

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«ИНГУШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖД



Проректор по учебной раб

Ф.

мая 20

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Биофизика

(наименование дисциплины)

Основной профессиональной образовательной программы

Академического бакалавриата

06.03.01. биология

**Квалификация выпускника**

бакалавр

Форма обучения

очная

МАГАС, 2018 г.

Составитель рабочей программы

Ст.преп. кафедры теор.физики / Зурабов А-М.М. Зурабов А-М.М./

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры теоретической физики

Протокол заседания № 9 от « 14 » мая 2018 г.

Заведующий кафедрой

Ахриев А.С. / проф. Ахриев А.С./

Рабочая программа одобрена учебно-методическим советом физико-математического факультета.

Протокол заседания № 9 от « 16 » мая 2018 г.

Председатель учебно-методического совета

Танкиев И.А. / проф. Танкиев И.А. /

Программа рассмотрена на заседании Учебно-методического совета университета

протокол № 9 от « 24 » мая 2018 г.

Председатель Учебно-методического совета университета Хашагульгов Ш.Б. проф. Хашагульгов Ш.Б./

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Цель изучения дисциплины «Биофизика» состоит в том, чтобы представить физическую теорию как обобщение наблюдений, практического опыта и эксперимента с биологическими системами. Биофизическая теория выражает связи между физическими, химическими и биологическими явлениями и величинами в математической форме. Поэтому курс биофизики имеет два аспекта:

- он должен ознакомить студента с основными методами наблюдения, измерения и экспериментирования биологических систем, а также сопровождаться необходимыми биофизическими демонстрациями и лабораторными работами в общем биофизическом практикуме;

- курс не сводится к лишь к экспериментальному аспекту, а должен представлять собой биофизическую теорию в адекватной математической форме, чтобы научить студента использовать теоретические знания для решения практических задач, как в области биофизики, так и на междисциплинарных границах биофизики с другими областями знаний. Поэтому курс должен быть изложен на соответствующем математическом уровне и с достаточной широтой, позволяющей четко обозначить эти междисциплинарные границы.

Для достижения указанных целей необходимо;

- сообщить студенту основные принципы и законы биофизики и их математическое выражение;

- ознакомить его с основными биофизическими явлениями, методами их наблюдения и экспериментального исследования, с главными методами точного измерения биофизических величин, с простейшими методами обработки и анализа результатов эксперимента, с основными биофизическими приборами, с простейшими методами использования ЭВМ для обработки результатов эксперимента;

- сформировать у студента навыки экспериментальной работы, ознакомить его с основными принципами автоматизации биофизического эксперимента, научить правильно выражать биофизические идеи, количественно формулировать и решать биофизические задачи, оценивать порядки биофизических величин;

- дать студенту ясное представление о границах применимости биофизических моделей и гипотез;

- развить у него любознательность и интерес к изучению биофизики;

- дать студенту современное понимание основных этапов развития биофизики, её философских и методологических проблем.

## **2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО**

Дисциплина "Биофизика" входит в базовую часть дисциплин, цикл(раздел) к которому относится данная дисциплина (модуль)Б1.Б.16.2

**Таблица 2.1.**

Связь дисциплины «биофизика» с предшествующими дисциплинами и сроки их изучения

Код дисциплины	Дисциплины, предшествующие дисциплине «Биофизика»	Семестр
Б1.Б.8	Физика	4
Б1.Б.11	Общая биология	1,2

**Таблица 2.2.**

Связь дисциплины «Физика» с последующими дисциплинами и сроки их изучения

Код дисциплины	Дисциплины, следующие за дисциплиной «Биофизика»	Семестр
Б1.Б.17	Генетика и эволюция	5,6
Б1.В.ОД.15	Биология человека	6
Б1.Б.17.2	Теория эволюции	6

**Таблица 2.3.**

Связь дисциплины «Биофизика»

со смежными дисциплинами

Код дисциплины	Дисциплины, смежные с дисциплиной «Биофизика»	Семестр
Б1.Б.16	Биология клетки	5
Б1.В.ОД.17	Введение в биотехнологию	5

**3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ. ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ И КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ ПО ЗАВЕРШЕНИИ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих общекультурных, обще профессиональных и профессиональных компетенций:

<b>ОК-7</b>	Способность к самоорганизации и самообразованию.
<b>ОПК-2</b>	Способность использовать экологическую грамотность и базовые знания в области биофизики, физики, химии, биологии, науки о Земле и в жизненных ситуациях; прогнозировать последствия своей профессиональной деятельности, нести ответственность за свои решения.
<b>ОПК-6</b>	Способность применять современные экспериментальные методы работы с биологическими объектами в полевых и лабораторных условиях, навыки работы с современной биоаппаратурой.
<i><b>Знать:</b></i> принципы научной организации труда; методы и пути реализации выполняемой работы.(ОК-7)	
биологическую роль элементов и их соединений; экологическую роль микроорганизмов и вирусов в биосфере, основные характеристики Земли как планеты; биофизико-географическую характеристику материков и океанов; взаимосвязь биологических и геологических процессов, биофизических событий и эволюционных явлений; основные характеристики биологических структур, явлений и процессов.(ОПК-2);	
теоретические основы и практическое применение наиболее распространенных биологических и физико-химических методов, особенности устройства микроманипулятора; современные экспериментальные методы работы с биологическими объектами.(ОПК-6).	

**Таблица 3.1.**

**Матрица связи компетенций, формируемых на основе изучения дисциплины «Биофизика», с временными этапами освоения ее содержания**

<b>Б1.Б.8 ФИЗИКА</b>		
<b>ОК-7</b>	Способность к самоорганизации и самообразованию.	<p><i><b>Знать:</b></i> принципы научной организации труда; методы и пути реализации выполняемой работы.</p> <p><i><b>Уметь:</b></i> ставить цели и задачи для выполнения конкретных работ; проявлять настойчивость в достижении поставленных цели и задач; выстраивать</p>

		<p>перспективные линии саморазвития и самосовершенствования; приобретать новые знания, используя современные образовательные технологии; заботиться о качестве выполнения работы, анализировать научные проблемы.</p> <p><b>Владеть:</b> средствами самостоятельного достижения должного уровня подготовленности по дисциплине; профессиональным и социальным опытом, позволяющим при необходимости изменить профиль своей профессиональной деятельности; навыками выполнения научно-исследовательской работы.</p>
<p><b>ОПК-2</b></p>	<p>Способность использовать экологическую грамотность и базовые знания в области биофизики, физики, химии, биологии, науки о Земле и в жизненных ситуациях; прогнозировать последствия своей профессиональной деятельности, нести ответственность за свои решения.</p>	<p><b>Знать:</b> биологическую роль элементов и их соединений; экологическую роль микроорганизмов и вирусов в биосфере, основные характеристики Земли как планеты; биофизико-географическую характеристику материков и океанов; взаимосвязь биологических и геологических процессов, биофизических событий и эволюционных явлений; основные характеристики биологических структур, биофизических явлений и процессов.</p> <p><b>Уметь:</b> проявлять грамотность при формировании профессиональных суждений; отличать основные группы, классы, виды, популяции биосистем ; делать описание биосистем, погоды, климата, рельефа и гидрологии определенной территории; ориентироваться на местности, определять азимут объектов; обосновывать выбранные решения как биофизическое исследование..</p> <p><b>Владеть:</b> чувством ответственности за принятые решения; навыками обработки экспериментальных данных; информацией и междисциплинарными знаниями для проявления экологической грамотности и компетенции в отношении биообъектов.</p>
<p><b>ОПК-6</b></p>	<p>Способность применять современные экспериментальные методы работы с биологическими объектами в полевых и лабораторных условиях, навыки работы с современной биоаппаратурой.</p>	<p><b>Знать:</b> теоретические основы и практическое применение наиболее распространенных биологических и физико-химических методов, особенности устройства микроманипулятора; современные экспериментальные методы работы с биологическими объектами.</p> <p><b>Уметь:</b> применять современные экспериментальные методы работ с биологическими объектами; характеризовать основные формы эксперимента использовать знания о клеточной регуляции и применять освоенные биофизические методы изучения живых систем на практике.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками работы с современной биоаппаратурой; работы на современных биоприборах.</p>

Таблица 3.2

<b>ОК-7. Способность к самоорганизации и самообразованию</b>				
Уровень освоения компетенции	Описание признаков проявления	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)		
		Владеть	Уметь	Знать
1	2	3	4	5



<p>Высокий уровень компетентности</p>	<p>Способность критически оценивать и свободно излагать философские концепции</p>	<p>практически всеми навыками самостоятельно проводить анализ современного состояния общества с использованием современных информационных технологий; современными компьютерными и технологиями; навыками реферирования научной литературы навыками использования современных информационных технологий для приобретения новых знаний; средствами самостоятельно достижения должного уровня подготовленности по дисциплине; профессиональным и социальным опытом, позволяющим при необходимости изменить профиль своей</p>	<p>критически оценивать свой профессиональный и социальный опыт; ставить цели и задачи для выполнения конкретных работ; проявлять настойчивость в достижении поставленных целей и задач; доводить начатое до логического конца; выстраивать перспективные линии саморазвития и самосовершенствования; использовать современные информационные технологии для приобретения знаний по иностранному языку; приобретать новые знания, используя современные образовательные технологии; заботиться о качестве выполнения работы анализировать научные проблемы</p>	<p>принципы научной организации труда; методы и пути реализации выполняемой работы; перспективные линии интеллектуального, культурного и нравственного развития; социальную роль физической культуры в развитии личности и подготовке ее к профессиональной деятельности</p>
---------------------------------------	---	--	--	--

Базовый уровень	Способность сравнивать различные философские концепции	приемами поиска, систематизации и свободного изложения философского материала и методами сравнения	Уметь провести сравнение различных философских концепций по конкретной проблеме	Владеть навыками выражения и обоснования собственной позиции относительно современных социальных проблем и конкретных философских позиций
Минимальный уровень компетентности и	Способность понимать основные философские проблемы в контексте различных исторических типов и авторских подходов	Навыками работы с философскими источниками и критической литературой	Раскрыть смысл выдвигаемых идей. Представить рассматриваемые философские проблемы в развитии.	Основные философские категории и специфику их понимания в различных исторических типах философии и авторских подходах

Таблица 3.3

ОПК- 2	способность использовать экологическую грамотность и базовые знания в области биофизики, физики, химии, наук о Земле и биологии в жизненных ситуациях; прогнозировать последствия своей профессиональной деятельности, нести ответственность за свои решения			Название учебных дисциплин, курсов, модулей, практик участвующих в формировании данного уровня компетенции	
Уровень освоения компетенции	Описание признаков проявления	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного)			
		Владет	Уметь		Знать
1	2	3	4		5

<p>Высокий уровень компетентности</p>	<p>Способность критически оценивать, анализировать и свободно использовать высокий уровень знаний в области биофизики, физики, химии, наук о Земле и биологии в жизненных ситуациях;</p>	<p>знаниями демонстрирующим и экологическую грамотность и компетентность; терминологией по дисциплине; навыкам и обработке и экспериментальных данных; информацией о последствиях профессиональных ошибок.</p>	<p>решать типовые задачи; проводить биофизические измерения и обработку их результатов, работать с информацией из различных источников для решения профессиональных задач; давать оценку последствий воздействия мутагенов различной природы на организм человека.</p>	<p>основные законы, принципы экологии; взаимосвязь биологических и геологических процессов, биофизических событий и эволюционных явлений; основные характеристик биологических структур, явлений и процессов; основные понятия, модели и законы биомеханики, биоэлектричества и биомагнетизма, биофизики колебаний и волн, молекулярной биофизики и термодинамики</p>	<p>Биофизика, Биология, Физика, Химия, Науки о Земле (география, геология, почвоведение), Ботаника, Зоология, Микробиология, Генетика и селекция, Биология размножения и развития, Экология и рациональное природопользование, Основы биоэтики, Безопасность жизнедеятельности, Общая энтомология, Териология, Ботаническое ресурсоведение, Экология животных, Лекарственные растения, Фитоценология, Растительный покров Республики Ингушетия, Биологическое разнообразие, Гидробиология, Экология растений, Экологическая физиология растений, Фауна позвоночных Республики Ингушетия,</p>
---------------------------------------	--	--	--	---	--

<p>Базовый уровень</p>	<p>способность использовать экологическую грамотность и базовые знания в области биофизики, физики, химии, наук о Земле и биологии в жизненных ситуациях; прогнозировать последствия своей профессиональной деятельности, нести ответственность за свои решения.</p>	<p>терминологией по дисциплине; теоретическими знаниями и методическими приемами, информацией о последствиях профессиональных ошибок; экологической грамотностью;</p>	<p>проявлять экологическую грамотность при формировании профессиональных суждений; отличать основные классы, виды и популяции; делать описание биосистем, погоды, климата, рельефа и гидрологии определенной территории; ориентироваться на местности, определять азимут объектов при исследовании биосистем;</p>	<p>основные законы, принципы экологии; средства и методы повышения безопасности окружающей среды; факторы, разрушающие здоровье и мероприятия, необходимые по их устранению; основные характеристики Земли как планеты; биофизико-географическую характеристику материков и океанов; взаимосвязь биологических и</p>	<p>Биофизика, Биология, Физика, Химия, Науки о Земле (география, геология, почвоведение), Ботаника, Зоология, Микробиология, Генетика и селекция, Биология размножения и развития, Экология и рациональное природопользование, Основы биоэтики, Безопасность жизнедеятельности, Общая энтомология, Териология, Ботаническое ресурсоведение, Экология животных, Лекарственные растения, Фитоценология, Растительный покров Республики Ингушетия, Биологическое разнообразие, Гидробиология, Экология растений, Экологическая физиология растений,</p>
------------------------	--	---	---	--	--

<p>Минимальный уровень компетентности</p>	<p>Способность понимать основные экологические термины и понятия и умение использовать их в жизненных ситуациях.</p>	<p>терминологией по дисциплине; чувством ответственности за принятые решения; информацией и междисциплинарными знаниями для проявления экологической грамотности.</p>	<p>использовать теоретические и практические биофизические знания в жизненных ситуациях; прогнозировать возможные последствия своей профессиональной деятельности; обосновывать выбранные решения.</p>	<p>основные законы, принципы биофизики; важнейшие биофизические понятия и основные учения, биофизическую роль элементов их соединений, экологическую роль микроорганизмов и вирусов в биосфере, их медицинское и хозяйственное значение.</p>	<p>Биофизика, Биология, Физика, Химия, Науки о Земле (география, геология, почвоведение), Ботаника, Зоология, Микробиология, Генетика и селекция, Биология размножения и развития, Экология и рациональное природопользование, Основы биоэтики, Безопасность жизнедеятельности, Общая энтомология, Териология, Ботаническое ресурсоведение, Экология животных, Лекарственные растения, Фитоценология, Растительный покров Республики Ингушетия,</p>
---	--	---	--	--	---

Таблица 3.3

ОПК-6	способность применять современные экспериментальные методы работы с биологическими объектами в полевых и лабораторных условиях, навыки работы с современной биоаппаратурой				Название учебных дисциплин, курсов, модулей, практик участвующих в формировании данного уровня компетенции	
	Уровень освоения компетенции	Описание признаков проявления	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения)			
			Владеть	Уметь		Знать
1	2	3	4	5		
Высокий уровень компетентности	способность применять современные методы биологических исследований с использованием современной аппаратуры.	навыками работы с современной аппаратурой; современными методами изучения биологических свойств почв и растений и животных объектов, навыками обработки результатов экспериментов, навыками описания цитологических и гистологических препаратов.	самостоятельно осваивать современные экспериментальные методы исследований; применять освоенные биологические методы изучения живых систем на практике; характеризовать основные формы эксперимента использовать знания о клеточной регуляции и применять	современные методы работы с объектами мирового генофонда живых организмов; особенности улучшения химических свойств различных типов почв в связи с их использованием в растениеводческой и животноводческой деятельности;	Математика и математические методы в биофизике и биологии, физика, химия, общая химия, Ботаника, Зоология, Микробиология, Цитология и гистология, Физиология растений, Физиология человека и животных, Биофизика, Биохимия, Молекулярная биология, Концепции современного	

<p>Базовый уровень</p>	<p>способность применять современные экспериментальные методы работы с биологическими объектами в полевых и лабораторных условиях, навыки работы с современной аппаратурой</p>	<p>Навыками работы в современной лаборатории на современных приборах; основами современных биофизикохимических методов исследования; навыками обработки результатов экспериментов.</p>	<p>применять современные экспериментальные методы с биологическими объектами; использовать методы описания различных видов живых организмов и составлять отчет о проделанной лабораторной работе предсказывать свойства биологически важных органических соединений.</p>	<p>основные лабораторные или полевые методы исследования; современные экспериментальные методы работы с биологическими объектами; современное оборудование для изучения растений и животных в лабораторных условиях; методы исследования в развитии фундаментальны</p>	<p>Математика и математические методы в биофизике и биологии, физика, химия, общая химия, Ботаника, Зоология, Микробиология, Цитология и гистология, Физиология растений, Физиология человека и животных, Биофизика, Биохимия, Молекулярная биология, Концепции современного</p>
------------------------	--	--	--	--	--

<p>Минимальный уровень компетентности</p>	<p>способность применять экспериментальные методы работы с биологическими объектами в полевых и лабораторных условиях.</p>	<p>навыками работы в лаборатории; навыками работы с современным оборудованием для изучения заданного объекта; основными методами биофизических исследований.</p>	<p>работать с современным оборудованием и аппаратурой; готовить и микроскопировать препараты клеток растений, животных и грибов, а также готовить гистологические препараты.</p>	<p>теоретические основы и практическое применение наиболее распространенных биологических, химических, физико-химических методов анализа.</p>	<p>Математика и математические методы в биофизике и биологии, физика, химия, общая химия, Ботаника, Зоология, Микробиология, Цитология и гистология, Физиология растений, Физиология человека и животных, Биофизика, Биохимия, Молекулярная биология, Концепции современного естествознания, Аналитическая химия, Териология, Спец. Практикум, Физиология высшей нервной деятельности, Паразитология,</p>
---	--	--	--	---	---

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

В этом разделе приводится объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся. Эти обобщенные данные по объему учебной дисциплины приводятся в форме табл.4.1. В ней указывается полная трудоемкость



дисциплины в зачетных единицах (з.е.) и распределение трудоемкости по видам учебной работы и семестрам в академических часах.

	Всего	Порядковый номер семестра			
		4			
Общая трудоемкость дисциплины всего (в з.е.), в том числе:	4	4			
Курсовой проект (работа)					
Аудиторные занятия всего (в акад.часах), в том числе:	54	54			
Лекции	18	38			
Практические занятия, семинары					
Лабораторные работы	36	36			
Контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2			
Самостоятельная работа всего (в акад.часах), в том числе:	52	52			
Вид итоговой аттестации:					
Зачет/дифф.зачет	+	+			
Экзамен					
Контроль					
Общая трудоемкость дисциплины (часах)	108	108			

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.

### РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСОВ ДИСЦИПЛИНЫ

(по темам и видам работ)

№	Наименование разделов и тем	Всего часов	Л	ЛЗ	к с р	кр	СР
1	2	3	4	5	6	7	8
1	<u>Теоретическая биофизика. Кинетика биопроцессов. Модели биопроцессов. Стационарные состояния. Колебательные процессы в биологии.</u>	12	4	8			12
2	<u>Молекулярная биофизика. Термодинамика биопроцессов. Макромолекула как основа биоструктур. Переходы глобула-белок. Растворитель.</u>	12	4	8			12
3	<u>Биофизика клеточных процессов. Биополимеры. Биомембраны. Транспорт веществ. Биофизика биосистем.</u>	12	4	8			12
4	<u>Биофизика фото био процессов. Биофизика фотосинтеза. Метаболизм растений. Экологическая биофизика. Действие излучений.</u>	12	4	8			12
5	<u>Радиационная биофизика. Поглощение излучений. Ионизирующие</u>	6	2	4	2		4

	<u>излучения. Радиация.</u> <u>Облучения.</u>						
6	<b>ИТОГО</b>	<b>108</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	<b>2</b>		<b>52</b>

## 6. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ «БИОФИЗИКА»

### ТЕМА 1. Теоретическая биофизика.

Введение. Предмет и задачи биофизики. Биологические и физические процессы и закономерности в живых системах. История развития отечественной биофизики. Кинетика биопроцессов. Математические модели. Динамические модели биопроцессов. Стационарные состояния биосистем. Колебательные процессы в

### ТЕМА 2. Молекулярная биофизика.

Термодинамика биопроцессов. Законы термодинамики в биологии. Изменение энтропии в открытых системах. Термодинамика транспортных процессов. Устойчивость стационарных состояний. Макромолекула как основа организации биоструктур. Переходы глобула-белок. Взаимодействие макромолекул с растворителем. Динамические свойства белков. Электронные свойства биополимеров.

### ТЕМА 3. Биофизика клеточных процессов.

Биофизика мембранных процессов. Структура биомембран. Мембрана как компонент биосистем. Вода как элемент биомембран. Биофизика процессов транспорта веществ через биомембраны. Активный и пассивный транспорт. Биофизика сократительных систем. Биофизика рецепции зрения, вкуса и обоняния.

### ТЕМА 4. Биофизика фотобиологических процессов.

Взаимодействие квантов с молекулами. Биофизика фотосинтеза. Система регуляции метаболизма растений. Экологическая биофизика. Адаптация, устойчивость и надёжность биосистем. Действие оптического излучения. Адаптация живых организмов к внешней среде.

### ТЕМА 5. Радиационная биофизика.

Ионизирующие и неионизирующие излучения для исследования свойств молекул. Поглощение энергии ионизирующих излучений. Радиационная биофизика клетки и сложных систем. Лучевое поражение и облучение.

## 7. ПЛАН ЛЕКЦИЙ

№ лекции	№ темы	Т Е М ы
1	2	3
1		<b>РАЗДЕЛ I. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БИОМЕХАНИКИ</b>
	<b>I</b>	<b>Биокинематика материальной точки</b>
		1. Механическое движение – простейшая форма движения материи.
		2. Системы отсчета. Траектория. Перемещение. Путь.
		3. Скорость.
		4. Ускорение.
	<b>2</b>	<b>Биокинематика твёрдого тела</b>
		1. Поступательное движение твёрдого тела.
		2. Вращательное движение твёрдого тела вокруг неподвижной оси. Угловая скорость и угловое ускорение.
		3. Связь линейных и угловых величин.
2	3	<b>Биодинамика материальной точки и поступательного движения твёрдого тела</b>
		1. Первый закон Ньютона. Инерциальные системы отсчёта.
		2. Сила. Внутренняя и внешняя силы. Замкнутые системы. Масса. Центр инерции. Импульс.
		3. Второй закон Ньютона.
		4. Третий закон Ньютона. Закон движения центра масс.
		5. Закон сохранения импульса и его связь с однородностью пространства.
1	2	3
3	4	<b>Работа и механическая энергия</b>
		1. Энергия – универсальная мера различных форм движения и взаимодействия. Работа силы и её

		<p>выражение через криволинейный интеграл. Потенциальные и диссипативные силы. Мощность.</p> <p>2. Кинетическая энергия механической системы и её связь с работой внешних и внутренних сил, приложенных к ней.</p> <p>3. Потенциальная энергия.</p> <p>4. Закон сохранения механической энергии и его связь с однородностью времени. Диссипация энергии. Закон сохранения и превращения энергии (неуничтожимость материи и её движения).</p> <p>5. Удар абсолютно упругих и неупругих тел.</p>
<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Динамика вращения твёрдого тела</b>
		1. Момент силы, момент инерции и момент импульса тела относительно неподвижной оси вращения.
		2. Кинетическая энергия вращающегося тела.
		3. Основной закон динамики вращательного движения твёрдого тела относительно неподвижной оси.
		4. Закон сохранения момента импульса и его связь с изотропностью пространства.
		5. Неинерциальные системы отсчёта. Силы инерции (понятие).
		<b>РАЗДЕЛ II. ЭЛЕМЕНТЫ СПЕЦИАЛЬНОЙ (ЧАСТНОЙ) ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ</b>
<b>5</b>	<b>6</b>	<b>Элементы специальной (частной) теории относительности</b>
		1. Преобразования Галилея. Механический принцип относительности.
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
		2. Постулаты специальной теории относительности. Преобразования Лоренца. Понятие одновременности.
		3. Интервал между событиями и его инвариантность по отношению к выбору инерциальной системы отсчёта (без доказательства).

		4. Основной закон релятивистской динамики материальной точки. Релятивистская масса. Релятивистский импульс.
		5. Релятивистское выражение для кинетической энергии. Взаимосвязь массы и энергии.
		6. Понятие об общей теории относительности. Принцип эквивалентности.
		<b>РАЗДЕЛ III. БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ</b>
<b>6</b>	<b>8</b>	<b>Колебания</b>
		1. Гармонические колебания и их характеристики. Дифференциальные уравнения гармонических колебаний.
		2. Пружинный, математический и физический маятники.
		3. Энергия гармонических колебаний.
		4. Сложение гармонических колебаний одного направления и одинаковой частоты. Биения.
		5. Сложение взаимно перпендикулярных колебаний.
		6. Затухающие колебания. Аперiodический процесс.
		7. Вынужденные колебания. Резонанс.
<b>7</b>	<b>9</b>	<b>Волны в упругой среде</b>
		1. Механизм образования волн в упругой среде. Продольные и поперечные волны. Длина волны.
		2. Уравнение бегущей волны. Фазовая скорость. Дисперсия волн. Волновое уравнение.
		3. Принцип суперпозиции. Волновой пакет. Групповая скорость.
		4. Интерференция волн.
		5. Энергия волн. Вектор Умова.
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
		<b>РАЗДЕЛ IV. ОСНОВЫ МОЛЕКУЛЯРНОЙ БИОФИЗИКИ И ТЕРМОДИНАМИКИ</b>
<b>8</b>	<b>10</b>	<b>Молекулярно-кинетическая теория идеального газа</b>
		1. Статистический и термодинамический методы исследования. Термодинамическая система. Термодинамическое равновесие.

		2. Опытные законы идеального газа. Уравнение состояния идеального газа.
		3. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеальных газов.
		4. Средняя кинетическая энергия молекул. Молекулярно-кинетическое толкование абсолютной температуры. Постоянная Больцмана. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы.
9		5. Закон Максвелла для распределения молекул идеального газа по скоростям теплового движения.
		6. Барометрическая формула. Закон Больцмана для распределения частиц во внешнем потенциальном поле.
		7. Среднее число столкновений молекул и средняя длина свободного пробега молекул. Эффективный диаметр молекул.
		8. Явления переноса в термодинамических неравновесных процессах.
15	11	<b>Первый закон (первое начало) термодинамики</b>
		1. Внутренняя энергия системы. Внутренняя энергия идеального газа. Способы её изменения. Теплота и работа. Теплоёмкость.
		2. Работа идеального газа.
		3. Первый закон термодинамики и его применение к изопроцессам.
		4. Теплоёмкость идеального газа. Границы применимости закона (равномерного) распределения энергии по степеням свободы.
		5. Адиабатический процесс.
1	2	3
16	12	

		мики.
<b>18</b>	<b>13</b>	<b>Реальные газы</b>
		1. Сила и потенциальная энергия межмолекулярного взаимодействия.
		2. Уравнение Ван-дер-Ваальса.
		3. Изотермы реальных газов и их анализ. Понятие о фазовых переходах.
		4. Внутренняя энергия реального газа.

<b>№ лекции</b>	<b>№ темы</b>	<b>Т Е М Ы</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>1</b>	<b>14</b>	<b>РАЗДЕЛ V. БИОЭЛЕКТРОСТАТИКА</b>
		<b>Электрическое поле в вакууме</b>
		1. Элементарный заряд. Закон сохранения электрического заряда. Закон Кулона.
		2. Электрическое поле. Напряженность поля. Силовые линии.
		3. Поток вектора напряженности электрического поля. Теорема Остроградского-Гаусса для электростатического поля в вакууме.
<b>2</b>		4. Работа, совершаемая силами электростатического поля при перемещении в нём точечного заряда. Циркуляция вектора напряженности.









## **8. ПРОГРАММА ФИЗИЧЕСКОГО ПРАКТИКУМА**

### **ПО КУРСУ «БИОФИЗИКА»**

Биофизический практикум занимает важное место в общей системе университетской подготовки специалистов – биологов. Будучи неотъемлемой частью курса биофизики, практикум играет главную роль в ознакомлении студентов с экспериментальными основами фундаментальных физических законов и явлений и в привитии им навыков самостоятельной постановки и проведения современного физического эксперимента. Главными задачами практикума для студентов являются:

- научиться применять теоретический материал программных курсов к анализу конкретных физических ситуаций. Научиться измерять важнейшие физические константы и величины, ознакомиться с последними достижениями современной физики в точности их определения.

- ознакомиться с современными приборами и другой измерительной аппаратурой, изучить принципы их действия, получить общие сведения об областях их применения, сложности проведения измерений, точности получаемых величин и источниках вероятных ошибок.

- получить практические навыки в обращении с измерительной аппаратурой и экспериментальными установками. Ознакомиться с правилами техники безопасности при проведении экспериментальных исследований.

- научиться применять современные методы статистической обработки экспериментальных результатов, в том числе с применением ЭВМ, овладеть культурой записи полученной информации, правильным представлением полученных результатов в виде графиков, схем, таблиц

- ознакомиться с основными принципами автоматизации физического эксперимента.

В соответствии с сформулированными требованиями формулируются лабораторные работы и описания к ним. Последние содержат, как правило, три части: краткая теория исследуемого явления со ссылкой на доступные литературные источники: описание экспериментальной установки с изложением требований техники безопасности и описания отдельных упражнений с указанием формы представляемого отчета.

#### **8.1. Перечень лабораторных работ по курсу**

##### **«БИОФИЗИКА»**

##### **Биомеханика**

1. Введение в физический практикум. Обработка результатов физического эксперимента.
2. Определение объёмов тел правильной геометрической формы.
3. Изучение законов динамики на приборе Атвуда.
4. Определение момента инерции диска методом крутильных колебаний.
5. Изучение основного закона динамики вращательного движения твёрдого тела.
6. Определение модуля сдвига методом изгиба.
7. Определение скорости звука в воздухе.
8. Определение ускорения свободного падения математическим маятником.

### **Молекулярная биофизика**

9. Определение плотности твёрдого тела пикнометрическим методом.
10. Определение постоянной Больцмана.
11. Определение отношения теплоёмкостей газа  $\gamma = C_p / C_v$  методом Клеймана-Дезорма.
12. Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкости методом отрыва.  
Определение коэффициента вязкости жидкости методом Стокса.

### **Электричество и магнетизм.**

13. Изучение электроизмерительных приборов.
14. Изучение свойств сегнетоэлектриков.
15. Определение отношения заряда электрона к его массе методом магнетрона.
16. Изучение магнитного поля соленоида с помощью датчика Холла.
17. Изучение явления взаимной индукции.
18. Изучение тока в вакууме.
19. Изучение гистерезиса ферромагнитных материалов.
20. Изучение процессов заряда и разряда конденсатора.
21. Изучение электрических процессов в простых линейных цепях.
22. Изучение затухающих колебаний.
23. Изучение связанных контуров.
24. Измерение частоты методом двойной круговой развертки.

### **Оптика, атомная и ядерная физика**

25. Определение показателя преломления стекла с помощью микроскопа.

26. Определение радиуса кривизны сферических поверхностей тел с помощью колец Ньютона.
27. Определение глубины царапины поверхности.
28. Изучение спектра атома водорода.
29. Изучение абсолютно черного тела.
30. Определение резонансного потенциала методом Франка-Герца
31. Определение фокусных расстояний линз.
32. Изучение спектров поглощения прозрачных тел.
33. Изучение поляризованного света.
34. Определение длины световой волны с помощью дифракционной решетки.

## **9. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ**

### **ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ И ПОДГОТОВКИ К ЗАЧЕТУ И ЭКЗАМЕНУ**

1. Системы отсчета. Траектория. Перемещение. Путь.
2. Скорость.
3. Ускорение.
4. Поступательное движение твёрдого тела.
5. Вращательное движение твёрдого тела вокруг неподвижной оси. Угловая скорость и угловое ускорение.
6. Связь линейных и угловых величин.
7. Первый закон Ньютона. Инерциальные системы отсчёта.
8. Сила. Внутренняя и внешняя силы. Замкнутые системы. Масса. Центр инерции. Импульс.
9. Второй закон Ньютона.
10. Третий закон Ньютона. Закон движения центра масс.
11. Закон сохранения импульса и его связь с однородностью пространства.
12. Энергия – универсальная мера различных форм движения и взаимодействия. Работа силы и её выражение через криволинейный интеграл. Потенциальные и диссипативные силы. Мощность.
13. Кинетическая энергия механической системы и её связь с работой внешних и внутренних сил, приложенных к ней.
14. Потенциальная энергия.
15. Закон сохранения механической энергии и его связь с однородностью времени. Диссипация энергии. Закон сохранения и превращения энергии (неуничтожимость материи и её движения).
16. Удар абсолютно упругих и неупругих тел.

17. Момент силы, момент инерции и момент импульса тела относительно неподвижной оси вращения.
18. Кинетическая энергия вращающегося тела.
19. Основной закон динамики вращательного движения твёрдого тела относительно неподвижной оси.
20. Закон сохранения момента импульса и его связь с изотропностью пространства.
21. Неинерциальные системы отсчёта. Силы инерции (понятие).
22. Преобразования Галилея. Механический принцип относительности.
23. Постулаты специальной теории относительности. Преобразования Лоренца. Понятие одновременности.
24. Интервал между событиями и его инвариантность по отношению к выбору инерциальной системы отсчёта (без доказательства).
25. Основной закон релятивистской динамики материальной точки. Релятивистская масса. Релятивистский импульс.
26. Релятивистское выражение для кинетической энергии. Взаимосвязь массы и энергии.
27. Понятие об общей теории относительности. Принцип эквивалентности.
28. Гармонические колебания и их характеристики. Дифференциальные уравнения гармонических колебаний.
29. Пружинный, математический и физический маятники.
30. Энергия гармонических колебаний.
31. Сложение гармонических колебаний одного направления и одинаковой частоты. Биения.
32. Сложение взаимно перпендикулярных колебаний.
33. Затухающие колебания. Аперидический процесс.
34. Вынужденные колебания. Резонанс.
35. Механизм образования волн в упругой среде. Продольные и поперечные волны. Длина волны.
36. Уравнение бегущей волны. Фазовая скорость. Дисперсия волн. Волновое уравнение.
37. Принцип суперпозиции. Волновой пакет. Групповая скорость.
38. Интерференция волн.
39. Энергия волн. Вектор Умова.
40. Статистический и термодинамический методы исследования. Термодинамическая система. Термодинамическое равновесие.
41. Опытные законы идеального газа. Уравнение состояния идеального газа.
42. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеальных газов.
43. Средняя кинетическая энергия молекул. Молекулярно-кинетическое толкование абсолютной температуры. Постоянная Больцмана. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы.
44. Закон Максвелла для распределения молекул идеального газа по скоростям теплового движения.
45. Барометрическая формула. Закон Больцмана для распределения частиц во внешнем потенциальном поле.
46. Среднее число столкновений молекул и средняя длина свободного пробега молекул. Эффективный диаметр молекул.
47. Явления переноса в термодинамических неравновесных процессах.
48. Внутренняя энергия системы. Внутренняя энергия идеального газа. Способы её изменения. Теплота и работа. Теплоёмкость.

49. Работа идеального газа.
50. Первый закон термодинамики и его применение к изопротессам.
51. Теплоёмкость идеального газа. Границы применимости закона (равномерного) распределения энергии по степеням свободы.
52. Адиабатический процесс.
53. Обратимые и необратимые процессы. Круговой процесс(цикл). Тепловые и холодильные машины. Второе начало термодинамики.
54. Цикл Карно и его КПД (без вывода).
55. Энтропия.
56. Статистическое толкование второго начала термодинамики.
57. Сила и потенциальная энергия межмолекулярного взаимодействия.
58. Уравнение Ван-дер-Ваальса.
59. Изотермы реальных газов и их анализ. Понятие о фазовых переходах.
60. Внутренняя энергия реального газа.
61. Элементарный заряд. Закон сохранения электрического заряда. Закон Кулона.
62. Электрическое поле. Напряженность поля. Силовые линии.
63. Поток вектора напряженности электрического поля. Теорема Остроградского-Гаусса для электростатического поля в вакууме.
64. Работа, совершаемая силами электростатического поля при перемещении в нём точечного заряда. Циркуляция вектора напряженности.
65. Потенциал электростатического поля. Разность потенциалов.
66. Связь между напряженностью и потенциалом. Эквипотенциальные поверхности.
67. Типы диэлектриков. Поляризация диэлектриков. Поляризованность. Диэлектрическая восприимчивость.
68. Напряженность поля в диэлектрике. Диэлектрическая проницаемость.
69. Вектор электрического смещения. Теорема Остроградского-Гаусса для электростатического поля в диэлектрике. Преломление линий электрического смещения.
70. Сегнетоэлектрики.
71. Проводники в электростатическом поле. Напряженность поля вблизи заряженного проводника.
72. Электроёмкость уединенного проводника.
73. Конденсаторы.
74. Энергия заряженного проводника и заряженного конденсатора.
75. Энергия электростатического поля. Объёмная плотность энергии. Применение закона сохранения энергии к расчету пандоромоторных сил.
76. Понятие об электрическом токе. Условия существования тока. Сила и плотность тока.
77. Классическая электронная теория электропроводности металлов и её опытные обоснования.
78. Вывод закона Ома в дифференциальной форме из электронных представлений.
79. Затруднения электронной теории электропроводности металлов.
80. Сторонние силы. Обобщенный закон Ома в интегральной форме. Разность потенциалов. Электродвижущая сила. Напряжение.
81. Работа выхода электронов из металла. Термоэлектронная эмиссия.
82. Ток в газах.
83. Плазма. Основные свойства плазмы. Технические приложения к плазме.
84. Магнитная индукция. Закон Ампера. Силовые линии магнитного поля.



85. Закон Био-Савара-Лапласа и его применение к расчету магнитного поля: а) прямолинейного проводника с током; б) кругового тока.
86. Контур с током в магнитном поле. Магнитный момент витка с током.
87. Циркуляция вектора магнитной индукции. Закон полного тока для магнитного поля в вакууме (без вывода). Вихревой характер магнитного поля.
88. Магнитное поле длинного соленоида и тороида.
89. Действие магнитного поля на движущийся заряд. Сила Лоренца. Релятивистское толкование магнитного взаимодействия проводника током и движущегося электрического заряда. Ускорители, МГД - генераторы, масс-спектрометры, электронно-лучевые трубки.
90. Эффект Холла.
91. Магнитный поток. Теорема Остроградского-Гаусса для магнитного поля.
92. Работа перемещения проводника и контура с током в магнитном поле.
93. Магнитные моменты электронов и атомов.
94. Диа- и парамагнетизм. Намагниченность. Магнитная восприимчивость.
95. Микро- и макроток. Закон полного тока для магнитного поля в веществе.
96. Напряженность магнитного поля. Магнитная проницаемость.
97. Ферромагнетики и их свойства.
98. опыты Фарадея. Закон Ленца. Закон электромагнитной индукции и его вывод на основе закона сохранения энергии.
99. Вывод закона Фарадея на основе электронной теории.
100. Вращение рамки в магнитном поле.
  
102. Явление самоиндукции. Индуктивность.
  
103. Токи при замыкании и размыкании цепи.
  
104. Явление взаимной индукции. Взаимная индуктивность.
  
105. Энергия системы проводников с током. Объёмная плотность энергии магнитного поля.
  
106. Общая характеристика теории Максвелла. Первое уравнение Максвелла.
  
107. Ток смещения. Второе уравнение Максвелла.
  
108. Третье и четвертое уравнения Максвелла. Полная система уравнений Максвелла для электромагнитного поля.
  
109. Электрический колебательный контур. Собственные колебания контура.
  
110. Затухающие колебания.
  
111. Вынужденные колебания.
  
112. Дифференциальное уравнение электромагнитной волны. Свой-

ства электромагнитных волн.

113. Энергия электромагнитных волн. Вектор Умова-Пойтинга.
114. Излучение диполя.
115. Монохроматичность, временная и пространственная когерентность света.
116. Расчет интерференционной картины от двух когерентных источников.
117. Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракционная решетка.
118. Дифракция рентгеновских лучей на пространственной решетке.
119. Дисперсия света.
120. Эффект Доплера.
121. Естественный и поляризованный свет. Анализ поляризованного света. Закон Малюса. Поляризация при отражении. Закон Брюстера.
122. Двойное лучепреломление. Одноосные кристаллы. Поляроиды и поляризационные призмы.
123. Искусственная оптическая анизотропия.
124. Величины, характеризующие тепловое излучение. Абсолютно черное тело. Закон Кирхгофа.
125. Закон Стефана-Больцмана и Вина.
126. Квантовая гипотеза и формула Планка.
127. Оптическая пирометрия.
128. Внешний фотоэффект и его законы.
129. Фотоны. Уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта.
130. опыты Лебедева. Квантовое и волновое объяснение давления света.
131. Эффект Комптона и его теория.

132. Опытное обоснование корпускулярно-волнового дуализма свойств вещества. Формула де Бройля.
133. Соотношение неопределенностей Гейзенберга.
134. Волновая функция и её статистический смысл. Уравнение Шредингера.
135. Планетарная модель атома. Теория Бора для атома водорода и водородоподобного иона.
136. Стационарное уравнение Шредингера для электрона в атоме водорода. Главное, орбитальное и магнитное квантовые числа.
137. Спиновое квантовое число. Принцип Паули.
138. Понятие об энергетических уровнях молекул.
139. Спектры атомов и молекул.
140. Комбинационное рассеяние света.
141. Понятие о парамагнитном резонансе.
142. Поглощение света веществом. Спонтанное и вынужденное излучения. Принцип действия лазера.
143. Фононный газ. Квантовая теория теплоёмкости твёрдых тел Дебая.
144. Понятие о зонной теории твёрдых тел. Энергетические зоны. Металлы, диэлектрики и полупроводники по зонной теории.
145. Собственная и примесная проводимость полупроводников.
146. Люминесценция твёрдых тел.
147. Состав атомного ядра по Иваненко и Гейзенбергу. Основные свойства ядер.
148. Энергия связи ядра. Дефект массы.
149. Ядерные силы.
150. Естественная радиоактивность. Закономерности и происхождение.

ние  $\alpha$  -,  $\beta$  -, и  $\gamma$  – излучения.

151. Закон радиоактивного распада.
152. Взаимодействие  $\gamma$  – лучей с веществом.
153. Ядерные реакции и законы сохранения.
154. Реакция деления ядер. Цепная реакция деления. Понятие о ядерной энергетике.
155. Реакция синтеза атомных ядер. Проблема управляемых термоядерных реакций.
156. Элементарные частицы. Их классификация и взаимная превращаемость.
157. Четыре типа фундаментальных взаимодействий.
158. Понятие об основных проблемах современной физики и астрофизики.

## **10. РЕКОМЕНДУЕМЫ ЛЕКЦИОННЫЕ ДЕМОСТРАЦИИ**

### **ПО КУРСУ «БИОФИЗИКА»**

1. Приборы для измерения потенциала и заряда (электроскоп, электрометр, электростатический вольтметр).
2. Силовые линии электрического поля различных систем зарядов.
3. Исследование поля плазменным зондом или с помощью электропроводной бумаги (напряженность, эквипотенциальные поверхности).
4. Модели диэлектрика с полярными и неполярными молекулами.
5. Распределение зарядов и потенциала на поверхности проводника.
6. Поле вблизи поверхности проводника (силовые линии, истечение зарядов с острия, колесо Франклина).
7. Зависимость емкости конденсатора от его геометрических параметров и наличия диэлектрика.
8. Энергия заряженного конденсатора (свечение лампы, работа двигателя).
9. Падение потенциала вдоль проводника (однородного и неоднородного).
10. Зависимость сопротивления металлов, полупроводников и изоляторов (стекло) от температуры.
11. Тепловое действие тока; зависимость от параметров проводника; применение (нагревание цепочки металлов, модель плавкового предохранителя).
12. Взаимодействие параллельных токов.

13. Отклонение электронного пучка магнитным полем.
14. Опыты Эрстеда.
15. Магнитное поле различных конфигураций (опыт с железными опилками).
16. Закон Ампера.
17. Контур с током в однородном магнитном поле (момент сил, модель электродвигателя, измерение индукции магнитного поля).
18. Контур стоком в неоднородном магнитном поле (взаимодействие катушек).
19. Петля гистерезиса Ферромагнетика.
20. Точка Кюри.
21. Опыты Фарадея.
22. Закон электромагнитной индукции (проверка формулы).
23. Трансформатор Томсона (потокосцепление, работа трансформатора, тепловое и механическое действия индукционных токов).
24. Токи Фуко. Скин-эффект.
25. Закон самоиндукции (проверка формулы).
26. Переходные процессы в цепи с индуктивностью.
27. Энергия магнитного поля (свечение лампы за счет энергии, запасенной в индуктивности).
28. Индуктивность и емкость в цепи переменного тока. Фазовые и амплитудные соотношения.
29. Затухающие электромагнитные колебания.
30. Наблюдение и исследование резонанса в колебательном контуре.
31. Вихревое электрическое поле (опыты с трансформатором Тесла или электропроводной бумагой).
32. Круговая траектория электронов в магнитном поле.
33. Магнитная фокусировка.
34. Электронно-лучевые трубки с электростатическим и магнитным отклонением луча.

## **11. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

### **11.1. Основная**

1. Рубин. А. Б. Биофизика. Учебник в двух книгах. М. 2012.
2. Кудряшов Ю. Б. Беренфельд Б. С. Основы радиационной биофизики.. Учебник. 302 с. Издательство «Высшая школа», М., 2010.
3. И.В. Савельев. Курс общей физики «Курс общей физики». Изда-

- тельство «Наука», М., 2001.
4. Т.И. Трофимова. Курс общей физики «Курс общей физики». Издательство «Высшая школа», М., 2005.
  5. С.П. Стрелков и др. Сборник задач по общему курсу физики.
  6. А.Н. Матвеев, Д.Ф. Киселев. Общий физический практикум. МГУ, 1991.
  7. Физический практикум. Под ред. В.И. Ивероновой, М.: Физ-мат, 1976. 2ч.

### **11.2. Дополнительная**

1. С.Г. Калашников. Издательство «Наука», М., 1983. Лабораторные занятия по физике.
2. Учебное пособие. Под ред. Л.Л. М.: Наука, 1983. 704 с.

