

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Физический факультет  
Кафедра кристаллографии и экспериментальной физики

УТВЕРЖДЕНО  
решением ученого совета ННГУ  
протокол № 4 от «14» декабря 2021г.

**Рабочая программа модуля**  
**Физический практикум**

---

Уровень высшего образования  
бакалавриат

Направление подготовки: 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника  
Направленность (профиль): материалы микро- и наносистемной техники

Форма обучения: очная

Нижний Новгород, 2022

## 1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Модуль «Физический практикум» относится к обязательной части основной образовательной программы по направлению подготовки 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника», профиль подготовки «Материалы микро- и наносистемной техники». Дисциплины модуля являются базой, на основе которой в дальнейшем можно развивать более углубленное и детализированное изучение механики, термодинамики, электродинамики, оптики, атомной и ядерной физики в рамках цикла курсов по теоретической физике и специализированных курсов. Для усвоения данного курса необходимо знание основных физических законов и явлений в объеме школьного курса физики.

Цели освоения модуля. Модуль «Физический практикум» излагается на младших курсах и его главной целью является создание фундаментальной базы знаний физических явлений, законов, понятий известных и принятых в физике в настоящий момент и на их основе сформировать у студентов единую, стройную, логически непротиворечивую физическую картину окружающего нас мира природы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ОПК-1 Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования	ОПК-1.1. Знает фундаментальные законы физики и математики, методы математического анализа и моделирования.  ОПК-1.2 Умеет решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общеинженерных знаний.  ОПК-1.3. Имеет навыки применения физических законов и математических методов для решения задач профессиональной деятельности теоретического и прикладного характера	Знать фундаментальные законы механики, термодинамики, электродинамики, колебаний, волновой оптики.  Уметь применять законы классической физики и математические методы для анализа процессов, происходящих в различных физических процессах  Владеть навыками решения физических задач теоретического и прикладного характера	Комплект заданий к лабораторному практикуму.
ОПК-3 Способен проводить измерения и наблюдения,	ОПК-3.1. Знает основные методы и средства проведения экспериментальных	Знать основные методы и средства проведения экспериментальных исследований. Находить и	Комплект заданий к лабораторному

обрабатывать и представлять экспериментальные данные	<p>исследований, системы стандартизации и сертификации</p> <p>ОПК-3.2. Умеет выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования</p> <p>ОПК-3.3. Владеет способами обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений</p>	<p>критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной учебной задачи.</p> <p>Уметь выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования, рассматривать возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки. Уметь формулировать в рамках поставленной цели совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение</p> <p>Владеть способами обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений.</p>	практикуму.
--	--	---	-------------

### 3. Структура и содержание модуля "Физический практикум"

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

Общая трудоемкость	12 ЗЕТ
Часов по учебному плану	432
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лабораторного типа	256
самостоятельная работа	172 (работа в семестре) 4 (на подготовку к зачету)
Промежуточная аттестация	1-4 семестр – зачет

#### 3.2 содержание модуля «Физический практикум».

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по	Всего (часы)	В том числе	
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них	Самосто

дисциплине		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Консультации	Всего	
	1 семестр очная						
«Механика»							
Механика материальной точки	108			64		64	44
Итого	108			64		64	44
	2 семестр очная						
«Механика»							
Механика твердого тела	64			32		32	22
«Термодинамика и молекулярная физика»	64			32		32	22
Промежуточная аттестация -зачет							
Итого	108			64		64	44
	3 семестр очная						
«Электричество и магнетизм»	108			64		64	44
Промежуточная аттестация -зачет							
Итого	108			64		64	44
	4 семестр очная						
«Колебания и волны. Оптика»	108			64		64	44
Промежуточная аттестация -зачет							
Итого	108			64		64	44

## Содержание разделов модуля.

### Раздел «Механика» (Список лабораторных работ)

1. Измерительный приборы
2. Исследование столкновения шаров
3. Изучение колебательного движения. Математический маятник
4. Изучение упругих свойств твердых тел
5. Изучение законов движения с помощью машины Атвуда (настенный вариант)
6. Определение отношения заряда электрона к его массе
7. Пружинный маятник
8. Изучение вязкости жидкости
9. Определение момента инерции махового колеса
10. Определение моментов инерции твердых тел с помощью трифилярного подвеса
11. Исследование движения диска Максвелла
12. Маятник Обербека
13. Определение моментов инерции относительно нецентральных осей
14. Исследование динамики гироскопа
15. Физический маятник

### Раздел «Термодинамика и молекулярная физика» (Список лабораторных работ)

1. Определение адиабатической постоянной воздуха
2. Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкости
3. Статистические закономерности радиоактивности

#### ***Раздел «Электричество и магнетизм» (Список лабораторных работ)***

1. Определение отношения заряда электрона к массе методом мегатрона
2. Электроизмерительные приборы
3. Подтверждение закона Ампера
4. Изучение Магнитного потока прямолинейного проводника и проводящего витка
5. Вольтамперные характеристики проводников
6. Переходные процессы в электрических цепях
7. Правила Кирхгофа
8. Изменение тока в катушке индуктивности при включении и выключении постоянного тока
9. Исследование распределения магнитного поля вдоль оси соленоида
10. Определение параметра гальванометра
11. Индукция в переменном магнитном поле

#### ***Раздел «Колебания и волны. Оптика» (Список лабораторных работ)***

1. Приборы для изучения переменных электрических процессов
2. Фурье-анализ периодических сигналов
3. Электромагнитные колебания в двухпроводной линии Лехера
4. Колебания в линейных системах с двумя степенями свободы
5. Определение импеданса в цепях с конденсатором и омическим сопротивлением
6. Дифференцирующие и интегрирующие цепочки: практикум
7. Изучение интерференции света в схеме с бипризмой Френеля
8. Собственные колебания в контуре
9. Сложение ультразвуковых колебаний
10. Дифракция Фраунгофера от простейших преград
11. Дифракция Френеля от простейших преград
12. Изучение вынужденных колебаний в колебательном контуре

### **4. Образовательные технологии**

Занятия по дисциплине проходят в лабораториях физического практикума в форме практических занятий, на которых проводятся обсуждения рассматриваемых лабораторных работ, самостоятельного выполнения студентами лабораторных работ и защиты отчета по лабораторной работе. Самостоятельная работа включает в себя теоретическую подготовку к занятиям по материалам лекций и рекомендованной литературе, приведенной в конце данной программы.

### **5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.**

Самостоятельная работа студентов предусматривает изучение рекомендованной литературы и подготовку к выполнению лабораторных работ. Оценочные средства для контроля текущей успеваемости включают в себя устный опрос. Для контроля промежуточной аттестации по итогам освоения модуля «Общий физический практикум» используются отчеты по лабораторным работам.

### **Вопросы для контроля.**

#### ***Раздел «Механика»***

### Вопросы к лабораторной работе «Изучение вязкости жидкости»

1. Что такое число Рейнольдса и чем отличается турбулентное течение от ламинарного?
2. Найти зависимость скорости падающего шарика от времени для различных начальных условий?
3. Построить графики зависимостей  $a_x(t)$ ,  $v_x(t)$ ,  $x(t)$  для случаев:
  - 3.1 Шарик опускается в жидкость без начальной скорости
  - 3.2 Шарик падает в жидкость с начальной скоростью ( $v_0 > u$ ,  $v_0 = u$ ,  $v_0 < u$ ,  $u$  – установившаяся скорость)
4. Вывести формулы для определения времени установления скорости и пути, пройденного при этом шариком.
5. Чем объясняется изменение вязкости жидкостей в зависимости от температуры?
6. Каким образом можно оценить расстояние, на котором происходит установление скорости падения шарика в вязкой среде?

### Вопросы к лабораторной работе «Пружинный маятник»

1. Что такое упругие деформации? Какие законы справедливы в области упругих деформаций?
2. Что такое малые колебания? Какие условия должны при этом выполняться?
3. Получите уравнение гармонических колебаний пружинного маятника, исходя из закона сохранения энергии системы (без учета массы системы).
4. Каков физический смысл параметров затухания колебаний? Как их определить экспериментально?

### Вопросы к лабораторной работе «Изучение законов движения с помощью машины Атвуда»

1. Предложите методику по исследованию допущений:
  - 1.1. Сопротивлением воздуха можно пренебречь
  - 1.2. Трением в оси блока можно пренебречь.
2. Оцените величину силы трения в оси блока.
3. Найдите поправку, обусловленную трением в оси блока и его инертностью
4. Рассмотрите характер движения и начертите (качественно) график зависимости ускорения, скорости и координаты груза от времени, если трение между осью и блоком будет вязким.

### Вопросы к лабораторной работе «Изучение упругих свойств твердых тел»

1. Рассчитать, при какой нагрузке данная стальная проволока не выйдет из области линейной упругости
2. Постройте ход лучей в микроскопе. Укажите на этой схеме местонахождение окулярной шкалы

### Вопросы к лабораторной работе «Изучение колебательного движения. Математический маятник»

1. Оцените число колебаний, совершаемых маятником без существенного изменения амплитуды и число колебаний, совершаемых маятником почти до полной остановки. Как результаты этих измерений использовать при планировании и выборе методики выполнения последующих экспериментов и измерений?

2. Попробуйте получить уравнение движения маятника из закона сохранения энергии и уравнения затухающих колебаний, используя закон изменения энергии и выражение для силы сопротивления.
3. Для случая малых затуханий найдите относительную величину потерь механической энергии маятника за период. Установите связь этой величины с добротностью системы.

#### Вопросы к лабораторной работе «Исследование столкновения шаров»

1. Рассмотреть возможность применения закона сохранения импульса в данных опытах.
2. Выяснить причину потери кинетической энергии при ударе.
3. При  $m_1=m_2$  и  $V_2=0$  в случае абсолютно упругого удара скорость первого шара уменьшается до нуля, а второго возрастает до  $V_1$ . На некоторой стадии удара их скорости должны сравняться. Найти кинетическую энергию шаров в этот момент, сравнить ее с исходным значением и объяснить полученный результат.

#### Вопросы к лабораторной работе «Измерительные приборы»

1. Как сконструировать нониус, позволяющий повысить точность измерений с данным масштабом в  $n$  раз?
2. Как проводить измерения с помощью штангенциркуля и микрометра?
3. В чем разница между прямыми и косвенными измерениями?
4. Как определить абсолютную погрешность прямых измерений?
5. Как определить абсолютную погрешность косвенных измерений?

#### Вопросы к лабораторной работе «Определение момента инерции махового колеса»

1. Получите уравнение движения махового колеса и груза.
2. Как влияют на движение колеса его момент инерции, масса груза, радиус шкива? Поясните ответ графиками зависимости угловой скорости и углового ускорения колеса от времени.
3. Как изменится период колебаний физического маятника, если изменить диаметр колеса, не меняя массы? Если груз перенести ближе к оси? Если груз разделить пополам и закрепить на одном диаметре на одинаковых от оси расстояниях?

#### Вопросы к лабораторной работе «Маятник Обербека»

1. Укажите все силы, моменты которых создают угловое ускорение маятника Обербека, и направления моментов этих сил. Как изменяются направления сил и моментов сил при подъеме груза?
2. Почему при выполнении эксперимента маятник должен быть сбалансирован?
3. Как влияет на движение маятника радиус шкива? Ответ поясните графиком зависимости углового ускорения от радиуса шкива?
4. Начертите графики зависимости от времени ускорения, скорости и координаты груза, углового ускорения, угловой скорости и угла поворота маятника для нескольких циклов падения и подъема груза. Что происходит с ускорением груза в нижней точке? Почему?

### Вопросы к лабораторной работе «Определение моментов инерции относительно нецентральных осей»

1. Чем определяется величина угла, на который можно закручивать проволоку в данном опыте?
2. Какой силой можно удержать проволоку, закрученную на угол  $\alpha$ ?
3. Определить работу, которую нужно совершить, чтобы закрутить проволоку на угол  $\alpha$ . Получите выражение для потенциальной энергии закрученной проволоки.
4. Как изменяются угловое ускорение и угловая скорость платформы во время колебаний?

### Вопросы к лабораторной работе «Исследование динамики гироскопа»

1. Что такое гироскоп, прецессия гироскопа, нутация гироскопа?

### Вопросы к лабораторной работе «Физический маятник»

1. Получите уравнение колебаний физического маятника, используя закон сохранения энергии.
2. Рассчитайте момент инерции тонкого стержня. Чему равна приведенная длина для такого стержня?
3. Постройте качественно график зависимости  $T \cdot l$  от  $l^2$  ( $T$  – период физического маятника,  $l$  – расстояние от точки подвеса до центра масс физического маятника). Что он собой представляет? Как по нему определить ускорение свободного падения?
4. Что представляет собой график  $T(l)$ ? Постройте его качественно, объясните характер зависимости? Как по нему определить приведенную длину?
5. Опишите метод обратного маятника.

### Вопросы к лабораторной работе «Определение моментов инерции твердых тел с помощью трифилярного подвеса»

1. Предложите экспериментальный способ определения положения центра масс полудиска и реализуйте его.
2. Докажите, что кинетической энергией поступательного движения платформы можно пренебречь.
3. Вывести формулы для определения моментов инерции тел.
4. Рассчитать положение центра масс однородного полудиска.

### **Раздел «Термодинамика и молекулярная физика»**

#### Вопросы к лабораторной работе «Измерение теплоемкости твердых тел»

1. Почему отличаются теплоемкости  $C_V$  и  $C_P$  для газов? Чему равна их разница для идеального газа? В чем физический смысл универсальной газовой постоянной?
2. Почему различие теплоемкостей  $C_V$  и  $C_P$  для твердого тела мало?
3. Зачем измеряют теплоемкость?



#### Вопросы к лабораторной работе «Определение адиабатической постоянной воздуха»

1. Изобразите равновесные состояния, при которых проводились отсчеты и процессы перехода между ними в плоскостях  $(P, T)$ ,  $(V, T)$ .
2. Напишите уравнения кривых, изображающих эти процессы.
3. Оцените величину понижения температуры при адиабатическом расширении воздуха в опыте.
4. Почему с увеличением расстояния между динамиком и микрофоном вертикальный размер картины на экране осциллографа уменьшается, а горизонтальный остается неизменным?

#### Вопросы к лабораторной работе «Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкости»

1. Можно ли применяемыми в данной работе методами определить коэффициент поверхностного натяжения жидкости, не смачивающей стенки капилляра?
2. Используя данные опыта, оцените величину свободной энергии воды, связанной с наличием границы раздела вода-воздух?

#### Вопросы к лабораторной работе «Статистические закономерности радиоактивности»

1. Назовите основные типы и характеристики радиоактивного распада.
2. Что такое случайное событие и его вероятность?
3. Какие типы случайных величин вы знаете?

### ***Раздел «Электричество и магнетизм»***

#### Вопросы к лабораторной работе «Определение отношения заряда электрона к его массе методом мегатрона»

1. Какая сила действует со стороны магнитного поля на движущуюся частицу? Как она направлена?
2. В чем состоит метод мегатрона для определения отношения  $e/m$ ?
3. Найдите траекторию движения электрона в полях  $\vec{E}$  и  $\vec{B}$ , если индукция  $\vec{B}$  и напряженность  $\vec{E}$  однородных магнитного и электрического полей направлены вдоль оси  $Z$ . Электрон влетает под углом  $\alpha$  к оси  $Z$ .

#### Вопросы к лабораторной работе «Электроизмерительные приборы»

1. Уметь читать маркировку всех приборов, имеющихся в лаборатории.
2. Знать устройство и принцип действия:  
А) электроизмерительных приборов магнитоэлектрической, электромагнитной, электродинамической, и электростатической систем;  
Б) магазина сопротивлений;  
В) реостата
3. Знать и уметь рисовать схемы включения таких измерительных приборов: амперметров, вольтметров, ваттметров, реостата как постоянного сопротивления, реостата как потенциометра.
4. Уметь рассчитывать шунты и добавочные сопротивления.

5. Уметь правильно считывать результаты измерений и оценивать абсолютные и относительные погрешности.

#### Вопросы к лабораторной работе «Подтверждение закона Ампера»

1. Как определена в системе СИ единица силы тока?
2. Что такое магнитная индукция? Как определить ее направление? Что такое линии магнитной индукции?
3. Почему на элемент проводника с током со стороны магнитного потока действует сила?
4. Выведите закон Ампера.
5. Используя теорему о циркуляции вектора  $\mathbf{B}$ , получите формулу (2).
6. Выведите формулы для теоретических зависимостей, необходимых при выполнении задания №5 с учетом приведенного замечания.

#### Вопросы к лабораторной работе «Изучение магнитного поля»

1. Что такое магнитное поле? Как изобразить магнитное поле графически?
2. Физический смысл напряженности и индукции магнитного поля, единицы их измерения.
3. Изобразите силовые линии индукции магнитного поля кольцевого витка и соленоида конечной длины, по которым течет электрический ток.
4. Используя закон Био-Савара-Лапласа, рассчитать напряженность и индукцию прямолинейного провода, проводящего витка.

#### Вопросы к лабораторной работе «Вольтамперные характеристики проводников»

1. Применимы ли формулы  $Q=I^2Rt$  и  $Q=UIt$ , если под  $R$  понимать среднее сопротивление: дифференциальное сопротивление?
2. Как сопротивление металлов зависит от температуры?
3. Что такое люминесценция? Назовите и определите основные виды люминесценции.
4. Опишите газоразрядные процессы, происходящие в неоновой лампе до и после ее зажигания. Дайте определение тлеющего разряда. Почему в неоновой лампе газ должен находиться в разряженном состоянии?
5. Чем определяется тип полупроводников? Качественно постройте вольтамперную характеристику p-n-перехода для прямого и обратного постоянного тока. Постройте кривую зависимости силы тока от времени в случае, если на него подать переменное напряжение.
6. Зачем в схему для снятия вольтамперной характеристики иногда включают два потенциометра (например, рис.4)?

#### Вопросы к лабораторной работе «Переходные процессы в электрических цепях»

1. Дайте определение емкости проводника и конденсатора. Определите емкость системы 2-3 конденсаторов при их параллельном и последовательном соединении.
2. Дайте определение переходного процесса в электрической цепи. Приведите примеры.
3. Дайте теоретическое описание процесса разрядки конденсатора.
4. Составьте самостоятельно уравнение, описывающее процесс разрядки конденсатора. Найдите зависимость заряда на конденсаторе  $q$  и тока в цепи  $I$  от времени  $t$ .
5. Изобразите зависимости  $q(t)$  и  $I(t)$  при зарядке и разрядке конденсатора.
6. Выясните, какую роль играет величина сопротивления цепи при зарядке и разрядке конденсатора.
7. Каков физический смысл времени релаксации  $\tau$ ?

#### Вопросы к лабораторной работе «Правила Кирхгофа»

1. Как определить направления токов в отдельных ветвях, пользуясь графиком потенциала?
2. Как определить величину тока, пользуясь этим же графиком?
3. Какие силы поддерживают движение зарядов на различных участках цепи?
4. Начертите график изменения потенциала для контура ACDBMA при разомкнутых ключах.

Вопросы к лабораторной работе «Изменение тока в катушке индуктивности при включении и выключении постоянного тока»

1. В чем заключается явление электромагнитной индукции и самоиндукции?
2. Сформулируйте правило Ленца.
3. Какие токи называют квазистационарными?
4. Какой физический смысл имеет величина  $\tau$ ?
5. Изобразите зависимости  $I(t)$  для процессов замыкания и размыкания тока при разных значениях  $R$  и  $L$ .

Вопросы к лабораторной работе «Исследование распределения магнитного поля вдоль оси соленоида»

1. Запишите закон движения частицы в электрическом и магнитном поле при произвольном движении частицы, получите уравнения траекторий движения и изобразите их.
2. Запишите закон движения частицы в скрещенных электрическом и магнитном полях и получите уравнение траектории при условиях, когда
  - а) радиус кривизны много больше длины свободного пробега;
  - б) много меньше длины свободного пробега.
3. Каким образом кроме эффекта Холла можно определить магнитную индукцию?

Вопросы к лабораторной работе «Определение параметра гальванометра»

1. При каком соотношении длин отрезков струны  $l_1$  и  $l_2$  достигается наибольшая точность при определении внутреннего сопротивления гальванометра?
2. Нарушится ли равновесие моста, изображенного на рис.3, при изменении величины подведенного к нему напряжения?
3. Что нужно сделать, чтобы использовать исследуемый гальванометр как вольтметр со шкалой на 100 вольт?
4. Как из исследуемого гальванометра сделать амперметр со шкалой 5 ампер?

Вопросы к лабораторной работе «Индукция в переменном магнитном поле»

1. В чем заключается явление электромагнитной индукции Фарадея?
2. В чем заключается принцип Ле-Шателье и правило Ленца?
3. Как изменяется ток в первичной катушке со временем?
4. Как изменяется ЭДС индукции во вторичной катушке со временем?
5. Какова зависимость ЭДС индукции во вторичной катушке от тока в первичной катушке?
6. Как зависит ЭДС индукции во вторичной катушке от частоты напряжения, подаваемого на первичную катушку? Постройте эту зависимость качественно.
7. Как зависит ЭДС индукции во вторичной катушке от площади сечения катушки и числа витков? Постройте качественно эти зависимости.
8. Рассчитайте магнитное поле первичной катушки, используя теорему о циркуляции магнитного поля и принцип суперпозиции, сравните результаты. В последнем случае постройте зависимость  $B(x)$ , где  $x$  – положение центра вторичной катушки относительно осей первичной.

## **Разделы «Колебания и волны. Оптика»**

### **Вопросы к лабораторной работе «Приборы для изучения переменных электрических процессов»**

1. Что такое действующее (эффективное) значение электрического напряжения?
2. Выведите уравнения фигур Лиссажу при гармонических колебаниях одинаковой амплитуды с соотношением частот 1:1, 1:2, 1:3.

### **Вопросы к лабораторной работе «Фурье-Анализ периодических сигналов»**

1. Измерьте зависимости напряжения от времени всех 4 видов сигналов, формируемых генератором LD Didactic 522 56. Каждый вид сигнала получите при нескольких частотах и амплитудах напряжения.  
Получить осциллограммы этих же сигналов на электронном осциллографе. Определите частоты амплитуды сигналов с помощью осциллографа.
2. Измерьте зависимости напряжения от времени для синусоидальных сигналов не менее трёх различных частот. Частоты выберите из разных диапазонов (разные положения регулятора грубой регулировки частота генерируемого сигнала). Проведите эксперимент как с постоянной составляющей амплитуды выходного сигнала равной нулю, так и при отличных от нуля значениях. Получите частотные спектры измеренных сигналов. Определите частоты, на которых наблюдаются максимумы спектра.  
Как влияет наличие ненулевой постоянной составляющей амплитуды синусоидального выходного сигнала на его частотный спектр?  
Для получения корректных частотных спектров не забывайте задавать соответствующие эксперименту "Параметры измерения" в одноимённом диалоговом окне.
3. Для одного из синусоидальных сигналов получите значение определенного интеграла от напряжения по времени на четверти периода.
4. Получите частотные спектры нескольких несинусоидальных сигналов. Проведите сравнительный анализ всех полученных в работе спектров.

### **Вопросы к лабораторной работе «Электромагнитные волны в двухпроводной линии Лехера»**

1. Собрать установку под строгим контролем лаборанта или преподавателя. Подготовить необходимое оборудование для выполнения данной лабораторной работы: зонд, индукционную петлю, указательные стрелки, линейку, таблицы для записи результатов измерений.
2. Замкнуть концы проводников линии Лехера специальной проводящей перемычкой. С помощью зонда провести поиск узлов напряжения и с помощью индукционной петли - поиск узлов тока стоячей волны в короткозамкнутой линии Лехера по методике, описанной в разделах 4.2 и 4.3.
3. Убрать перемычку, замыкающие проводники линии Лехера, и аналогичным образом провести поиск узлов напряжения стоячие волны в открытой линии Лехера.
4. Подсоединить удлинитель к концам открытой линии Лехера. Зная, как провести поиск узлов напряжения и тока с помощью зонда индукционной петли по вышеописанной методике.
5. Пользуясь методикой, изложенные в разделе 4.5, вычислить оптимальное значение длины электромагнитной волны в линии Лехера, применив метод наименьших квадратов.

Рассчитать погрешность полученного значения длины волны. Вычисление провести для различных типов линии Лехера и проанализировать полученные результаты.

#### Вопросы к лабораторной работе «Колебания в линейных системах с двумя степенями свободы»

1. Определите коэффициент упругости пружины либо по периоду колебаний груза на пружине, либо используя закон Гука.
2. Рассчитайте и определите экспериментально частоты первой и второй мод для двух идентичных маятников, подобрав начальные условия возбуждения по отдельности. В качестве дополнительного задания определить коэффициент затухания для некоторых связей каждой из мод.
3. Получите экспериментальную зависимость амплитуды колебаний (биений) одного из маятников от времени для нескольких положений пружины связи. Начальные фазы и амплитуды колебаний взять равными.
4. Получите теоретическую зависимость амплитуды вынужденных колебаний одного из маятников в зависимости от частоты вынуждающей силы.
5. Экспериментально исследуйте зависимость амплитуды вынужденных колебаний одного из маятников (в установившемся режиме) от частоты вынуждающей силы. Исследования целесообразно начать с больших  $\omega$ . Сравните полученные результаты с расчётными.
6. Получите экспериментальные зависимости  $U_{c1}$  и  $U_{c2}$  от частоты для связанных контуров при двух значениях  $R < 10$  Ом. Сравните полученные результаты с расчётными.
7. Получите экспериментальную зависимость сдвига фаз между  $U_{c1}$  и  $U_{c2}$  от частоты. Сравните полученные результаты с теоретическими.

#### Вопросы к лабораторной работе «Определение импеданса в цепях с конденсатором и омическим сопротивлением»

1. Чему равны импедансы идеальной емкости  $C$ , индуктивности  $L$ , резистора  $R$ ?
2. Каковы правила сложения импедансов при последовательном и параллельном включении элементов цепи?
3. В каких пределах лежит сдвиг фаз между током и напряжением в рассмотренных цепях?

#### Вопросы к лабораторной работе «Дифференцирующие и интегрирующие цепочки»

1. Четырёхполюсник, изображенный на Рис.1 осуществляет интегрирование тем точнее, чем больше постоянная времени цепочки  $RC$ , а четырёхполюсник, изображенный на рис.2 осуществляет дифференцирование тем точнее, чем меньше  $RC$ . Почему нельзя взять в первом случае  $RC = \infty$ , а во втором  $RC = 0$ ?
2. Какому условию должен удовлетворять измерительный прибор, включенный на выход интегрирующего или дифференцирующего четырёхполюсника?

#### Вопросы к лабораторной работе «Изучение интерференции света в схеме с бипризмой Френеля»

1. Почему уширение щели приводит к исчезновению интерференционной картины, а удлинение щели не приводит? Как влияет на картину удлинение щели?

2. Какое число максимумов интерференции получится от двух точечных источников ( $\delta \gg \lambda$ )? Какова будет форма максимумов на плоском безграничном экране, расположенном:
  - а) Перпендикулярно к прямой, проходящей через источники. По одну сторону от обоих источников;
  - б) Параллельно прямой, проходящей через источники?
3. Как изменится интерференционная картина, если закрыть обе половинки бипризмы скрещенными поляроидами?

#### Вопросы к лабораторной работе «Собственные колебания в контуре»

1. Собрать схему, как указано на рис. 6. В качестве батареи Б использовать аккумулятор напряжением 4-6 вольт.
2. Включить осциллограф и питания реле и, регулируя вертикальное усиление, частоту развертки и синхронизацию, добиться на экране картины, подобной изображенной на рис. 7. Снять полученную картину на кальку при  $R_0 = 0$ .
3. Из полученного чертежа определить масштаб времени и период колебаний  $T$ . Измеряя экстремальные значения, определить декремент затухания  $d$ . Подумать, как использовать полученную осциллограмму, чтобы определить  $T$  и  $d$  с максимальной точностью.
4. Зная декремент затухания и "период" колебаний, рассчитать частоту  $\nu = \frac{1}{T}$ , круговую частоту  $\omega$ , добротность  $Q$ , коэффициент затухания  $\delta$ . Используя известную емкость конденсатора, вычислить индуктивность контура  $L$ , эквивалентное сопротивление потерь контура  $R$ , характеристическое и критическое сопротивление контура  $\rho$  и  $R_{кр}$ .
5. Измеряя сопротивление  $R_0$ , снять несколько осциллограмм для разных его значений, каждый раз производя измерения  $R_0$  при помощи омметра или мостика. Следует снять осциллограммы напряжения на конденсаторе  $V(t)$  для случаев, когда сопротивление контура  $R$  меньше критического, равно критическому и больше критического.
6. Получить на экране осциллографа и зарисовать на кальку несколько фазовых траекторий при различных значениях сопротивления  $R_0$ . Объяснить изменения, получаемое в фазовых траекториях.

#### Вопросы к лабораторной работе «Изучение вынужденных колебаний в колебательном контуре»

1. Постройте векторные диаграммы для напряжений и токов в контуре при частотах  $\omega < \omega_0$ ,  $\omega = \omega_0$ ,  $\omega > \omega_0$ .
2. Получите с помощью векторной диаграммы формулы  $I = \frac{\varepsilon}{\sqrt{r^2 + (\frac{1}{\omega C} - \omega L)^2}}$ ,  $tg\varphi = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{r}$ .
3. Почему при изменении частоты, чтобы поддерживать постоянной амплитуду напряжения на выходе звукового генератора, нужно изменить положение потенциометра, регулирующего величину выходного напряжения?
4. Определите, сколько времени устанавливаются колебания в изучаемом контуре.
5. Изобразите графически процесс установления колебаний в контуре при  $\omega = \omega_0$ , и  $\omega \neq \omega_0$ .

#### Вопросы к лабораторной работе «Сложение ультразвуковых колебаний»

1. Методом векторных диаграмм сложите два одинаково направленных гармонических колебания:  

$$S_1 = A_1 \sin(2\pi\nu_1 t + \varphi_1)$$

$$S_2 = A_2 \sin(2\pi\nu_2 t + \varphi_2)$$
2. Дайте определение когерентных колебаний. Докажите, что для когерентных колебаний справедливо равенство  $\nu_1 = \nu_2$ . Исследуйте зависимость амплитуды результирующего колебания от разности начальных фаз складываемых когерентных колебаний. (Использовать для расчётов аналитический метод и метод комплексных амплитуд)
3. Дайте определение времени когерентности двух складываемых колебаний.

#### Вопросы к лабораторной работе «Дифракция Фраунгофера от простейших преград»

1. Определение поляризации лазерного излучения
2. Определение длины волны лазерного излучения при помощи решётки с известным периодом  $d = 10^{-2}$  мм.
3. Дифракция Фраунгофера на щели
4. Опыт с двумя щелями
5. Измерение радиуса мелких круглых частиц
6. Дифракция Фраунгофера на круглом отверстии

#### Вопросы к лабораторной работе «Дифракция Френеля от простейших преград»

1. Сформулируйте принцип Гюйгенса-Френеля.
2. Сформулируйте методы сложения колебаний.
3. Оцените размеры зон Френеля.

### 6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине.

#### 6.1 Описание шкал оценивания

(ОПК-1) Способность использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности

Индикаторы компетенции	ОЦЕНКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено	Уровень знаний в объеме, соответствующем	Уровень знаний в объеме, соответствующем	Уровень знаний в объеме, соответствующем	Уровень

	материала.  Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	грубые ошибки.	много негрубых ошибки.	программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	программе подготовки, без ошибок.	Знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения.  Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи . Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения . Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствия владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки.  Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов .	Продemonстрированы творческий подход к решению нестандартных задач



	ие отказа обучаю щегося от ответа						
Шкала оценок по процент у правиль но выполне нных контрол ьных заданий	0 – 20 %	20 – 50 %	50 – 70 %	70-80 %	80 – 90 %	90 – 99 %	100%

(ОПК-3) Способность самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных

Индика торы компет енции	ОЦЕНКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ						
	плохо	неудовле творител ьно	удовлетв орительн о	хорошо	очень хорошо	отлично	прево сходн о
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретическ ого материа ла.  Невозможн ость оценить полноту знаний вследствие отказа обучающег ося от ответа	Уровень знаний ниже минимал ьных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимал ьно допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки.	Уровень знаний в объеме, соответствую щем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствую щем программе подготовки. Допущено несколько несуществен ных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствую щем программе подготовки, без ошибок.	Уровен ь знаний в объеме , превы шающе м програ мму подгот овки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимал ьных умений . Невозможн ость оценить наличие	При решении стандартны х задач не продемонст рированы основные	Продемонст рированы основные умения. Решены типовые задачи с	Продемонстр ированы все основные умения. Решены все основные задачи с	Продемонстр ированы все основные умения. Решены все основные задачи .	Продемонстр ированы все основные умения, реше ны все основные задачи с	Проде монстр ирован ы все основн ые умения

	умений вследствие отказа обучающегося от ответа	умения.  Имели место грубые ошибки.	негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме.	негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	отдельными несущественным недочетам и, выполнены все задания в полном объеме.	„ Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме.  Объем без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом . Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки.  Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки  при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки  при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки  при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	20 – 50 %	50 – 70 %	70-80 %	80 – 90 %	90 – 99 %	100%

## 6.2 Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по модулю, характеризующих этапы формирования компетенций.

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

- индивидуальное собеседование,
- письменные ответы на вопросы.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии: практические контрольные задания. Типы практических контрольных заданий:

- установление последовательности (описать алгоритм выполнения действия),
- указать возможное влияние факторов на последствия реализации умения и т.д.

### Критерии оценок зачета:

*зачтено* – успешное владение теоретическими аспектами проведения лабораторной работы, выполнение практических заданий, в рамках лабораторной работы, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, написанный отчет, удовлетворяющий требованиям.

*незачтено* – не владение теоретическими аспектами проведения лабораторной работы, не выполнение практических заданий, в рамках лабораторной работы, не написанный отчет, или отчет не удовлетворяющий требованиям.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение модуля «Физика»

а) основная литература:

### Раздел «Механика»

1. Матвеев А.Н. Механика и теория относительности. М.: Высшая школа, 1976.  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=239865> (33 экз)
2. Стрелков, С.П. Механика [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2005. — 560 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/589>
3. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т.1. Механика. М.: Наука, 1989.  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=465658> (129 экз)
4. Сборник задач по общему курсу физики. В 5 кн. Кн. I. Механика [Электронный ресурс] / Стрелков С.П., Сивухин Д.В., Угаров В.А., Яковлев И.А.; Под ред. И.А. Яковлева. - 5-е изд., стер. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2006. -  
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922106023.html>
5. Иродов, И.Е. Задачи по общей физике [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 416 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/71750>
6. Общий физический практикум. Механика: [учеб. пособие для физ. специальностей университетов]. - М.: Изд-во МГУ, 1991. - 269, [1] с.  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=10248> (19 экз)
7. Иверонова В.И. (ред.) Физический практикум. Механика и молекулярная физика (2-е изд.). М.: Наука, 1967 <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Iveronova1967ru.djvu>

### Раздел «Термодинамика и молекулярная физика»

1. Матвеев А.Н. Молекулярная физика. М.: Высшая школа, 1981.  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=259889&DB=1> (121 экз)
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т.2. Термодинамика и молекулярная физика. М.: Наука, 1990. <http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=66961&DB=1> (92 экз)
3. Сборник задач по общему курсу физики. Книга II. Термодинамика и молекулярная физика [Электронный ресурс] / Гинзбург В.Л., Левин Л.М., Сивухин Д. В., Яковлев И.А.; Под ред. Д. В. Сивухина. - 5-е изд., стер. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2006  
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922106031.html>

- Иродов, И.Е. Задачи по общей физике [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 416 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/71750>
- Иверонова В.И. (ред.) Физический практикум. Механика и молекулярная физика (2-е изд.). М.: Наука, 1967 <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Iveronova1967ru.djvu>

#### ***Раздел «Электричество и магнетизм»***

- Калашников С.Г. Электричество. М.: Наука, 1985.  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=78069&DB=1> (50 экз)
- Матвеев А.Н. Электричество и магнетизм. М.: Высшая школа, 1983.  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=301122> (199 экз)
- Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т.3. Электричество. М.: Наука, 1983.  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=66964&DB=1> (46 экз)
- Сборник задач по общему курсу физики. В 5 т. Книга III. Электричество и магнетизм [Электронный ресурс] / Стрелков С.П., Сивухин Д.В., Хайкин С.Э., Эльцин И.А., Яковлев И.А.; Под ред. И.А. Яковлева. - 5-е изд., с тер. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2006. - <http://www.studentlibrary.ru/book/5-9221-0604-X.html>

#### ***Разделы «Колебания и волны. Оптика»***

- Ландсберг Г. С. - Оптика: [для физ. специальностей вузов]. - М.: Наука, 1976. - 926 с.  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=81332&DB=1>
- Матвеев А.Н. Оптика. М.: Высшая школа, 1985.  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=342145&DB=1> (50 экз)
- Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т.4. Оптика. М.: Наука, 1980.  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=66967&DB=1> (58 экз)
- Физический практикум. Электричество и оптика. Под ред. Ивероновой В.И. М.: Наука, 1968. <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Iveronova1968ru.djvu>

б) дополнительная литература:

#### ***Раздел «Механика»***

- Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. М.: Мир, 1965-1967. Том 1. Современная наука о природе. Законы механики.  
[http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/FejnmanLejtonSends\\_t1\\_1965ru.djvu](http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/FejnmanLejtonSends_t1_1965ru.djvu)
- Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. М.: Мир, 1965-1967. Том 2. Пространство, время, движение.  
[http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/FejnmanLejtonSends\\_t2\\_1965ru.djvu](http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/FejnmanLejtonSends_t2_1965ru.djvu)
- Хайкин С.Э. Физические основы механики. М.: Наука, 1971.  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=240273> (50 экз)

#### ***Раздел «Термодинамика и молекулярная физика»***

- Базаров И.П. Термодинамика. М. Высшая школа, 1991.  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=430195&DB=1> (22 экз)
- Иродов И.Е. Физика макросистем. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010.  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=466672> (9 экз)

#### ***Раздел «Электричество и магнетизм»***

1. Тамм И.Е. Основы теории электричества. М. Наука, 1989.  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=85757> (41 экз)
2. Парселл Э. Электричество и магнетизм. М.: Наука, 1975.  
[http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Berkeley\\_t2\\_ru.djvu](http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Berkeley_t2_ru.djvu)
3. Фейнман Р. и др. Фейнмановские лекции по физике. Вып. 5. М.: Мир, 1977.  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=259679> (9 экз)
4. Фейнман Р. и др. Фейнмановские лекции по физике. Вып. 6. М.: Мир, 1977.  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=38018> (10 экз)
5. Фейнман Р. и др. Фейнмановские лекции по физике. Вып. 7. М.: Мир, 1977.  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=38019> (10 экз)

#### ***Разделы «Колебания и волны. Оптика»***

1. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. М. Наука, 1973.  
<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/BornVolf1973ru.djvu>
2. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. М.: Мир, 1965-1967. Том 3. Излучение. Волны. Кванты.  
[http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/FejzmanLejtonSends\\_t3\\_1965ru.djvu](http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/FejzmanLejtonSends_t3_1965ru.djvu)

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:  
<http://phys.unn.ru/library.asp?contenttype=Library>

#### **7. Материально-техническое обеспечение модуля «Физический практикум»**

- помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования и помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ННГУ;
- лабораторное оборудование

Программа составлена в соответствии с требованиями установленного ННГУ образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 28.03.01 "Нанотехнологии и микросистемная техника".

Авторы:

к.ф.-мат. наук, доценты кафедры  
КРЭФ

Е. В. Зайцева  
М.Р. Каткова  
М.О. Марычев

Рецензент:

заведующий кафедрой  
теоретической физики, д.ф.-м.н.

В.А. Бурдов

Заведующий кафедрой  
КРЭФ д.ф.-м.н. профессор

Е. В. Чупрунов

Программа одобрена на заседании Учебно-методической комиссии физического факультета ННГУ, протокол б/н от «14» декабря 2021 г.

Председатель  
Учебно-методической комиссии  
физического факультета ННГУ

А.А. Перов

ОПК-1 Способность использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности

Планируемые результаты обучения*(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
ЗНАТЬ фундаментальные понятия, законы и модели классической физики.	Отсутствие знаний	Фрагментарное знание фундаментальных понятий, законов и моделей классической физики.	В целом успешное знание фундаментальных понятий, законов и моделей классической физики	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание фундаментальных понятий, законов и моделей классической физики	Успешное и систематическое знание фундаментальных понятий, законов и моделей классической физики
УМЕТЬ: применять законы классической физики для анализа процессов, происходящих в различных физических процессах.	Отсутствие умений	Частично освоенное умение применять законы классической физики для анализа процессов, происходящих в различных физических процессах.	В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение применять законы классической физики для анализа процессов, происходящих в различных физических процессах	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение применять законы классической физики для анализа процессов, происходящих в различных физических процессах	Сформированное умение применять законы классической физики для анализа процессов, происходящих в различных физических процессах
ВЛАДЕТЬ: навыками решения задач, основываясь на знаниях, полученных в ходе освоения модуля..	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков решения задач, основываясь на знаниях, полученных в ходе освоения модуля.	В целом успешное, но не систематическое применение навыков решения задач, основываясь на знаниях, полученных в ходе освоения модуля	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков решения задач, основываясь на знаниях, полученных в ходе освоения модуля	Успешное и систематическое применение навыков решения задач, основываясь на знаниях, полученных в ходе освоения модуля

ОПК-3 Способность самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных

Планируемые результаты обучения*(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5

ЗНАТЬ: основные физические явления и законы.	Отсутствие знаний	Фрагментарное знание основных физических явлений и законов	В целом успешное знание основных физических явлений и законов	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание основных физических явлений и законов	Успешное и систематическое знание основных физических явлений и законов
УМЕТЬ: применять полученные знания для решения профессиональных задач.	Отсутствие умений	Частично освоенное умение применять полученные знания для решения профессиональных задач.	В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение применять полученные знания для решения профессиональных задач.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение применять полученные знания для решения профессиональных задач	Сформированное умение применять полученные знания для решения профессиональных задач
ВЛАДЕТЬ: основами классической физики и использовать их при проведении теоретических и экспериментальных физических исследований	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение основами классической физики и использовать их при проведении теоретических и экспериментальных физических исследований.	В целом успешное, но не систематическое применение основами классической физики и использовать их при проведении теоретических и экспериментальных физических исследований.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение основами классической физики и использовать их при проведении теоретических и экспериментальных физических исследований.	Успешное и систематическое применение основами классической физики и использовать их при проведении теоретических и экспериментальных физических исследований.