты к месту синтеза белка. Транспортные РНК обладают вторичной структурой, напоминающей лист клевера. Это частично спирализованная одинарная полинуклеотидная цепь. Участки спирализации «шпильки» удерживаются за счёт водородных связей между комплементарными азотистыми основаниями (гуа-

нин-цитозин, аденин-урацил). Участки, не вовлекаемые в образование водородных связей, образуют петли. Антикодоновая петля содержит триплет нуклеотидов — антикодон, который соответствует кодону матричной РНК.



**Рис. 18.** Структура молекулы тРНК с водородными связями

### **Нуклеопротеины:**

В организме нуклеиновые кислоты связаны с белками, образуя два вида нуклеопротеинов:

- 1) рибонуклеопротеины;
- 2) дезоксирибонуклеопротеины.

Рибонуклеопротеины содержат рибонуклеиновые кислоты и находятся в основном в цитоплазме. Дезоксирибонуклеопротеины содержат ДНК и локализованы в ядрах клеток.

## **Лабораторная работа № 9**

### **Выделение нуклеопротеинов из дрожжей**

**Цель работы:** получить препарат геномной ДНК с белковыми компонентами из клеток дрожжей.

**Реактивы:** дрожжи пекарские, прессованные; 1%-ный раствор гидроксида натрия; ацетат натрия; речной песок, тщательно промытый и прокаленный.

**Оборудование:** ступка с пестиком; воронка для фильтрования, химические стаканы; стеклянная палочка.

#### **Инструкция к выполнению лабораторной работы:**

1. К 6 г пекарских дрожжей добавьте 2 см<sup>3</sup> воды, немного песка и полученную смесь разотрите в ступке с 1%-ным раствором гидроксида натрия. Раствор щёлочи добавляйте небольшими порциями (по 2—3 см<sup>3</sup>), всего расходуйте около 25 см<sup>3</sup>. Массу дрожжей растирайте около 15—20 мин до получения гомогенной массы.

2. Содержимое ступки профильтруйте через складчатый фильтр и перелейте в стакан.

3. Затем в стакан добавьте 5 г ацетата натрия и, перемешивая стеклянной палочкой, растворите его.

4. По стенке стакана осторожно наслоите 25 мл этанола. Медленно круговыми движениями перемешайте жидкости. Образуются крупные хлопья нуклеопротеинов, которые постепенно осаждаются на дно стакана.

5. Отделите осадок нуклеопротеинов фильтрацией на бумажном фильтре или декантацией. Полученные нуклеопротеины сохраните для следующего опыта.





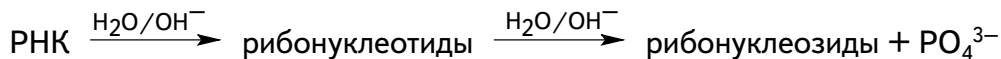
Название: цитидин-5-фосфат или 5-цитидиловая кислота.

Задание 2.

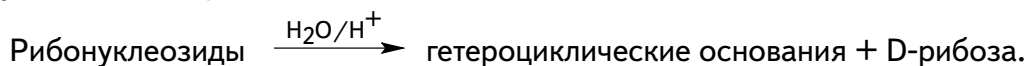
Предложите способ, при помощи которого можно осуществить разложение РНК до гетероциклического основания, пентозы и фосфат-аниона.

Решение.

В отличие от ДНК, РНК подвергается щелочному гидролизу с образованием сначала рибонуклеотидов, а затем рибонуклеозидов:



Дальнейшее разложение рибонуклеозидов с разрывом N-гликозидной связи протекает уже в кислой среде:



**Тестовые задания:**

- В состав нуклеиновых кислот могут входить углеводы:
  - 1) глюкоза и сахароза
  - 2) пировиноградная кислота и молочная кислота
  - 3) рибоза и дезоксирибоза
  - 4) дезоксирибоза и мальтоза
- Комплементарные нуклеотиды в нуклеиновых кислотах соединяются \_\_\_\_\_ связью.
  - 1) пептидной
  - 2) фосфодиэфирной
  - 3) водородной
  - 4) гликозидной
- При гидролизе пиримидинового нуклеозида ДНК образуются:
  - 1) аденин и дезоксирибоза
  - 2) гуанин и дезоксирибоза
  - 3) тимин и дезоксирибоза
  - 4) аденин и рибоза
- При гидролизе пуринового нуклеозида РНК образуются:
  - 1) аденин и дезоксирибоза
  - 2) гуанин и рибоза
  - 3) тимин и дезоксирибоза
  - 4) цитозин и рибоза
- Конечными продуктами гидролиза 5-адениловой кислоты являются:
  - 1) аденин, дезоксирибоза, фосфорная кислота
  - 2) аденин, рибоза
  - 3) аденин, рибоза, фосфорная кислота
  - 4) аденин и дезоксирибоза
- Конечными продуктами гидролиза 5-тимидиловой кислоты являются:
  - 1) тимин, дезоксирибоза, фосфорная кислота
  - 2) тимин, рибоза
  - 3) тимин, рибоза, фосфорная кислота
  - 4) тимин, дезоксирибоза
- В структуре АТФ макроэргических связей:
  - 1) 1
  - 2) 2
  - 3) 3
  - 4) отсутствуют





## Перечень доступных источников информации

В разделе представлен список книг и ссылок на сайты, в которых подробно освещены аспекты рассматриваемых вопросов. Их можно рекомендовать как учителю, так и обучаемому, проявившим интерес к изучаемой теме.

1. Тюкавкина Н. А. Биоорганическая химия [Электронный ресурс]: учебник. Глава 14. Нуклеиновые кислоты. Нуклеотидные коферменты / Тюкавкина Н. А., Бауков Ю. И., Зурбян С. Э. // Москва: Гэотар-Медиа, 2014. — 416 с.

2. Биоорганическая химия [Электронный ресурс]: руководство к практическим занятиям / под ред. Н. А. Тюкавкина // Москва: Гэотар-Медиа, 2014. — 168 с.

3. Руководство к лабораторным занятиям по биоорганической химии: учеб. пособие для студентов вузов / под ред. Н. А. Тюкавкина // Москва: ДРОФА, 2006. — 319 с.

4. Тюкавкина Н. А. Биоорганическая химия: учеб. для студентов [мед.] вузов / Н. А. Тюкавкина, Ю. И. Бауков // Москва: Дрофа, 2005. — 542 с.

5. Гроссе Э., Вайсмантель Х. Химия для любознательных. Основы химии и занимательные опыты. ГДР. 1974. - Пер. с нем. Л.: Химия, 1979, — 392 с.

6. Использование цифровых лабораторий при обучении химии в средней школе / Беспалов П. И. Дорофеев М. В., Жилин Д. М., Зимина А. И., Оржековский П. А. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. — 229 с.

7. Леенсон И. А. 100 вопросов и ответов по химии: Материалы для школьных рефератов, факультативных занятий и семинаров: Учебное пособие. — М.: «Издательство АСТ»: «Издательство Астрель», 2002. — 347 с.

8. Назарова Т. С., Грабецкий А. А., Лаврова В. Н. Химический эксперимент в школе. — М.: Просвещение, 1987. — 240 с.

9. Стрельникова Л. Н. Из чего все сделано? Рассказы о веществе. — М.: Яуза-пресс. — 2011. — 208 с.

10. Сусленникова В. М, Киселева Е. К. Руководство по приготовлению титрованных растворов. — Л.: Химия, 1967. — 139 с.

11. Энциклопедия для детей. Том 17. Химия / Глав. ред. В. А. Володин, вед. науч. ред. И. Леенсон. — М.: Аванта+, 2003. — 640 с.

12. Чертков И. Н., Жуков П. Н. Химический эксперимент с малыми количествами реактивов. — М.: Просвещение, 1989. — 191 с.

13. Сайт МГУ. Программа курса химии для учащихся 8—9 классов общеобразовательной школы. <http://www.chem.msu.su/rus/books/2001-2010/eremin-chemprog>.

14. Сайт ФИПИ. Открытый банк заданий для формирования естественно-научной грамотности. <https://fipi.ru/otkrytyy-bank-zadaniy-dlya-otsenki-yestestvennonauchnoy-gramotnosti>

15. Сайт Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов. <http://school-collection.edu.ru/catalog>.

16. Сайт Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов. <http://fcior.edu.ru/>



## Заключение

Важнейшими факторами реализации современных требований к химическому образованию обучающихся 10—11 классов и качественному овладению дисциплиной «Основы биохимии» являются обновление его содержания и современная организация процесса его усвоения. Наиболее рациональный путь достижения этих требований — это не расширение объёма и углубления содержания, а более обоснованный отбор учебного материала, улучшение его организации и методики преподавания в рамках сокращающихся часов, не удлинение сроков обучения, а изменение методических подходов к его изучению, активизация и интенсификация учебного процесса, познавательной деятельности и самостоятельной работы обучающихся, в том числе за счёт применения цифрового оборудования.

Данный элективный курс направлен на реализацию следующих задач:

- фундаментальная общехимическая подготовка обучающихся, формирование химической картины природы в общем контексте естествознания на стыке химии, биологии и физики;
- развитие у обучающихся логики и интеллектуальных умений для дальнейшего освоения фундаментальных теоретических и клинических специальных дисциплин, в частности умения прогнозировать реакционную способность органических веществ, а также возможность протекания биохимических процессов;
- осознание учащимися значимости химических знаний и умений во всей последующей своей профессиональной деятельности.

Элективный курс «Основы биохимии» позволяет обучающимся решать данные задачи и активизирует их самостоятельную работу при подготовке к занятиям, а также позволяет понять роль химии в изучении биологии.



Пономарев Валерий Евгеньевич

**Реализация образовательных программ по химии  
из части учебного плана, формируемой участниками  
образовательных отношений, с использованием оборудования  
детского технопарка «Школьный кванториум»**

Методическое пособие

Центр естественно-научного и математического образования

Руководитель Центра *З. Г. Гапонюк*

Ответственный за выпуск *В. В. Кудрявцев*

Редактор *В. В. Кудрявцев*

Художественное оформление *Т. В. Глушкова*

Компьютерная вёрстка *О. В. Сиротиной*

Корректор *И. И. Иванов*