

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой

Кафедра биофизики
(БиоФиз_ИФББ)

наименование кафедры

подпись, инициалы, фамилия

«___» _____ 20__ г.

институт, реализующий ОП ВО

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

Кафедра биофизики
(БиоФиз_ИФББ)

наименование кафедры

В.А. Кратасюк

подпись, инициалы, фамилия

«___» _____ 20__ г.

институт, реализующий дисциплину

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
БОЛЬШОЙ БИОФИЗИЧЕСКИЙ
ПРАКТИКУМ**

Дисциплина Б1.В.03 Большой биофизический практикум

Направление подготовки / 03.03.02 Физика Профиль 03.03.02.07
специальность Биохимическая физика

Направленность
(профиль)

Форма обучения

очная

Год набора

2018

Красноярск 2021

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по укрупненной группе

030000 «ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ»

Направление подготовки /специальность (профиль/специализация)

Направление 03.03.02 Физика Профиль 03.03.02.07 Биохимическая физика

Программу
составили

Доцент , Торгашина И.Г;канд. биол. наук, Доцент,
Сарангова А.Б

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель преподавания дисциплины

Цель данного курса – дать студентам систему знаний об основных принципах и применениях экспериментальных методов биофизики. Из обширного многообразия методов биофизических исследований студенты осваивают методы по четырем направлениям: электрические явления, биофизика анализаторов, кинетика биологических процессов и оптические методы.

1.2 Задачи изучения дисциплины

Задачи изучения дисциплины заключаются в приобретении студентами навыков работы с современным лабораторным оборудованием, овладении некоторыми современными методами и средствами автоматизации научных и учебных экспериментов, развитии способности студентов самостоятельно приобретать знания, в том числе с помощью информационных технологий, и проецировать полученные знания на реальные научные исследования, осуществляемые ими в рамках научно-исследовательской практики.

Изучение дисциплины направлено на подготовку студента в области естественнонаучных знаний, получение высшего углубленного профессионального образования, позволяющего в дальнейшем успешно работать в избранной сфере деятельности, обладать предметно-специализированными компетенциями, способствующими его социальной мобильности и устойчивости на рынке труда.

1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

ОПК-1: способностью использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук
--

ОПК-2: способностью использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей
--

ОПК-3: способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач

ОПК-9: способностью получить организационно-управленческие навыки при
--

работе в научных группах и других малых коллективах исполнителей
ПК-1: способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин
ПК-6: способностью понимать и использовать на практике теоретические основы организации и планирования физических исследований

1.4 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Вариативная дисциплина

Содержание программы курса базируется на математических, физических, биологических и химических знаниях, заложенных на предшествующих дисциплинах математического и естественнонаучного циклов: «Математика», «Физика», «Химия», «Основы биологии», «Физическая химия».

1.5 Особенности реализации дисциплины

Язык реализации дисциплины .

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	Семестр
		6
Общая трудоемкость дисциплины	4 (144)	4 (144)
Контактная работа с преподавателем:	2 (72)	2 (72)
занятия лекционного типа		
занятия семинарского типа		
в том числе: семинары		
практические занятия		
практикумы		
лабораторные работы	2 (72)	2 (72)
другие виды контактной работы		
в том числе: групповые консультации		
индивидуальные консультации		
иная внеаудиторная контактная работа:		
групповые занятия		
индивидуальные занятия		
Самостоятельная работа обучающихся:	2 (72)	2 (72)
изучение теоретического курса (ТО)		
расчетно-графические задания, задачи (РГЗ)		
реферат, эссе (Р)		
курсовое проектирование (КП)	Нет	Нет
курсовая работа (КР)	Нет	Нет
Промежуточная аттестация (Зачёт)		

3 Содержание дисциплины (модуля)

3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа (акад. час)	Занятия семинарского типа		Самостоятельная работа, (акад. час)	Формируемые компетенции
			Семинары и/или Практические занятия (акад. час)	Лабораторные работы и/или Практикумы (акад. час)		
1	2	3	4	5	6	7
1	Электрические явления в биологических объектах	0	0	2	2	
2	Количественная оценка параметров здоровья. Индекс Скибинской	0	0	2	2	
3	Биофизика анализаторов. Аудиометрия	0	0	2	2	
4	Оптические методы молекулярной биофизики	0	0	2	2	
5	Ионоселективные электроды	0	0	2	2	
6	Моделирование «мутационных» процессов	0	0	2	2	
7	Микробиологические объекты в биофизических	0	0	6	10	
8	Микроскопия. Измерение биомассы и числа	0	0	18	14	
9	Питательные среды. Рост микроорганизмов.	0	0	18	18	

10	Кинетические характеристики. Количественные аспекты микробиологических исследований	0	0	18	18	
Всего		0	0	72	72	

3.2 Занятия лекционного типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
Всего					

3.3 Занятия семинарского типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
Всего					

3.4 Лабораторные занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
1	1	№1 Изучение электропроводности биологических объектов с использованием специализированного аппаратно-программного комплекса с удаленным доступом по сетям Интернет. В лабораторной работе исследуют частотную дисперсию электропроводности биологических тканей.	2	0	0

2	2	№2 Количественная оценка параметров здоровья. Расчет индекса Скибинской В лабораторной работе рассчитывают индекс Скибинской, отражающий функциональные резервы дыхательной и сердечно-сосудистой систем человека.	2	0	0
3	3	№3 Изучение метода аудиометрии с использованием аппаратно-программного комплекса, сконструированного на базе технологий National Instruments. В лабораторной работе изучают характеристики слухового анализатора человека.	2	0	0
4	4	№4 Абсорбционная спектроскопия биологических объектов. В лабораторной работе исследуют характеристики поглощений пигментов растений.	2	0	0
5	5	№5 Применение ионоселективных электродов для исследования биологических объектов. В лабораторной работе определяют буферную емкость растворов и биологических жидкостей на примере слюны.	2	0	0
6	6	№6 Влияние «мутационных» процессов на переход от маловидовой системы к многовидовой В лабораторной работе исследуют влияние «мутационных» процессов на переход от маловидовой системы к многовидовой.	2	0	0

7	7	№7. Роль и значение микроорганизмов в биофизических исследованиях. В лабораторной работе изучают строение клетки микроорганизмов (бактерии, дрожжи, микроводоросли, простейшие). Овладевают навыками работы в стерильной зоне, техникой безопасности при работе с микроорганизмами	6	0	0
8	8	№8. Микроскопия. Учет количества микроорганизмов. В лабораторной работе осваивают феноменологическое описание микроскопируемого образца, осваивают алгоритм построения калибровочной кривой зависимости численности клеток от плотности микробиологической культуры	18	0	0
9	9	№8 Питательные среды. Рост микроорганизмов. В лабораторной работе осваивают навык приготовления питательных сред и влияние объема инокулята на скорость роста культуры.	18	0	0
10	10	№10. Построение логистической кривой роста микроорганизмов. В лабораторной работе осваивают алгоритм построения логистической кривой, на основе полученных ранее данных	18	0	0
Всего			72	0	0

4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	Рубин А. Б.	Современные методы исследования фотобиологических процессов: учебное пособие для биологических специальностей университетов	Москва: МГУ им. М. В. Ломоносова, 1974

5 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

6 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

6.1. Основная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	Волькенштейн М. В.	Биофизика: учебное пособие	Санкт-Петербург: Лань, 2012
Л1.2	Lakowicz J. R.	Principles of Fluorescence Spectroscopy	New York: Springer-Verlag, 2006
6.2. Дополнительная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л2.1	Федорова В. Н., Степанова Л. А.	Краткий курс медицинской и биологической физики с элементами реабилитологии: Лекции и семинары	Санкт-Петербург: Физматлит, 2008
6.3. Методические разработки			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л3.1	Рубин А. Б.	Современные методы исследования фотобиологических процессов: учебное пособие для биологических специальностей университетов	Москва: МГУ им. М. В. Ломоносова, 1974

7 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Э1	Динамические модели в биологии	http://dmb.biophys.msu.ru/
Э2	Концентратор SciVerse	http://www.info.sciverse.com/

8 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Предлагаемые варианты занятий (конспектирование вопросов самостоятельной работы, выполнение и защита лабораторных работ) нацелены на выявления умений студентов работать с учебной литературой, самостоятельно отбирать, анализировать и обобщать материал, разбираться в деталях поставленного вопроса.

В ходе изучения дисциплины предполагается выполнение лабораторных работ и соответственно формирование письменного отчета, а также защита выполненной лабораторной работы. При выполнении лабораторных работ осуществляется интеграция теоретико-методологических знаний с практическими умениями и навыками студентов в условиях той или иной степени близости к реальной профессиональной деятельности. Особую роль здесь играет совместная групповая работа.

На лабораторных занятиях студенты выполняют лабораторные работы, которые затем обучающиеся защищают, предварительно ответив на вопросы для самоподготовки. Лабораторные работы по курсу призваны сформировать у студентов умение выполнять лабораторные исследования с использованием биофизических технологий. Работы четко структурированы по основным разделам биофизики и имеют разную степень сложности.

В ходе лабораторных работ студенты приобретают навыки обращения с лабораторным оборудованием, умение ставить эксперимент и навыки обработки и интерпретации полученных результатов. Качество выполнения лабораторной работы студента оценивается по ряду показателей: практические умения и навыки:

а) подготовка к работе: наличие средств индивидуальной защиты студента (халат, перчатки при работе с биологической жидкостью); наличие конспекта по выполнению эксперимента; правильно ли организовано рабочее место (рабочая поверхность стола свободна, необходимые реактивы выставлены, необходимое оборудование в наличии);

б) техника выполнения анализа: умение работать с пипетками, в том числе автоматическими, мерной посудой; навык использования аппаратуры (центрифуга, рН-метр, фотоэлектрокалориметр и др.) и проб отбора;

в) правильность вычисления результата: оформление протокола исследования, с выводами о проделанной работе; использование при расчетах соответствующих формул, таблиц, калибровочных графиков; правильное обозначение единиц измерения с приведением норм

измерения в тех или иных случаях.

теоретические навыки:

по окончании выполнения лабораторной работы студент должен проанализировать собственную работу. Расчёт, полученный результат и его интерпретация обязательно оформляются в виде протокола исследования, с формулировкой выводов о проделанной работе, результаты докладываются преподавателю и обсуждаются в группе. Выполнение лабораторной работы в составе группы повышает ответственность каждого студента, способствует повышению коммуникативных навыков, навыков работы в команде.

Написание отчета по каждой лабораторной работе осуществляется студентом по результатам проведенных экспериментов с учетом изученного теоретического материала.

Отчет должен состоять из следующих разделов:

- Титульный лист.
- Краткий обзор теоретического материала, завершающийся постановкой цели и задач исследования.
- Обоснование экспериментального метода, описание установки.
- Результаты и обсуждение.
- Выводы.

Студент может работать индивидуально, в паре с другим студентом или в составе малой группы сотрудничества. Лабораторная работа, пропущенная студентом, отрабатывается в специально выделенное для этого время. Студент должен выучить теоретический материал по теме занятия, изучить содержание лабораторной работы, сделать соответствующие зарисовки или оформить протокол эксперимента, выполнить лабораторную работу, составить отчет и ответить на контрольные вопросы для самоподготовки. Пропущенные занятия лабораторного практикума студент должен отработать до контрольной недели по учебной дисциплине.

Самостоятельная работа студентов закрепляет и углубляет знания, полученные на аудиторных занятиях, также способствует развитию у студентов творческих навыков, инициативы, умения организовать своё время. При выполнении плана самостоятельной работы студенту необходимо прочесть теоретический материал не только в учебниках и учебных пособиях, указанных в списке литературы, но и познакомиться с публикациями в периодических изданиях. Студенту необходимо творчески переработать изученный самостоятельно материал и представить его для отчёта в форме конспекта во время защиты лабораторных работ.

Самостоятельная работа выполняется студентами на основе учебно-методических материалов дисциплины, приведена в разделах 4, 6 настоящей программы.

Самостоятельное изучение теоретического материала по темам:

1 Электрические явления в биологических объектах
Электропроводность клеток и тканей для постоянного и переменного тока. Виды поляризации. Дисперсия электропроводности.

Перечень контрольных вопросов:

1. Особенности электропроводящих свойств биологических тканей.
2. Прохождение постоянного тока через биологические ткани
3. Механизмы поляризации, возникающей в биообъектах при пропускании через них постоянного тока, и характерные времена релаксации
4. Поляризационная емкость
5. Эквивалентные схемы
6. Характерный вид кривой дисперсии электропроводности для живых объектов.

2 Количественная оценка параметров здоровья. Индекс Скибинской
Методы количественной оценки параметров здоровья. Метод расчета индекса Скибинской. Расчет погрешности измерений. Прямые и косвенные измерения.

Перечень контрольных вопросов:

1. Доверительная вероятность и доверительный интервал
2. Абсолютная и относительная погрешность
3. Математическая обработка экспериментальных данных при малом числе измерений

3 Биофизика анализаторов. Аудиометрия
Строение слухового анализатора человека. Объективные и субъективные характеристики звука. Характеристики слухового анализатора человека: порог слышимости, изофоны, дифференциальные пороги.

Перечень контрольных вопросов:

1. Физическая природа звука.
2. Характеристики звуковой волны, их связь с громкостью, высотой звука.
3. Уровень силы звука, определение децибела.
4. Порог слышимости, его пределы для слухового анализатора человека.
5. Методики измерения кривых равной громкости.
6. Разностные пороги частоты и громкости.

4 Оптические методы молекулярной биофизики

Принципы абсорбционной спектроскопии. Связь химической структуры вещества с регистрируемыми характеристиками поглощения. Факторы, влияющие на положения спектров поглощения. Пути дезактивации энергии возбужденного состояния молекул. Характерные скорости излучательных и безызлучательных переходов между энергетическими состояниями молекулы.

Перечень контрольных вопросов:

1. Типы молекулярных орбиталей, их распределение по шкале энергии, разрешенные переходы.
2. Относительное положение разрешенных переходов по шкале энергий
3. Механизмы влияния растворителей, пространственного строения молекул, взаимодействия растворенных молекул на энергию электронных переходов
4. Закон Бугера-Ламберта-Бера.
5. Устройство стандартного спектрофотометра.

5 Ионоселективные электроды

Общее устройство

электродной системы для определения активности ионов в растворе. Константа диссоциации слабых кислот. Буферная емкость.

Перечень контрольных вопросов:

1. Механизмы переноса ионов сквозь мембрану электродов
2. Уравнение Нернста
3. Определение буферной емкости
4. Определение константы диссоциации слабых кислот

6 Моделирование «мутационных» процессов

Парадокс

Дарвина-Вернадского, проблема Кастлера, проблема хиральности. Автокаталитические системы. Взаимодействие автокатализаторов.

Перечень контрольных вопросов:

1. Теории происхождения жизни и их отличия между собой
2. Термины геохимический цикл, хемосфера, автокатализатор, фазовая обособленность
3. Признаки жизни
4. Влияние мутаций на основные параметры автокатализаторов

7 Микробиологические объекты

в биофизических

исследованиях.

Освоение специальных навыков работы с микробиологическими объектами. Происхождение жизни. Эволюция клетки. Роль микроорганизмов в биотическом цикле

Перечень контрольных вопросов:

1. Структура бактериальной клетки. Сложность.
2. Термины геохимический цикл, хемосфера, автокатализатор, фазовая обособленность
3. Признаки жизни

8 Микроскопия

Измерение биомассы и числа микроорганизмов.

Калибровочные кривые Сравнительный анализ клеточной структуры и физиологии клеток бактерий, микроводорослей, дрожжей и простейших.

Перечень контрольных вопросов:

1. Бактериальные маты
2. Возникновение биотического цикла
3. Эволюция биотического цикла

9 Питательные среды. Рост микроорганизмов. Роль биогенных элементов в развитии клетки. Круговорот биогенных элементов

Перечень контрольных вопросов:

1. Круговороты С, N, P
2. Стехиометрические основы круговорота

10 Кинетические характеристики.

Количественные аспекты микробиологических исследований
Математические модели для описания сложных систем.

Перечень контрольных вопросов:

1. Математические модели
2. Виды моделей

9 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)

9.1 Перечень необходимого программного обеспечения

9.1.1	Работа осуществляется при помощи широкого спектра лицензионных программных продуктов, закупленных по программе развития СФУ: Microsoft Office, Adobe Photoshop, CorelDRAW, Adobe Illustrator и др., а так же современных информационных технологий (электронные базы данных, Internet).
-------	---

9.2 Перечень необходимых информационных справочных систем

9.2.1	В рамках освоения дисциплины используется одна из крупнейших информационных систем в области биологии, медицины, биофизики Национального центра биотехнологической информации (National Center for Biotechnology Information (NCBI)), США (www.NCBI.nlm.nih.gov).
9.2.2	БД NCBI являются достаточно сложным инструментарием с разнообразным функционалом. Ниже приведено краткое описание основных БД NCBI, которые могут быть полезны при прохождении практики и подготовке отчета.
9.2.3	БД Nucleotide (http://www.NCBI.nlm.nih.gov/sites/Entrez?db=nucleotide) объединяет данные последовательностей нуклеиновых кислот из нескольких исходных БД, в том числе GenBank, RefSeq и др. Данные могут быть найдены по регистрационному номеру, имени автора, наименованию организма, генома/белка, а также ряду других параметров.
9.2.4	БД Protein (http://www.NCBI.nlm.nih.gov/sites/Entrez?db=protein) является коллекцией аминокислотных последовательностей из нескольких источников, в том числе из GenBank, RefSeq и TPA, а также SwissProt, PIR, PRF и PDB.
9.2.5	БД Structure (http://www.NCBI.nlm.nih.gov/Structure/index.shtml) организуют доступ к результатам молекулярного моделирования макромолекул и связанным с ними БД: трехмерных биомолекулярных структур полученных с помощью рентгеновской кристаллографии и ЯМР-спектроскопии; БД химических структур небольших органических молекул; к информации об их биологической активности и т. д.
9.2.6	БД Gene (http://www.NCBI.nlm.nih.gov/sites/Entrez?db=gene) представляет собой инструмент для просмотра данных из широкого спектра геномов. Каждая запись – это один из генов определенного организма. Минимальный набор данных в гене запись включает уникальный идентификатор, т. н. Gene-ID.
9.2.7	БД dbMHC (http://www.NCBI.nlm.nih.gov/gv/mhc/main.cgi?cmd=init) предоставляет открытую платформу, где научное сообщество может размещать, просматривать и редактировать данные Major Histocompatibility Complex (MHC) для человека. БД dbMHC полностью интегрирована с другими ресурсами NCBI, а также с Международной рабочей группой гистосовместимости (IHWG).
9.2.8	DbSNP (http://www.NCBI.nlm.nih.gov/SNP/) – БД одиночных нуклеотидных полиморфизмов, полиморфных повторяющихся элементов, включающая как гибридные данные, так и полученные только экспериментальным путем.
9.2.9	БД Reference Sequence (RefSeq) (http://www.NCBI.nlm.nih.gov/RefSeq/), содержащая последовательности, в том числе геномных ДНК, белков и т. д., является основой для проведения функциональных исследований, геномной идентификации, сравнительного анализа и т. п. В частности, релиз от 11.07.2012 включал в себя описания 16 393 342 белков и 17 605 организмов.
9.2.10	БД Genomic Biology представляет собой объединение нескольких ресурсов и инструментов геномной биологии, в том числе геномных карт для Fruit fly, Human, Malaria parasite, Mouse, Rat, Retroviruses, Zebra fish и т. д., которые дополнительно содержат ссылки на интернет-ресурсы и БД, касающиеся рассматриваемых видов.

9.2.1 1	В БД UniGene (http://www.NCBI.nlm.nih.gov/unigene/) полноразмерные mRNA последовательности организованы в уникальные кластеры, представляющие известные или предполагаемые гены. Для кластеров доступна информация по картированию, экспрессии и другие ресурсы.
9.2.1 2	HomoloGene (http://www.NCBI.nlm.nih.gov/homologene) – инструмент для автоматизированного выявления гомологов среди аннотированных генов, который сравнивает нуклеотидные последовательности между парами организмов в целях выявления предполагаемых ортологов.
9.2.1 3	GenBank (http://www.NCBI.nlm.nih.gov/genbank/index.html) – БД, содержащая доступные последовательности нуклеотидов для более чем 260 000 организмов, вся информация в генетическом банке данных сопровождается библиографическими ссылками и биологическими аннотациями. GenBank автоматически интегрирует информацию о геноме и БД белковых последовательностей для изучения, учитывая таксономию, геном, белковую структуру и другую информацию.
9.2.1 4	Объединяющим фактором и при этом крайне удобным инструментом поиска в NCBI является поисковая система Search NCBI databases (http://www.NCBI.nlm.nih.gov/sites/gquery). Она обеспечивает одновременный доступ как к нуклеотидным и белковым последовательностям (GenBank, EMBL, DDBJ, PIR-International, PRF, Swiss-Prot и PDB, GenPept, RPF), 3-мерным структурам и популяционным данным, так и к библиографическим БД (PubMed, PubMed Central и т. д.). Доступ к поисковой системе Search NCBI databases может быть легко получен с помощью прямого интернет-адреса (http://www.NCBI.nlm.nih.gov/gquery/) либо посредством использования стартовой страницы NCBI (http://www.NCBI.nlm.nih.gov/). На этой странице приведен полный перечень инструментария и БД NCBI и существует возможность получить доступ к любой из перечисленных БД.
9.2.1 5	Перечень основных БД (в алфавитном порядке), входящих в Search NCBI databases и их краткое описание приведены в таблице.

10 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Необходимое для реализации дисциплины «Большой биофизический практикум» материально-техническое обеспечение включает в себя:

- учебная аудитория, оборудованная аппаратно-программными комплексами «Малый презентационный комплекс», или «Доска обратной проекции», или «Средний презентационный комплекс»;
- компьютерный класс, укомплектованный современными компьютерами, на 15 рабочих мест с выходом в Интернет;
- лаборатория, оснащенная приборами для выполнения всех перечисленных лабораторных работ, зоной пробоподготовки, а также не менее 15-ю рабочими местами для студентов.