

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

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Саровский физико-технический институт -

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего
образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(СарФТИ НИЯУ МИФИ)

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра «Квантовой электроники»

УТВЕРЖДАЮ

Декан ФТФ, д.ф.-м.н.

_____ **А.К. Чернышев**

« ____ » _____ **2023 г.**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«ГАЗОДИНАМИЧЕСКИЕ ЛАЗЕРЫ»

наименование дисциплины

Направление подготовки (специальность)	<u>03.04.01 Прикладные математика и физика</u>
Наименование образовательной программы	<u>Квантовая оптика и лазерная физика</u>
Квалификация (степень) выпускника	<u>магистр</u>
Форма обучения	<u>очная</u>

Программа одобрена на заседании кафедры	Зав. кафедрой КЭ д.ф.-м.н., профессор
	_____ Ф.А. Стариков
<u>протокол №</u>	« ____ » _____ 2023г.

г. Саров, 2023 г.

Программа переутверждена на 202____/202____ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ на 202____/202____ учебный год.
Заведующий кафедрой Зав. кафедрой КЭ д.ф.-м.н., профессор Ф.А. Стариков

Программа переутверждена на 202____/202____ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ на 202____/202____ учебный год.
Заведующий кафедрой Зав. кафедрой КЭ д.ф.-м.н., профессор Ф.А. Стариков

Программа переутверждена на 202____/202____ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ на 202____/202____ учебный год.
Заведующий кафедрой Зав. кафедрой КЭ д.ф.-м.н., профессор Ф.А. Стариков

Программа переутверждена на 202____/202____ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ на 202____/202____ учебный год.
Заведующий кафедрой Зав. кафедрой КЭ д.ф.-м.н., профессор Ф.А. Стариков

Семестр	В форме практической подготовки	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	КР/ КРП	Форма(ы) контроля, экз./зач./ЗсО/
1	32	4	144	32	32	-	44	0	Э
ИТОГО	32	4	144	32	32	-	44	0	36

АННОТАЦИЯ

Курс опирается на материал следующих дисциплин, читаемых студентам физико-математических специальностей: гидродинамика, теория поля, статистическая физика и термодинамика, уравнения математической физики, квантовая механика, математический анализ, теория функций комплексного переменного.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель курса – дать в сжатой, но доступной форме для студентов первого курса магистратуры представление, во-первых, о классической газодинамике, во-вторых об особенностях движения неравновесных газов и лазерной кинетике и о влиянии газодинамических процессов на характеристики газовых лазеров, а также ознакомить будущих специалистов с экспериментальными исследованиями газодинамических и химических кислород-йодных лазеров.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

«Газодинамические лазеры» является вводным курсом в современную физическую газодинамику. Он предназначен для студентов, которые готовятся, в основном, как экспериментаторы - специалисты в области физики и техники лазеров и их приложений.

Курс опирается на материал следующих дисциплин, читаемых студентам физико-математических специальностей: гидродинамика, теория поля, статистическая физика и термодинамика, уравнения математической физики, квантовая механика, математический анализ, теория функций комплексного переменного.

Для успешного освоения дисциплины необходимы знания по курсам общей физики, теоретической физики и университетскому курсу математики. Необходимо знать дифференциальное и интегральное исчисление, методы решения дифференциальных уравнений, статистику и термодинамику. Необходимо ориентироваться в задачах газо и -гидродинамики, квантовой механики, термодинамики и статистической физики, знать основы лазерной физики.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Код и наименование общепрофессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции
ОПК-3 Способен в рамках своей профессиональной деятельности анализировать, выявлять, формализовать и находить решения фундаментальных и прикладных научно-технических, технологических и инновационных задач	З-ОПК-3 Знать современные методы анализа, обработки информации и решения фундаментальных и прикладных научно-технических, технологических и инновационных задач. У-ОПК-3 Уметь решать типовые задачи профессиональной деятельности с учетом основных требований информационной безопасности. В-ОПК-3 Владеть навыками использования современных методов анализа, обработки и формализации информации в сфере профессиональной деятельности, а также решения фундаментальных и прикладных научно-технических, технологических и инновационных задач
ОПК-4 Способен выбирать цели своей профессиональной деятельности и пути их достижения, осуществлять научный, технический, технологический и инновационный поиск, прогнозировать научные, производственные, технологические и социально-экономические последствия	З-ОПК-4 Знать современные методы анализа и научного, технического, технологического и инновационного поиска, прогноза научных, производственных, технологических и социально-экономических последствий. У-ОПК-4 Уметь выбирать цели своей профессиональной деятельности и пути их достижения, осуществлять научный, технический, технологический и инновационный поиск, уметь прогнозировать научные, производственные, технологические и социально-экономические последствия. В-ОПК-4 Владеть навыками использования современных методов анализа, обработки и формализации информации для осуществления научного, технического, технологического и инновационного поиска, а также прогноза научных, производственных, технологических и социально-экономических последствий

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ*

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	№ не- дели	Виды учебной работы					
			Лекции	Практ. заня- тия/ семинары	Лаб. работы	СРС	Текущий кон- троль (форма)*	Максимальный балл (см. п. 6.3)
			32	32	-	44		
Семестр №1								
1.	Название раздела							
1.1.	Тема1. Введение. Газоди- намика - наука о движе- нии газов.	1	1	1		2	УО	2
1.2.	Тема 2. Газовые лазеры, их типы.	2	1	1		2	УО	2
1.3	Тема 3. Одномерная газо- динамика.	3	1	1		2	УО	2
1.4	Тема 4. Некоторые фор- мулы термодинамики.	4	1	1		2	УО	2
1.5	Тема 5. Уравнение энер- гии в безразмерном виде.	5	2	2		2	УО	2
1.6	Тема 6. Уравнение энер- гии в механической фор- ме, уравнение Бернулли.	6	2	2		2	УО	2
1.7	Тема 7. Общая формула расхода.	7	2	2		4	УО	2
1.8	Тема 8. Соотношения на скачках уплотнения.	8	2	2		4	УО	2
Рубежный контроль		8	КР					5
2.								
2.1.	Тема 9 . Соотношения на косом скачке.	9	1	1		2	УО	2

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	№ не- дели	Виды учебной работы					
			Лекции	Практ. заня- тия/ семинары	Лаб. работы	СРС	Текущий кон- троль (форма)*	Максимальный балл (см. п. 6.3)
			32	32	-	44		
2.2.	Тема 10. Принцип дей- ствия газодинамических лазеров.	10	1	1		2	УО	2
2.3	Тема 11. Энергетические характеристики газодина- мических лазеров с зара- нее перемешанной сме- сью.	11	1	1		2	УО	2
2.4	Тема 12. Энергетические характеристики газодина- мических лазеров смесе- вого типа.	12	1	1		2	УО	2
2.5	Тема 13. Химико- газодинамические лазеры.	13	1	1		2	УО	2
2.6	Тема 14. Генераторы син- глетного кислорода. Принцип действия.	14	1	1		2	УО	2
2.7	Тема 15. Схемы организа- ции потоков жидкости и газов.	15	1	1		2	УО	2
2.8	Тема 16. Организация смещения потоков в хи- мических кислород- йодных лазерах.	16	1	1		2	УО	2
2.9	Тема 17. Энергетические характеристики химиче- ских кислород-йодных лазеров.	17	2	2		4	УО	4

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	№ не- дели	Виды учебной работы					
			Лекции	Практ. заня- тия/ семинары	Лаб. работы	СРС	Текущий кон- троль (форма)*	Максимальный балл (см. п. 6.3)
			32	32	-	44		
2.10	Тема 18. Перспективы развития химических йодных лазеров. Применения.	18	2	2	-	4	УО	4
Рубежный контроль		18	КР					2
Промежуточная аттестация		Экзамен/ Зачет / ЗсО					36 / 0	0 - 50
Посещаемость								5
Итого:								100

***Сокращение наименований форм текущего, рубежного и промежуточного контроля:**

УО – устный опрос

Контр. – контрольная работа

Тест – тестирование (письменный опрос)

ДЗ – домашнее задание

РГР – расчетно-графическая работа

Э/Зач/ЗсО – экзамен/зачет/зачет с оценкой и др.

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Лекционный курс

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	Название раздела 1	
1.1.	Тема1	Введение. Газодинамика - наука о движении газов. История создания классической газодинамики. Современная «физическая» газодинамика.
1.2.	Тема 2	Газовые лазеры, их типы. Роль газодинамики в лазерных процессах. Схема газодинамического лазера. История газодинамического лазера.
1.3	Тема 3.	Одномерная газодинамика. Уравнение сохранения массы. Уравнение сохранения энергии.
1.4	Тема 4.	Некоторые формулы термодинамики. Соотношение Роберта Майера. Адиабатический процесс. Уравнение Пуассона. Адиабатические соотношения. Выражение для скорости звука.
1.5	Тема 5.	Уравнение энергии в безразмерном виде. Число Маха. Коэффициент скорости. Изэнтропическое течение. Газодинамические функции.
1.6	Тема 6.	Уравнение энергии в механической форме, уравнение Бернулли. Функция приведенного расхода. Формула расхода. Измерение скорости потока с помощью трубки Пито. Применение формулы для давления в потоке.
1.7	Тема 7	Общая формула расхода. Закон сохранения импульса. Его применение.
1.8	Тема 8.	Соотношения на скачках уплотнения (ударных волнах). Потери полного давления в прямом скачке.
2.	Название раздела 2	
2.1.	Тема 9 .	Соотношения на косом скачке. Потери полного давления в косом скачке. Сопла для ускорения газового потока. Течение подогреваемого газа по трубе постоянного сечения.
2.2.	Тема 10.	Принцип действия газодинамических лазеров. Типы газодинамических лазеров. Газодинамические лазеры с заранее перемешанной смесью. Требования к соплам газодинамических лазеров. Представления о кинетике газодинамических лазеров на CO ₂ .
2.3	Тема 11.	Энергетические характеристики газодинамических лазеров с заранее перемешанной смесью. Принцип действия смесевых газодинамических лазеров. Требования к системам смешения и смесевым соплам.
2.4	Тема 12.	Энергетические характеристики газодинамических лазеров смесевых типа. Другие излучающие молекулы. Энергетические характеристики газодинамических лазеров на N ₂ O.
2.5	Тема 13.	Химико-газодинамические лазеры. Использование газодинамических процессов в химических лазерах. Принцип действия химического кислород-йодного лазера. Представление о кинетике.

2.6	Тема 14.	Генераторы синглетного кислорода. Принцип действия. Требования к генераторам синглетного кислорода.
2.7	Тема 15.	Схемы организации потоков жидкости и газов. Энергетические характеристики генераторов синглетного кислорода
2.8	Тема 16.	Организация смешения потоков в химических кислород-йодных лазерах. Влияние способов смешения на энергетические характеристики. Требования к организации смешения.
2.9	Тема 17.	Энергетические характеристики химических кислород-йодных лазеров. Зависимости лазерных характеристик от давления. Общие требования к конструкции химического кислород-йодного лазера.

Практические/семинарские занятия

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	Тема 1.	Применение законов сохранения для оценки параметров одномерных газовых потоков.
2.	Тема 2.	Использование газодинамических функций в задачах газодинамики.
3.	Тема 3	Оценка параметров течения с наличием скачков уплотнения.
4.	Тема 4	Оценка параметров конструкции газодинамических и химических кислород-йодных лазеров.

ИНТЕРАКТИВНЫЕ ФОРМЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Раздел учебной дисциплины	Интерактивная форма	Количество часов	Методы и средства контроля
Современная «физическая» газодинамика	Круглый стол, дискуссия	2	Оценка активности участия студента.
Типы генераторов синглетного кислорода. особенности потока релаксирующего газа	Мозговой штурм, круглый стол, дискуссия	2	Оценка активности участия студента.
Параметры лазерных установок, обзор истории газодинамических и химических кислород-йодных лазеров.	Круглый стол, дискуссия	2	Оценка активности участия студента.

Перспективы развития химических йодных лазеров. Современное состояние проблемы, как в России, так и в мире.	Круглый стол, дискуссия	2	Оценка активности участия студента.
---	-------------------------	---	-------------------------------------

Самостоятельная работа студентов (практическое домашнее задание)

Решение задач:

1. Построить положение звуковой волны в момент времени $t=1,2,3$ сек от ее возникновения для случаев, когда звук распространяется в среде, движущейся со скоростью: а) $V=0$, б) $V=$, в) , г) , где D – скорость звука. Определить положение огибающей звуковых волн.
2. Звук работы двигателя зарегистрирован через 2,15 сек после пролета самолета над пунктом регистрации. Определить скорость самолета, если высота полета км.
3. Определить максимальную скорость потока воздуха, при которой еще можно рассматривать воздух как несжимаемую жидкость, если допустимо пренебрегать изменением плотности до 1%. Параметры торможения стандартные на уровне моря.
4. На высоте км самолет достиг скорости 300м/сек. С какой скоростью происходит полет: с дозвуковой или сверхзвуковой?
5. До и после изэнтропического сжатия в некотором объеме воздуха произведены измерения скорости звука. Определить на сколько изменилась плотность воздуха, если скорость звука возросла на 3%. Определить изменение плотности воздуха после ударной волны, если скорость звука возросла на те же 3%.
6. В двух полетах на высоте 12 км махметр показывал число M полета 2.1. В первом случае температура воздуха отличалась от стандартной на $+15^\circ\text{C}$, в другом – на -15°C . найти разницу истинных воздушных скоростей в полетах.
7. В потоке без ударных волн махметр показывает в одной точке угол Маха $27,7^\circ$, в другой - $35,8^\circ$. Каково соотношение между статическими давлениями в этих точках?
8. Найти скорость звука, числа M и $\square$ для струи воздуха, вытекающей из баллона со скоростью, равной половине максимальной теоретической скорости истечения. Температура в баллоне 127°C .
9. Какую максимальную скорость воздуха можно получить в сверхзвуковой трубе без подогрева, если учесть, что воздух сжимается при 78°K ?
10. Построить зависимость скорости потока на выходе из сужающегося конического сопла от давления в баллоне (начиная от 10 атм абс.), если воздух истекает из баллона в атмосферу и температура воздуха в баллоне - 300°K .

11. Определить скорость самолета, температуру воздуха за бортом и высоту полета, если термодатчик, установленный на носу самолета показывает температуру T_0 , трубка Пито дает статическое и полное давления, соответственно, $P_{ст}$ и P_0 .
12. Вывести соотношения для определения скорости сверхзвукового самолета по показаниям датчика Пито. Написать программу (в MATCADe) для определения скорости.
13. Сопло Лавая работает в докритическом режиме. В минимальном сечении сопла $P_1=0,8$ ата, в среде, куда происходит истечение газа давление $P_a=1$ ата. Площади минимального и выходного сечений сопла равны $0,1\text{м}^2$ и $0,15\text{м}^2$, соответственно. Найти безразмерные скорости в минимальном и выходном сечениях.
14. Истечение воздуха из баллона в атмосферу происходит через сопло Лавая. Температура воздуха в баллоне равна 27°C , давление равно $0,5$ ати. Отношение выходной площади сопла к минимальной равно 2 . Определить скорость потока на выходе из сопла. Трением и другими потерями в сопле пренебречь.
15. Истечение воздуха из баллона в атмосферу происходит через сопло Лавая. Температура воздуха в баллоне равна 27°C , давление равно 10 ата. Отношение выходной площади сопла к минимальной равно 2 . Определить скорость потока и давление в струе на выходе из сопла. Трением и другими потерями в сопле пренебречь.
16. Оценить скорость охлаждения газа в потоке через сопло газодинамического лазера (в град/сек). Температура газа перед соплом $T_0=2673^\circ\text{C}$. Сопло рассчитано на число Маха $M=5,9$. Высота критического сечения сопла $h_{кр}=0,3\text{мм}$. Считать длину сопла равной $\sim 10h_{кр}$.

Вопросы к экзамену

Уравнение неразрывности.

1. Принцип действия газодинамического лазера смесового типа и его основные характеристики.
2. Закон сохранения энергии для струйки тока в одномерном течении.
3. Вывод формулы газового расхода для произвольного сечения.
4. Организация смешения газодинамических лазеров смесового типа и их достоинства и недостатки. Энергетические характеристики газодинамических лазеров смесового типа.
5. Газодинамические функции τ , π , ϵ , q , вывод.
6. Принцип действия кислород-йодного лазера и его основные характеристики.
7. Вывод выражения для скорости звука.
8. Принцип действия газодинамического лазера и его энергетические характеристики.
9. Генераторы синглетного кислорода

10. Вывод соотношения Роберта Майера.
11. Требования к системе смешения газовых лазеров смесового типа (газодинамических, химических).
12. Требования к организации потоков газа и жидкости в генераторах синглетного кислорода в химических кислород-йодных лазерах.
13. Доказать, что для достижения сверхзвуковой скорости газового потока без подогрева и совершения над ним работы необходимо сначала сужение, а потом расширение потока.
14. Типы генераторов синглетного кислорода в химических кислород-йодных лазерах и их характеристики.
15. Закон сохранения импульса. Следствие из закона сохранения импульса для течения в трубе постоянного сечения.
16. Способы организации смешения газов в газодинамических и химических газовых лазерах. Преимущества и недостатки.
17. Ударная адиабата. Вывод формулы.
18. Для чего нужен диффузор в газодинамических лазерах? На каком принципе он работает?
19. Вывод уравнения Бернулли.
20. Требования к генераторам синглетного кислорода в химических кислород-йодных лазерах.
21. Принцип действия химических кислород-йодных лазеров. Энергетические характеристики. Преимущества и недостатки по сравнению с лазерами других типов

4.3. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы студентов

1. Г.Н. Абрамович, «Прикладная газовая динамика», издание пятое, издательство «НАУКА», 1991.
2. Л.Д. Ландау «Механика сплошных сред», Москва, государственное издательство технико-теоретической литературы, 1954.
3. Г.Н. Абрамович, С.Ю. Крашенинников, А.Н. Секундов, И.П. Смирнова, «Турбулентное смешение газовых струй», издательство «НАУКА», 1974.
4. В.Е. Давидсон, «Основы газовой динамики в задачах». Москва, издательство «Высшая школа», 1965.
5. А.В. Елецкий, Б.М. Смирнов, «Газовые лазеры», Москва, Атомиздат, 1971.

6. Дж. Андерсон «Газодинамические лазеры: введение», Москва, издательство «Мир», 1979.
7. С.А. Лосев, «Газодинамические лазеры», издательство «НАУКА», 1977.
8. Ю.В. Лапин, «Турбулентный пограничный слой в сверхзвуковых потоках газа», издательство «НАУКА», 1982.
9. Р.И. Солоухин, Н.А. Фомин, «Газодинамические лазеры на смешении», Минск, издательство «Наука и техника», 1984.

Дополнительная литература

1. О.В. Ачасов, Н.Н. Кудрявцев, С.С. Новиков, Р.И. Солоухин, Н.А. Фомин, «Диагностика неравновесных состояний в молекулярных лазерах», Минск, издательство «Наука и техника». 1985.
2. Под редакцией F.Gross, J.F. Bott, «Химические лазеры» Издательство «Мир», Москва, 1980.
3. В.К.Аблеков, Ю.Н.Денисов, В.В.Прошкин, под редакцией академика В.С.Авдеевского «Химические лазеры», Атомиздат, Москва, 1980.
4. I.R. Hurler, A.Hertsberg, Physics of Fluids 8, № 9, 1601 (1965).
5. В.К.Конюхов, А.М.Прохоров Способ получения инверсии заселенности, Авторское свидетельство № 223954, приоритет от 19.11.1966, Бюллетень изобретений № 25 (1968).
6. McDermott, W.E., et al., An Electronic Transition Chemical Laser. Appl. Phys. Lett, 1978 32(8). p 469-470.
7. McDermott, W.E., et al., Efficient Operation of a 100-W Transverse Flow Oxygen-Iodine Chemical Laser. Applied Physics Letters, 1979 34 p 469-471
8. Truesdell K.A., Helms C.A. and Hager G.D. AIAA Paper № 94-2441, (1994).

РЕСУРСЫ ИНТЕРНЕТ

1. Федеральный портал «Российское образование» (<http://www.edu.ru>).
2. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» (<http://window.edu.ru>).
3. Сайт СарФТИ НИЯУ МИФИ (<http://sarfti.ru>), раздел «Учебно-методические пособия».
4. Виртуальная образовательная лаборатория (<http://www.virtulab.net>), раздел «Оптика».
5. Научно-образовательный портал «Вся физика» (<http://sfiz.ru>), раздел «Учебные материалы».

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

5.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Раздел	Темы занятий	Компетенция	Индикаторы освоения	Текущий контроль, неделя
Семестр 1				
Раздел 1	Тема 1	ОПК-3, ОПК-4	3-ОПК-3, У-ОПК-3, В-ОПК-3; 3-ОПК-4, У-ОПК-4, В-ОПК-4	УО
	Тема 2			
	Тема 3.			
	Тема 4.			
	Тема 5.			
	Тема 6.			
	Тема 7			
	Рубежный контроль	ОПК-3, ОПК-4	3-ОПК-3, У-ОПК-3, В-ОПК-3; 3-ОПК-4, У-ОПК-4, В-ОПК-4	Тест
Раздел 2	Тема 9 .	ОПК-3, ОПК-4	3-ОПК-3, У-ОПК-3, В-ОПК-3; 3-ОПК-4, У-ОПК-4, В-ОПК-4	УО
	Тема 10.			
	Тема 11.			
	Тема 12.			
	Тема 13.			
	Тема 14.			
	Тема 15.			
	Тема 16.			
	Тема 17.			
	Рубежный контроль	ОПК-3, ОПК-4	3-ОПК-3, У-ОПК-3, В-ОПК-3;	Тест
	Промежуточная аттестация	ОПК-3, ОПК-4	3-ОПК-4, У-ОПК-4, В-ОПК-4	Экзамен

5.3. Шкалы оценки образовательных достижений

Рейтинговая оценка знаний является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Результаты текущего контроля и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – «удовлетворительно»	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

7 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины производится на базе учебных лабораторий кафедры в СарФТИ НИЯУ МИФИ учебных корпусов... Основные лаборатории где проводятся практические , оснащены современным оборудованием, позволяющим проводить практические и лабораторные занятия. Выполнение практических работ, а также самостоятельной работы студентов осуществляется на рабочих местах оснащенных макетами ЛР с соответствующим комплектом средств измерений и объектами исследований. Здесь же проводятся консультации по текущим вопросам и по курсовому проектированию курсовых проектов.

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При чтении лекционного материала используется электронное сопровождение курса: справочно-иллюстративный материал воспроизводится и озвучивается в аудитории с использованием проектора и переносного компьютера в реальном времени. Электронный материал доступен студентам для использования и самостоятельного изучения на сайте кафедры.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО по направлению подготовки: 03.04.01 «Прикладные математика и физика», профиль подготовки: «Квантовая оптика и лазерная физика»

Автор(ы): доцент кафедры квантовой электроники

к.ф.-м.н. Б.А. Выскубенко

Рецензент(ы): Зав кафедрой КЭ

Ф.А. Стариков