

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени М.В.ЛОМОНОСОВА»

Межфакультетский научно-образовательный центр МГУ в г. Пущино

Программа одобрена Научно-административным Советом Межфакультетского  
НОЦ МГУ в г. Пущино:

Протокол № 1 от 11 октября 2017 г.

УТВЕРЖДАЮ

Директор межфакультетского научно-  
образовательного центра МГУ в г. Пущино  
Академик А.И. Мирошников

**Дополнительная общеобразовательная программа  
для школьников старших классов  
«Потрогай науку руками»  
(160 часов),**

**Состоящая из двух Разделов:**

**Раздел 1 – биохимия-физиология - для школьников 8-9 классов (80 часов), включающая 4 Модуля (по 20 час. каждый)**

**Раздел 2 - биохимия-физиология - для школьников 10-11 классов (80 часов), включающая 4 Модуля (по 20 час. каждый)**

**Пущино  
2017**

1. **Цель программы:** дополнительное образование детей 8, 9, 10 и 11 классов, интересующихся биологией (направление биохимии и физиологии)
2. **Планируемые результаты обучения:** углубленное изучение как теоретических основ современных методов исследования в биологии, биохимии, физиологии, молекулярной биологии и биоинженерии, так и приобретение практических навыков, необходимых для подготовки школьников к Олимпиадам разного уровня, (в том числе и Международных). Полученные компетенции также могут быть использованы для подготовки школьников к поступлению как в МГУ имени М.В.Ломоносова, так и в другие университеты страны
3. **Категория слушателей:** школьники 8-9 для обучения по Разделу 1 и 9-10 для обучения по Разделу 2
4. **Срок обучения:** в течение всего года - в период осенних, зимних, весенних и летних каникул - одна неделя для обучения по одному Модулю
5. **Форма реализации:** очная
6. **Режим занятий:** каждый Модуль включает 5 задач – методов исследования, состоящих их лекционной и практической части

## 7. УЧЕБНЫЙ ПЛАН ПРОГРАММЫ «Потрогай науку руками»

Дисциплины (или Разделы)	Всего часов	В том числе	
		Лекции	Практические занятия
<b>Раздел 1 - биохимия-физиология - для школьников 8-9 класса</b>	<b>80</b>	<b>30</b>	<b>50</b>
Модуль 1 Раздела 1	20	7,5	12,5
Модуль 2 Раздела 1	20	7,5	12,5
Модуль 3 Раздела 1	20	7,5	12,5
Модуль 4 Раздела 1	20	7,5	12,5
<b>Раздел 2 - биохимия-физиология - для школьников 10-11 класса</b>	<b>80</b>	<b>30</b>	<b>50</b>
Модуль 1 Раздела 2	20	7,5	12,5
Модуль 2 Раздела 2	20	7,5	12,5
Модуль 3 Раздела 2	20	7,5	12,5
Модуль 4 Раздела 2	20	7,5	12,5
<b>Всего:</b>	<b>160</b>	<b>60</b>	<b>100</b>

## 8. Учебно-тематический план

Дисциплина (или Раздел)	Всего часов	В том числе	
		Лекции	Практические занятия
<b>Раздел 1 – биохимия-физиология - для школьников 8-9 класса</b>	80	30	50
<b>Модуль 1 Раздела 1</b>	20	7,5	12,5
<p>1. <u>Знакомство с работой в лаборатории. Основные правила для безопасной работы</u></p> <p>В теоретической части рассматриваются основные правила безопасной работы в биохимической, химической и биологической лаборатории. Особенности работы с чистыми веществами и смесями. Какая вода используется для приготовления растворов? Дистиллированная, би- и три-дистиллированная, деионизованная вода. Способы ее получения. Знакомство с лабораторной посудой, в том числе мерной, стеклянной, пластиковой. Понятие химически чистой и стерильной посуды. Основные правила их использования.</p> <p>В практической части школьники учатся правильно использовать пластиковую, стеклянную мерную посуду. Знакомятся с различными типами дозаторов для разных объемов. Учатся правильно отбирать аликвоту – точно отмеренный объем жидкости - от нескольких миллилитров до нескольких микролитров. Осваивают работу на магнитных мешалках и встряхивателях.</p>	4	1,5	2,5
<p>2. <u>Взвешивание, фильтрование, измерение плотности растворов</u></p> <p>В теоретической части задачи происходит знакомство с основными правилами взвешивания различных веществ в сухом и жидком состоянии, вводится понятие о степенях очистки веществ, а также о некоторых методах разделения смесей веществ в условиях химической и биохимической лабораторий. Объясняется устройство и принцип работы ареометра. Отдельное внимание уделяется вычислению концентраций и приготовлению водных растворов.</p> <p>В практической части происходит знакомство с различными типами лабораторных весов, фильтров, насосов, нарабатываются навыки измерения массы, объема и плотности воды и водных растворов при различных условиях. Осуществляется расчет концентрации и приготовление простых и сложных растворов солей, кислот, оснований, детергентов, красителей, отдельное внимание уделяется особенностям работы с этими веществами.</p>	4	1,5	2,5
<p>3. <u>Приготовление буферных растворов. Расчеты</u></p> <p>В теоретической части задачи объясняются принципы работы буферных растворов на примере ацетатной буферной системы. Проводятся расчеты pH различных буферных систем. Для наиболее заинтересовавшихся детально рассматриваются способы расчета pH буферных растворов при помощи уравнения Гендерсона-Гассельбаха. Отдельно рассматриваются буферные системы живых существ и их роль в поддержании химического гомеостаза внутренней среды организма.</p> <p>В практической части школьники готовят буферные растворы, измеряют pH на pH-метре. Выяснят зависимость pH буферных растворов от соотношения концентраций составляющих их компонентов, разведения. Рассчитывают буферную ёмкость растворов. Производится определение расчетных и экспериментальных значений pH буферных растворов, также сравнивается буферная емкость различных систем.</p>	4	1,5	2,5
<p>4. <u>Исследование ЭКГ (электрокардиографии) человека</u></p> <p>В теоретической части задачи рассматривается большой и малый круги кровообращения, работа сердца; особенности работы</p>	4	1,5	2,5

<p>сердца человека, механическая и электрическая активность.</p> <p>В практической части школьники проводят запись ЭКГ на портативном электрокардиографе в норме и в отведениях: вдох-выдох, задержка дыхания-выдох, устный счет, приседания, эмоциональная нагрузка.</p>			
<p><u>5. Исследование дыхания человека</u></p> <p>В теоретической части задачи рассматривается структура и работа лёгких, вводится понятие жизненной ёмкости лёгких (ЖЭЛ), рассматриваются методы исследования внешнего дыхания.</p> <p>В практической части проводится измерение ЖЭЛ с помощью механического спирометра, проводится запись дыхания в норме, проба Генчи, проба Штанге, форсированное дыхание, запись во время приседания, речи. Обработка результатов осуществляется на компьютере при помощи программы для обработки данных «Power Graph 3.3»</p>	4	1,5	2,5
<p><b>Модуль 2 Раздела 1</b></p>	20	7,5	12,5
<p><u>1. Фотоколориметрия. Количественный анализ биологических объектов</u></p> <p>В теоретической части задачи обсуждается принцип фотоколориметрии и турбидиметрии (нефелометрии). Вводится понятие оптической плотности и ее связи с концентрацией вещества. Проводится знакомство с прибором фотоэлектрический колориметр (ФЭК) и работа на нем; оптическая схема, выбор светофильтров и условий измерений в зависимости от биологической задачи и спектральных свойств объекта. Обсуждается также использование нефелометрии применительно к определению концентрации клеток.</p> <p>Рассматриваются различные способы количественного определения биологически важных веществ на основе получения цветных реакций (для особо заинтересовавшихся дополнительно обсуждается определение крахмала в пробах из растительных тканей, пероксидазной активности, растительных пигментов). Особое внимание уделяется определению нитратов и нитритов в окружающей среде в свете экологической безопасности.</p> <p>В практической части задачи проводится измерение концентрации нитритных и аммонийных ионов в питьевой и сточной воде.</p>	4	1,5	2,5
<p><u>2. Качественный анализ неорганических веществ. Определение ионов в водном растворе</u></p> <p>В теоретической части задачи рассматриваются вещества, приводящие к загрязнению окружающей среды, а также вводится понятие о предельно допустимых концентрациях (ПДК). Что такое качественная и количественная реакции? Как проводится химический анализ в лабораториях? Этапы и методы качественного и количественного анализа. Использование качественных реакций для мониторинга состояния объектов окружающей среды.</p> <p>В практической части школьники знакомятся с несколькими методиками, позволяющими обнаружить ряд ионов, находящихся в растворе.</p>	4	1,5	2,5
<p><u>3. Исследование численности молочнокислых бактерий в пищевых продуктах</u></p> <p>В теоретической части задачи обсуждаются особенности устройства микробиологической лаборатории и правила работы в ней. Рассматривается, каким образом осуществляется культивирование микроорганизмов на примере лактобактерий. Принципы составления питательных сред. Стерилизация питательных сред. Способы культивирования аэробных и анаэробных микроорганизмов. Выделение чистых культур микроорганизмов. Изучение культуральных особенностей микроорганизмов. Определение количества клеток</p>	4	1,5	2,5

<p>микроорганизмов высевом на питательные среды и нефелометрически. Микроскопия. Что такое лактобактерии, понятие о полезных микроорганизмах для человека и об их использовании в пищевой промышленности и сельском хозяйстве.</p> <p>В практической части задачи проводится оценка качества промышленных молочных продуктов (биокефир, сметана, йогурты и др.) по количеству находящихся в них живых лактобактерий, способных к размножению. Расчет количества бактерий в исследуемых продуктах производится после посева серии последовательных десятикратных разведений на чашки Петри, содержащие твердую агаризованную питательную среду, и в пробирки с полужидкой средой. Также проводится подготовка препарата и проведение световой микроскопии лактобактерий.</p>			
<p><u>4. Влияние фитонцидов чеснока, лука, ели на рост микроорганизмов <i>P. putida</i></u></p> <p>В теоретической части задачи вводятся понятие о фитонцидах, обсуждается их роль в иммунитете растений и во взаимоотношениях организмов в биоценозах. Применение в медицине.</p> <p>В практической части задачи проводится проверка влияния фитонцидов чеснока, лука и хвои на рост бактерий <i>P. putida</i> на твердой агаризованной питательной среде. Приготовление препарата для микроскопии. Подсчет числа выросших бактерий.</p>	4	1,5	2,5
<p><u>5. Исследование кровяного давления человека</u></p> <p>В теоретической части задачи рассматриваются понятие о кровяном давлении человека, кровотоке в систоле и диастоле; способы измерения давления, используемая аппаратура.</p> <p>В практической части школьники измеряют кровяное давление человека разными приборами: ручным и электронным тонометрами. Измерение давления и пульса на запястном электронном тонометре. Проводится ряд тестов: приседания, решение задач, дыхательные пробы.</p>	4	1,5	2,5
<b>Модуль 3 Раздела 1</b>	20	7,5	12,5
<p><u>1. Хроматография в тонком слое. Тонкослойная хроматография (ТСХ)</u></p> <p>В теоретической части задачи рассматриваются разные типы хроматографического разделения веществ, понятие подвижной и неподвижной фазы. Заостряется внимание на особенностях хроматографии в тонком слое, вводится представление о адсорбционном замещении, об элюотропном ряде растворителей, о способах определения и идентификации разделенных веществ.</p> <p>В практической части задачи производится подбор условий для хроматографирования в тонком слое сорбента. Проводится экстракция пигментов растений и их последующее разделение на пластинах с сорбентом. Рассчитывается <math>R_f</math> каждого пигмента. Проводится выявление хлорофиллов по их флуоресценции в красной области спектра. Дополнительно проводится тонкослойная хроматография стероидов и их идентификация.</p>	4	1,5	2,5
<p><u>2. Методы фильтрования. Определение белка</u></p> <p>В теоретической части задачи рассматриваются различные способы фильтрования, факторы, определяющие скорость и эффективность фильтрования. Вводятся понятия диализ, полые волокна. Более детально рассматриваются методы мембранной и ультрафильтрации. Обсуждаются также разные методы определения количества белка, качественные и количественные реакции.</p> <p>В практической части задачи проводится концентрирование растворов макромолекул (белков) в ячейке с ультрафильтром с использованием повышенного давления инертного газа.</p> <p>Для определения количества белка в растворе до и после ультрафильтрации строится калибровочный график. По нему</p>	4	1,5	2,5

проводится определение количества белка по методу Лоури.			
<p>3. <u>Исследование спектров поглощения биологических объектов в ультрафиолетовой области</u></p> <p>В теоретической части задачи обсуждаются основы поглощения биологических объектов в ультрафиолетовой области (аминокислот, белков, нуклеиновых кислот). Аппаратура измерения УФ спектров поглощения: основные элементы, устройство и принцип действия.</p> <p>В практической части задачи производится измерение УФ-спектров поглощения водных растворов ароматических аминокислот на однолучевом спектрофотометре СФ-26, изменяющихся под влиянием внешних факторов (рН среды).</p>	4	1,5	2,5
<p>4. <u>Электрофорез нуклеиновых кислот в агарозном геле</u></p> <p>В теоретической части задачи рассматривается принцип метода электрофореза, применение его в разнообразных исследованиях. Особенности разделения нуклеиновых кислот и их фрагментов в гелях агарозы. Условия проведения электрофореза. Выбор пористости геля. Что такое маркерные молекулы?</p> <p>В практической части задачи проводится подготовка аппаратуры для электрофореза и образцов. При помощи электрофореза осуществляется разделение разных форм нуклеиновых кислот (двунитевые и однострунчатые структуры, кольцевые, "сверхскрученные"). Обсуждается несколько способов визуализации нуклеиновых кислот в геле в виде полос, полученных от разных форм. Проводится оценка молекулярных масс разных форм нуклеиновых кислот и их фрагментов.</p>	4	1,5	2,5
<p>5. <u>Исследование рефлекторной деятельности человека</u></p> <p>В теоретической части задачи рассматривается строение и функции центральной нервной системы человека, условно-рефлекторная деятельность организма. Принцип нейронной организации рефлекторной дуги. Методы изучения рефлекторной деятельности. Анализаторы.</p> <p>В практической части школьники проводят ряд тестов друг на друге. Определяют скорость реакции человека, используя компьютерную программу; отпускают и ловят линейку кончиками пальцев; ставят точки на листе бумаги правой и левой рукой, определяя скорость этих процессов при помощи секундомера. Определение размера рецепторных полей в двух областях тела, волосками Фрея. Оценка чувствительности к разным видам вкусовых стимулов (сахар, поваренная соль, лимонная кислота).</p>	4	1,5	2,5
<b>Модуль 4 Раздела 1</b>	20	7,5	12,5
<p>1. <u>Окислительно-восстановительные реакции</u></p> <p>В теоретической части рассматривается природа окислительно-восстановительных реакций, их типы и влияние условий на протекание таких реакций, свойства окислителя и восстановителя, понятие степени окисления атомов. Объясняется принцип расстановки коэффициентов в молекулярном уравнении с помощью методов электронного баланса и полуреакций окислительно-восстановительных реакций. Школьники знакомятся с расчетом потенциалов редокс-пар с помощью уравнения Нернста. Также рассматриваются основные типы окислительно-восстановительных реакций, лежащих в основе промышленного производства.</p> <p>В практической части проводится серия экспериментов: оценка окислительных свойств перманганата калия (<math>KMnO_4</math>) в кислой, нейтральной и щелочной средах, окислительные свойства бихромата калия (<math>K_2Cr_2O_7</math>) и окислительно-восстановительные свойства пероксида водорода (<math>H_2O_2</math>). Все изменения, произошедшие при данных реакциях, заносятся в журнал и анализируются. Школьники самостоятельно составляют электронный баланс реакций, правильно расставив коэффициенты</p>	4	1,5	2,5

в уравнении.			
<p>2. <u>Выделение GFP и его аналогов из бактериальных клеток</u></p> <p>Выделение белка из бактериальных клеток и его дальнейшая очистка весьма трудоемкий и длительный процесс. С открытием и широким распространением зеленого флуоресцентного белка (GFP) и его аналогов, покрывающих весь спектр видимого света, эта задача существенно упростилась. Теоретическая часть задачи посвящена открытию и характеристике GFP, а также созданию его аналогов, подробно рассматривается применение GFP в различных областях молекулярной и клеточной биологии с обзором используемых методов.</p> <p>Практическая часть задачи включает в себя разрушение бактериальных клеток и очистку флуоресцентного белка на хроматографической смоле. Задача позволяет продемонстрировать весь процесс очистки белка за короткий промежуток времени и освоить базовые методы работы в лаборатории.</p>	4	1,5	2,5
<p>3. <u>Исследование окислительного стресса биологических систем на примере растений</u></p> <p>В теоретической части задачи обсуждаются основные положения современных представлений о стрессе. Специфические и неспецифические реакции организма на стресс. Образование реакционных форм кислорода, как окислительного стресса организмов на примере растений. Известно, что об окислительном стрессе (окислительной деструкции) можно судить по содержанию тиобарбитуровой кислоты (ТБКРп).</p> <p>В практической части задачи проводится подготовка реакционной смеси и растительного материала. После обработки реакционной смеси бутанолом и центрифугирования проводится спектрофотометрическое измерение поглощения ТБКРп в бутанольной фракции при <math>\lambda=532</math> и <math>\lambda=600</math> нм. Рассчитывается содержание ТБКРп в листьях растений</p>	4	1,5	2,5
<p>4. <u>Лиофилизация биологических материалов</u></p> <p>В теоретической части задачи рассматривается понятие сублимации, закон фазовых состояний Гиббса, физико-химические основы процесса замораживания биопрепаратов, кривая эвтектики раствора поваренной соли, понятие об эвтектической температуре и эвтектической концентрации. Обратимость биопрепаратов, подвергшихся замораживанию. Криопротекторы. Свободная и связанная вода биологических материалов и периоды лиофилизации. Причины гибели живых клеток при охлаждении.</p> <p>В практической части задачи проводится оценка сохранения качества лиофилизируемого материала на примере белка - фермента алкогольдегидрогеназы путём измерения ее активности до и после лиофилизации.</p>	4	1,5	2,5
<p>5. <u>Микроинъекция (Микрохирургия)</u></p> <p>В теоретической части задачи обсуждаются возможности введения веществ и органелл в клетку. Классические и новейшие методы (баллистические, перфорационные методы, микроинъекция под действием физических факторов и химических агентов, а также перенос генетического материала при помощи вирусов, спермиев и молекулярных конструкций). Достоинства и ограничения метода микроинъекции путём использования стеклянных микропипеток под давлением.</p> <p>В практической части задачи проводится овладение методикой работы с микроманипулятором, самостоятельное изготовление микроинструментов и микрокамеры. С их помощью проводится введение генетического материала в клетку.</p>	4	1,5	2,5
<b>Раздел 2 - биохимия-физиология - для школьников 10-11 класса</b>	80	30	50

<b>Модуль 1 Раздела 2</b>	20	7,5	12,5
<p>1. <u>Электрофоретическое исследование белков (Электрофорез белков)</u></p> <p>В теоретической части задачи практикума обсуждается принцип метода, его возможности и разрешающая способность.</p> <p>В практической части проводится подготовка образцов к электрофорезу, смеси стандартных полипептидов известной молекулярной массы, использующихся для совместного электрофоретического разделения, и искомого белка. Осуществляется электрофоретическое разделение белков в соответствии с их молекулярными массами. На основании полученных данных проводится построение калибровочного графика, по которому и определяется молекулярная масса неизвестного белка.</p>	4	1,5	2,5
<p>2. <u>Ионообменная хроматография</u></p> <p>В теоретической части задачи обсуждается общая характеристика метода, использующиеся ионообменники и хроматографируемые вещества. Рассматриваются ионные взаимодействия вещества и сорбента, способы управления силой взаимодействия. Уделяется особое внимание особенностям ионообменной хроматографии белков, выбору оптимальных условий, сохранению нативности препарата.</p> <p>В практической части задачи проводится очистка и фракционирование белков. Определяется количество белка и ферментативная активность белка амилазы. Оценивается её удельная активность.</p>	4	1,5	2,5
<p>3. <u>Атомно-молекулярное моделирование</u></p> <p>В теоретической части задачи рассматриваются основы стереохимического (конформационного) анализа. Вводится понятие о длинах связей, валентных и торсионных углах в молекулах. Обращается внимание на основные внутримолекулярные взаимодействия, определяющие конформацию молекул. Рассматриваются энергетика молекул, потенциал Леннарда-Джонса, цис-транс-конформации, закономерности внутри и межмолекулярных взаимодействий.</p> <p>В практической части задачи представляются модели Кендрию-Уотсона, шаро-стержневые и объемные. Производится сборка моделей разных молекул из стандартных блоков.</p>	4	1,5	2,5
<p>4. <u>Исследование ориентировочно-исследовательского и социального поведения рыб <i>Danio rerio</i> в различных тестах</u></p> <p>В теоретической части обсуждаются механизмы действия психоактивных веществ на структуры мозга и поведение. Рассматриваются особенности проведения поведенческих тестов на животных. Обсуждается использование лабораторных рыб для изучения свойств нейротропных фармакологических агентов.</p> <p>В практической части используются 3 поведенческие установки, подключенные к стационарным компьютерам. Это тесты «открытое поле» (аквариум с равномерным ярким освещением), «темно-светлая камера» (1/2 аквариума перегороджена от источника света непрозрачной крышкой) и «стайный рефлекс» - аквариум с перегородкой, по одну сторону которой помещается 5 рыб, а по другую – тестируемая особь.</p> <p>Поведение во всех тестах регистрируется на веб-камеру и анализируется программой для обработки поведения.</p> <p>Школьники получают 9 контрольных и 9 опытных рыб, прошедших инкубацию в одном из предлагаемых фармакологических агентов. Каждый участник должен протестировать (сделать видеозапись) по 3 рыбы согласно протоколу, представленному в данной задаче. В конце задачи будут обсуждаться эффекты вещества на поведение рыб и будет</p>	4	1,5	2,5

проведена попытка его классификации.			
<p>5. <u>Спектры поглощения белков и нуклеиновых кислот</u></p> <p>В теоретической части задачи обсуждаются общие закономерности ультрафиолетового (УФ)-поглощения свободных аминокислот, белков и нуклеиновых кислот. Проводится знакомство с основными элементами и принципами действия спектрофотометра "Specord UV-VIS", работа на приборе. В практической части задачи осуществляется измерение УФ спектров поглощения ароматических аминокислот в водном растворе. Исследуются спектральные параметры аминокислот, тонкая структура спектра. Наблюдается изменение спектров поглощения аминокислот под влиянием внешних факторов (рН среды).</p> <p>Во второй части задачи измеряются ультрафиолетовые спектры поглощения белков. Рассматриваются особенности структуры спектров белков по сравнению со спектрами индивидуальных ароматических аминокислот, входящих в их состав, методы расчета вклада рассеяния в поглощение белков. Влияние рН на спектр поглощения белка рибонуклеазы. Оценка вклада аминокислоты тирозина, доступного внешнему воздействию (рН), методом дифференциальной спектрофотометрии. Расчет содержания хромофоров в молекуле белка.</p> <p>В третьей части задачи проводится измерение УФ поглощения нуклеиновых кислот. Хромофоры нуклеиновых кислот. Гиперхромный эффект при переходе от двухспиральных структур ДНК (нативной формы) к односпиральной (денатурированной формы). В задаче проводится тепловая денатурация ДНК и ренатурация. Расчет гиперхромного эффекта. Определение концентрации ДНК по спектрам поглощения.</p>	4	1,5	2,5
<b>Модуль 2 Раздела 2</b>	20	7,5	12,5
<p>1. <u>Микроэлектродные исследования электрических процессов в клетке (Потенциал в клетке)</u></p> <p>В теоретической части задачи обсуждаются микроэлектродные методы исследования генерации потенциалов одиночными клетками, знакомство с процессами генерации потенциалов клетками на примере клеток водоросли <i>Chara carollina</i>. Обсуждаются методика внутриклеточной регистрации электрических процессов и аппаратура, тонкости изготовления микроэлектродов.</p> <p>В практической части задачи осуществляется работа на установке для регистрации потенциала и ионных токов на клетках ("Dagan 8500", USA).</p> <p>Установка имеет компьютерное управление, регистрацию и обработку данных амплитудно-временных характеристик потенциала покоя и потенциала действия клетки. Анализ полученных результатов включает фиксацию напряжения, измерение токов, идущих через кальциевый, хлорный и калиевый каналы, потенциал реверсии. Проводится расчет активности <math>Cl^-</math> в клетке.</p>	4	1,5	2,5
<p>2. <u>Исследование работы нервно-мышечного препарата</u></p> <p>В теоретической части задачи школьники подробно знакомятся с работой мышечной и нервной системы, способами сокращения скелетной мышцы. Темы: физиология мышц и синапсов. опыты Гальвани. Нервно-мышечный препарат, представляющий собой свежепрепарированный из тела лягушки седалищный нерв в соединении с икроножной мышцей. Методы, позволяющие изучить работу нервно-мышечного препарата.</p> <p>В практической части проводится определение порога возбудимости нервно-мышечного препарата лягушки и ряд других тестов: одиночное сокращение, тетанус, частотный пессимум, утомление, прямая стимуляция мышцы.</p>	4	1,5	2,5

<p>3. <u>Выделение плазмидной ДНК из бактериальных клеток</u></p> <p>В теоретической части задачи рассматривается понятие о хромосомной и плазмидной ДНК в бактериальных клетках, различные способы их получения. Особое внимание уделяется способу получения плазмидной ДНК методом щелочного лизиса бактериальных клеток.</p> <p>В практической части задачи проводится лизис бактериальных клеток, очистка препарата нуклеиновых кислот двукратным переосаждением изопропанолом. Полученные препараты анализируют при помощи электрофореза в агарозном геле. Для этого проводят подготовку и проведение электрофореза, заранее выяснив и обсудив условия его проведения, способы визуализация полос нуклеиновых кислот в геле.</p> <p>Из-за особенности разделения разных форм ДНК (кольцевая, "сверхскрученная") по характеру подвижности полос в агарозном геле, полученных в результате опыта, можно определить разные формы плазмидной ДНК. Таким образом, судят и о чистоте полученного препарата.</p>	4	1,5	2,5
<p>4. <u>Кристаллизация биологических материалов</u></p> <p>Теоретическая часть посвящена основам кристаллизации белков и кристаллографии белковых структур. Вводится представление о рентгеноструктурном анализе. Основное внимание уделяется таким способам получения кристаллов белка, которые оказались бы пригодными для рентгеноструктурного анализа.</p> <p>Практическая часть посвящена кристаллизации белков на примере лизоцима. Школьники получают кристаллы лизоцима методом диффузии паров в висячей капле, а также изучают влияние температуры и различных добавок на кристаллизацию данного белка. Полученные кристаллы наблюдаются с помощью микроскопа, что позволяет школьникам оценить чистоту белка и определить лучшие условия получения кристаллов лизоцима.</p>	4	1,5	2,5
<p>5. <u>Методы разделения и идентификации аминокислот.</u> <u>Химический метод определения пролина.</u></p> <p>В теоретической части задачи рассматриваются основные методы определения аминокислот. Принципы разделения аминокислот. Специфическая нингидриновая реакция на аминокислоты. Особенности молекулярной структуры и спектра поглощения пролина по сравнению с другими аминокислотами. Роль пролина в физиологических процессах растений. Специфика химического метода определения пролина, выбор оптимальных условий.</p> <p>В практической части задачи проводится предварительная очистка и фракционирование экстракта растительной ткани. Проводится количественный анализ пролина по построенному калибровочному графику.</p>	4	1,5	2,5
<p><b>Модуль 3 Раздела 2</b></p>	20	7,5	12,5
<p>1. <u>Исследование электрокардиографии (ЭКГ) лягушки</u></p> <p>В теоретической части задачи рассматривается строение и функционирование сердца лягушки. Способы изучения работы сердца в норме и патологии. Электрокардиография, способы ее записи. Электрические потенциалы сердца, способы отведения электрокардиограммы.</p> <p>В практической части задачи проводится ряд тестов: запись ЭКГ в норме в 3х отведениях. Разворот параллельно 1 отведению. Разворот антипараллельно 1 отведению. Влияние адреналина, ацетилхолина на работу сердечной мышцы. Особенности действия ацетилхолина на фоне атропина. Модель инфаркта.</p>	4	1,5	2,5
<p>2. <u>Цепная полимеразная реакция (ПЦР)</u></p> <p>В теоретической части задачи обсуждаются различные способы образования дополнительных копий участков хромосомной ДНК</p>	4	1,5	2,5

<p>(амплификация), а также возможность реализации накопления копий определенной нуклеотидной последовательности во время цепной полимеразной реакции – ПЦР. Этот метод основан на многократном избирательном копировании определённого участка ДНК при помощи ферментов в искусственных условиях (<i>in vitro</i>). При этом происходит копирование только того участка, который удовлетворяет заданным условиям.</p> <p>В практической части задачи проводится знакомство с приборами для ПЦР-амплификации, с принципами подбора праймеров, оптимизации параметров цикла амплификации. Определяется зависимость ПЦР-реакции от ионов магния, количества Tag-полимеразы и числа циклов амплификации. Проверкой служит электрофоретическое разделение полученных копий ДНК.</p>			
<p><u>3. Трансформация бактериальных клеток</u></p> <p>Трансформация бактерий плазмидной ДНК – метод генетической инженерии, позволяющий быстро и эффективно переносить внутрь живых бактериальных клеток необходимую наследственную информацию в виде генов. Перенос чужеродных генов в бактерии осуществляется, как правило, в составе специально приспособленного для этого “транспортного средства” – плазмидного вектора (плазмиды).</p> <p>В теоретической части задачи проводится знакомство с историческими предпосылками установления роли дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) как носителя наследственной информации. Школьники также знакомятся с теоретическими основами направленного переноса генов в различные организмы.</p> <p>В практической части задачи школьники получают представление о базовых манипуляциях в генетической инженерии. При помощи одного из наиболее простых и легких в осуществлении - “кальциевого” метода -, проводят трансформацию бактерий, приводящую к созданию трансгенных микроорганизмов с заранее заданными новыми биологическими свойствами.</p>	4	1,5	2,5
<p><u>4. Абсорбционная спектрофотометрия</u></p> <p>В теоретической части задачи рассматриваются узлы, из которых состоит современный спектрофотометр. Источники и детекторы излучений, используемых в современных исследованиях. Источники сплошного и линейчатого спектра. Оптические квантовые генераторы - лазеры. Основные характеристики фотоприемников. Неселективные и селективные приемники света. Люксметры, фотоэлементы и фотоэлектронные умножители. Интегральная и спектральная чувствительность селективных фотоприемников. Абсорбционные и интерференционные светофильтры. Монохроматоры. Назначение и общее устройство. Диспергирующие элементы монохроматора: призма, дифракционная решетка. Ход лучей в монохроматоре. Дисперсия призматического монохроматора. Зависимость от длины волны. Порядки дифракционной решетки. Входная и выходная щель монохроматора. Связь интенсивности светового потока с шириной щелей монохроматора для источников сплошных и линейчатых спектров. Входной и выходной коллиматоры. Отражательная оптика - сферические зеркала. Стекланные (кварцевые) конденсоры. Светосила и разрешающая способность. Особенности монохроматизации в различных зонах спектра и спектральная чувствительность установки.</p> <p>Принцип абсорбционной спектрофотометрии. Регистрация спектров поглощения на однолучевых и двухлучевых спектрофотометрах СФ-56 и "Specord M40".</p> <p>Практическая часть задачи начинается с выбора оптимальных условий измерения поглощения. Изучается влияние режима</p>	4	1,5	2,5

измерения на спектр поглощения образца: выбор спектральной ширины щели, шага измерения спектра. Проводится измерение спектров поглощения растительных объектов: пигменты в растворе (хлорофиллы, антоцианы). Изучаются также рН зависимые реакций антоцианов методом дифференциальной спектрофотометрии. Рассматривается измерение и анализ производных спектров (вторая и четвертая производные сложных полос спектров поглощения).			
<p><u>5. Люминесцентная спектроскопия. Исследование флуоресценции биологических объектов (Спектры флуоресценции)</u></p> <p>В теоретической части обсуждается исследование флуоресценции биологически важных веществ. Регистрация спектров флуоресценции и качественный анализ веществ. Зависимость интенсивности флуоресценции от концентрации, количественный анализ веществ, влияние эффектов реабсорбции, экранирования, выбор оптимальных условий измерений. Применение низких температур. Спектрофлуориметр на основе монохроматора, фотоумножителя и автоматической системы регистрации спектров, работа на нем.</p> <p>В практической части задачи производится знакомство с установкой по измерению спектров флуоресценции, измерение и сопоставление спектров флуоресценции пигментов в водном гомогенате, ацетоновом экстракте и в нативной клетке. Определение концентрации веществ по спектрам флуоресценции.</p>	4	1,5	2,5
<b>Модуль 4 Раздела 2</b>	20	7,5	12,5
<p><u>1. Кинетика ферментативной реакции на примере каталазы</u></p> <p>В теоретической части задачи обсуждаются основы кинетики ферментативных реакций. Понятие скорости (<math>v</math>) и максимальной скорости (<math>V_{max}</math>) ферментативной реакции, уравнение Михаэлиса-Ментена, константа Михаэлиса (<math>K_m</math>) и коэффициент молярной экстинкции (<math>E_L</math>). Классификация ферментов. Четвертичная структура каталазы, реакционный центр (гем) и его локализация на белковой глобуле. Механизм реакции окисления-восстановления двух молекул пероксида водорода при участии <math>Fe^{2+} \leftrightarrow Fe^{3+}</math> с образованием воды и свободного кислорода. Пероксидазная реакция каталазы на примере перекисного окисления этанола с образованием ацетальдегида и воды.</p> <p>В практической части задачи проводится измерение каталазной активности коммерческого препарата каталазы (Sigma) по убыли пероксида водорода (<math>\lambda=240nm</math>) на спектрофотометре GENESYS 10UV. Измерение зависимости скорости каталазной реакции от концентрации пероксида водорода (2 – 12 мМ). Построение концентрационной кривой с использованием программ Excel и SigmaPlot.</p>	4	1,5	2,5
<p><u>2. Рестрикционный анализ</u></p> <p>В теоретической части задачи вводится представление о специализированных ферментах: рестриктурирующих эндонуклеазах (рестриктазах) и их функциях. Обсуждаются особенности в обозначении названий рестриктаз, их специфичность. Рассматриваются типы рестриктаз, их особенности. Дается понятие системы рестрикции – модификации. Метилазы. Сайты рестрикции, их узнавание.</p> <p>В практической части задачи подбираются условия для проведения рестрикции ДНК плазмиды или фага T7. В задачу также входит подготовка и проведение электрофореза, условия его проведения, способы визуализация полос фрагментов нуклеиновых кислот в геле. Проводится оценка величины фрагментов ДНК, полученных их электрофоретическим разделением.</p>	4	1,5	2,5
<p><u>3. Полярография. Определение скорости обмена кислорода при дыхании и фотосинтезе</u></p> <p>В теоретической части задачи рассматривается понятие</p>	4	1,5	2,5

<p>полярографии, являющейся одним из важнейших электрохимических методов анализа веществ. Измерение содержания кислорода (<math>O_2</math>) в разных средах. Существующие способы измерения содержания <math>O_2</math>. Амперометрический метод измерения содержания <math>O_2</math>. Устройство и принцип действия полярографических ячеек интегрального типа (электроды Кларка). Распространенность <math>O_2</math>-измерений с помощью электрода Кларка в научных исследованиях в целом и в фотосинтетических исследованиях в частности. Современные представления об оксигенном фотосинтезе (фотосинтез, протекающий с поглощением <math>CO_2</math> и выделением <math>O_2</math>).</p> <p>В практической части задачи проводится измерение зависимости скорости фотосинтеза у одноклеточной водоросли хлореллы (оксигенный фотосинтетик) от интенсивности падающего на нее света и от содержания углекислого газа в окружающей среде с использованием электрода Кларка. Результаты измерений представляются графически.</p>			
<p>4. <u>Ядерный магнитный резонанс (ЯМР) высокого разрешения</u></p> <p>В теоретической части задачи вводится понятие ядерный магнитный резонанс (ЯМР), резонансная частота. Химический сдвиг. Спин-спиновое взаимодействие. Времена спин-решеточной и спин-спиновой релаксации. Исследование временных характеристик. Некоторые методики ЯМР, применяемые для изучения молекул белков, их конформаций, структуры и динамики молекул белков в растворе. Исследования межбелковых взаимодействий. Одномерный (1D), двумерный (2 D) и многомерный спектр ЯМР. Преобразованный спектр ЯМР. Импульсная ЯМР Фурье спектроскопия. Применение упрощенного метода Фурье-преобразования для непосредственного получения спектров из сигналов спада свободной индукции. Определение числа и положения атомов водорода в молекуле.</p> <p>В практической части задачи проводится ознакомление с современным ЯМР-спектрометром “Avance-600” (Bruker), криогенной техникой. Освоение систем команд для регистрации спектра ЯМР. Получение релаксационных спектров. Определение времен релаксации для простых соединений.</p>	4	1,5	2,5
<p>5. <u>Исследование свойств биологических объектов методом инфракрасной спектроскопии высокого разрешения с Фурье-преобразованием</u></p> <p>В теоретической части задачи обсуждаются общие принципы измерения спектров поглощения в инфракрасном диапазоне. Преимущества Фурье-спектроскопии. Механизм формирования интерферограммы, разложение периодической временной функции в ряд Фурье и Фурье-анализ такого разложения. Зависимость формы интерферограммы от частоты излучения, ширины спектральных линий и соотношения амплитуд.</p> <p>Современный Фурье-спектрометр (Equinox-55) и работа на нем. Алгоритм измерения спектров.</p> <p>В практической части задачи производится подбор условий для измерения колебательно-вращательных спектров поглощения простых молекул: <math>CO_2</math>, <math>H_2O</math>, ацетон, бензол, спирты и др. Рассчитывается и строится общая схема колебательных и вращательных переходов в молекуле <math>CO_2</math>. Рассчитывается величина вращательной постоянной, момента инерции и длины межатомных связей. Проводится идентификация веществ и анализ структуры с использованием компьютерного банка данных.</p>	4	1,5	2,5
<b>Всего:</b>	<b>160</b>	<b>50</b>	<b>80</b>

**Материально-техническое обеспечение программы.**

Оборудование практикумов Межфакультетского НОЦ МГУ в г. Пушкино, в том числе полученного по Программе развития МГУ, расположено в 13 просторных помещениях, задействовано и 7 аудиторий. В учебном процессе задействовано также современное лабораторное оборудование ПНЦ РАН г. Пушкино, измерительные и вычислительные комплексы. Быт школьников обеспечивается общежитием, где, кроме комнат проживания, кухни, санузлов, душевых комнат, есть аудитории для самостоятельной работы, спортзал и большая аудитория на 110 мест, преобразуемая в место досуга.

#### **9. Составители и преподаватели**

Л.Я. Сатина - старший преподаватель кафедры биохимии биологического факультета,  
И.Ю. Сергеев и М.Л. Ловать - старшие преподаватели кафедры физиологии человека и животных биологического факультета.

При необходимости возможно привлечение дополнительных преподавателей из числа научных сотрудников ПНЦ РАН г. Пушкино.