

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы физики
и исследований им. Ландау
А.В. Рогачев**

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Семинар по электрофизике и физике плазмы
по направлению:	Фотоника и оптоинформатика
профиль подготовки:	Фотоника, квантовые технологии и двумерные материалы Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра электрофизики
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

- 1 (осенний) - Дифференцированный зачет
- 2 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

- лекции: 0 час.
- семинары: 60 час.
- лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 30 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составил: В.Н. Очкин, д-р физ.-мат. наук, профессор

Программа обсуждена на заседании кафедры электрофизики 14.06.2024

Аннотация

Семинар направлен на освоение студентами фундаментальных знаний в области электрофизики и физики плазмы, экспериментальных методов и приборов, используемых в научно-исследовательской работе, изучение способов создания лабораторных установок и с их помощью методов исследования физических процессов в конденсированном, газообразном состоянии вещества и плазмы, а также областей их практического применения. Задача семинара - формирование базовых знаний в области электрофизики и физики плазмы, как дисциплины, интегрирующей общезначимую и общетеоретическую подготовку физиков и обеспечивающей технологические основы современных инновационных сфер деятельности. Основная цель семинара - развить у студентов широкий научный кругозор и навыки кратко и ясно излагать суть решаемой задачи.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

Освоение студентами фундаментальных знаний в области электрофизики и физики плазмы, экспериментальных методов и приборов, используемых в научно-исследовательской работе, изучение способов создания лабораторных установок и с их помощью методов исследования физических процессов в конденсированном, газообразном состоянии вещества и плазмы, а также областей их практического применения.

Задачи дисциплины

- формирование базовых знаний в области электрофизики и физики плазмы, как дисциплины, интегрирующей общезначимую и общетеоретическую подготовку физиков и обеспечивающей технологические основы современных инновационных сфер деятельности;
- обучение студентов принципам создания оптических, лазерных, спектральных и электронно-пучковых устройств, выявление особенностей их функциональных характеристик;
- формирование подходов к выполнению исследований студентами в области оптических, фотоэлектронных, электрофизических измерений в рамках выполнения работ в лабораториях базовых предприятий;
- приобретение навыков применения полученных знаний в смежных и междисциплинарных научных областях.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в области фотоники и оптоинформатики
	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области своей профессиональной деятельности и их практическую значимость
	ОПК-2.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)
	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений

ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области физико-математических наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.1 Способен применять знания и навыки по использованию информационно-коммуникационных технологий для поиска и изучения научной литературы, применения прикладных программных продуктов
	ОПК-4.2 Способен применять знания в области физико-математических наук для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов
	ОПК-4.3 Способен аргументировано выбирать способ проведения научного исследования
ОПК-5 Способен и готов к повышению квалификации, профессиональному росту и руководству коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия	ОПК-5.1 Способен работать в коллективе, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия
	ОПК-5.3 Стремится к получению новых знаний, профессиональному и личностному росту
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований в области фотоники и оптоинформатики к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

фундаментальные понятия, законы, теории классической и современной физики;
порядки численных величин, характерные для различных разделов физики;
современные проблемы и методы физики и математики;
общие подходы к решению прикладных и теоретических задач физики и техники современного спектрального оборудования.

уметь:

абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;
пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных, прикладных задач и технологических задач;
делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
производить численные оценки по порядку величины;
делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
видеть физическое содержание в технических задачах;
осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики;
получать наилучшие значения параметров спектральных и иных электрофизических установок различного назначения и правильно оценивать степень их достоверности;
эффективно использовать полученные знания, имеющиеся методы решения задач экспериментальной физики для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

владеть:

навыками освоения большого объема информации;
навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;
культурой постановки и моделирования физических задач;
навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными;
практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач;
навыками теоретического анализа реальных задач, связанных с созданием современного спектрального и, прикладных и медицинских исследований.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Низкотемпературная плазма		3		2
2	Модели равновесия		3		2
3	Высокотемпературная плазма		4		1
4	Пинч-эффект		3		2
5	Ускорители заряженных частиц		4		2
6	Электронные и ионные ускорители		3		1
7	Диоды для формирования пучков		4		2
8	Физические процессы на поверхности		3		1
9	Сильноточные пучки в газе и плазме		3		2
10	Взаимодействия пучка с нейтральным газом		3		1
11	Излучение релятивистских частиц		4		2
12	Эффект Доплера		4		2
13	Излучение Вавилова-Черенкова		4		2
14	Ускорители заряженных частиц		4		2
15	Лазеры на свободных электронах		4		2
16	Насыщение и дифракционные эффекты		4		2
17	Волноводные свойства электронного пучка		3		2
Итого часов			60		30
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 1 (Осенний)

1. Низкотемпературная плазма

Понятие низкотемпературной плазмы, задачи диагностики. Равновесная плазма: распределения частиц по энергиям, плотности нейтральных и заряженных частиц, тепловое излучение.

2. Модели равновесия

Модели равновесия и связанные с ними параметры: локальное термическое равновесие, частичное локальное термическое равновесие (ЧЛТР), корональная модель (МКР), столкновительно–радиационная модель. Оптический спектр и плазменные параметры.

3. Высокотемпературная плазма

Плотная высокотемпературная плазма и инерциальный управляемый синтез. Сечения термоядерных реакций. Инерциальный термоядерный синтез.

4. Пинч-эффект

Пинч-эффект. Адиабатическое сжатие. Равновесие Беннета. Связь тока и температуры плазмы пинча.

5. Ускорители заряженных частиц

Ускорители заряженных частиц. Классификация. Применения. Сильноточные ускорители. Заряженная плазма. Основные понятия и характерные значения. Способы описания. Необходимость самосогласованного подхода.

6. Электронные и ионные ускорители

Сильноточные электронные и ионные ускорители. Узлы сильноточных ускорителей.

7. Диоды для формирования пучков

Схемы диодов для формирования пучков с различными параметрами. Физические модели. Основные факторы, влияющие на характеристики диодов и выбор моделей.

8. Физические процессы на поверхности

Физические процессы на поверхности. Типы эмиссии: термоэлектронная, автоэлектронная, взрывная электронная, фотоэлектронная, вторичная электронная эмиссии, эмиссия с поверхности сегнетоэлектриков.

9. Сильноточные пучки в газе и плазме

Сильноточные пучки в газе и плазме. Условия возникновения токовой нейтрализации пучка в плазме. Характерные масштабы процессов. Нестационарные явления при инжекции пучка в плазму.

Семестр: 2 (Весенний)

10. Взаимодействи пучка с нейтральным газом

Нестационарная ионизация при инжекции пучка в нейтральный газ. Физические процессы при взаимодействии пучка с нейтральным газом. Зарядовая и токовая нейтрализация пучка в газе.

11. Излучение релятивистских частиц

Монохроматическое электромагнитное излучение релятивистских частиц. Условие черенковского резонанса. Длина формирования. Излучение релятивистского осциллятора.

12. Эффект Доплера

Нормальный и аномальный эффект Доплера. Направленность и частотный спектр излучения релятивистских частиц в распределенных волноводных структурах.

13. Излучение Вавилова-Черенкова

Излучение равномерно движущегося заряда. Излучение Вавилова-Черенкова в однородной диспергирующей среде. Излучение в замагниченном плазменном волноводе.

14. Ускорители заряженных частиц

Переходное излучение. Собственные волны в периодических структурах и их возбуждение движущимся зарядом. Черенковское излучение в периодических структурах.

15. Лазеры на свободных электронах

Лазеры на свободных электронах. ЛСЭ – генератор: Структура поля в оптическом резонаторе. Коэффициент усиления и порог самовозбуждения.

16. Насыщение и дифракционные эффекты

Установившиеся колебания и выходная мощность. ЛСЭ – усилитель: Насыщение и дифракционные эффекты.

17. Волноводные свойства электронного пучка

Волноводные свойства электронного пучка. Режим усиления спонтанного излучения в непрерывном пучке и в коротком сгустке.

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Месяц Г. А. Исследования по генерированию наносекундных импульсов большой мощности. - М. ФИАН, 2014.

Дополнительная литература

1. Наноплазмоника [Текст]/В. В. Климов, -М., Физматлит, 2010

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

1. <http://lebedev.ru> – портал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н.Лебедева Российской академии наук.
2. <http://www.edu.ru> – федеральный портал «Российское образование».
3. <http://benran.ru> –библиотека по естественным наукам Российской академии наук.
4. <http://www.i-exam.ru> – единый портал Интернет-тестирования в сфере образования.
5. Болотовский Б. М. // УФН 2009, т. 179, №11. - с.1161.
6. Кардашев Н. С. // УФН 2009, т. 179, №11. - с. 1191.
7. Optics and Spectroscopy // 2015, Vol. 119, No. 3. - pp. 385–391. Pleiades Publishing, Ltd., 2015.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

На занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Студент, должен, с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять полученные знания на практике, что достигается систематической работой в лаборатории базовой организацией. Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента.

Показателем владения материалом служит умение подготовить презентацию доклада, четко и ясно донести его основное содержание, умение донести до аудитории суть решаемой в ходе работы физической задачи.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Фотоника и оптоинформатика
профиль подготовки:	Фотоника, квантовые технологии и двумерные материалы Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра электрофизики
курс:	<u>1</u>
квалификация:	магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

- 1 (осенний) - Дифференцированный зачет
- 2 (весенний) - Дифференцированный зачет

Разработчик: В.Н. Очкин, д-р физ.-мат. наук, профессор

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в области фотоники и оптоинформатики
	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области своей профессиональной деятельности и их практическую значимость
	ОПК-2.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)
	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области физико-математических наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.1 Способен применять знания и навыки по использованию информационно-коммуникационных технологий для поиска и изучения научной литературы, применения прикладных программных продуктов
	ОПК-4.2 Способен применять знания в области физико-математических наук для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов
	ОПК-4.3 Способен аргументировано выбирать способ проведения научного исследования
ОПК-5 Способен и готов к повышению квалификации, профессиональному росту и руководству коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия	ОПК-5.1 Способен работать в коллективе, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия
	ОПК-5.3 Стремится к получению новых знаний, профессиональному и личностному росту
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований в области фотоники и оптоинформатики к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Семинар по электрофизике и физике плазмы» обучающийся должен:

знать:

фундаментальные понятия, законы, теории классической и современной физики;
порядки численных величин, характерные для различных разделов физики;
современные проблемы и методы физики и математики;

общие подходы к решению прикладных и теоретических задач физики и техники
современного спектрального оборудования.

уметь:

абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;

пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных, прикладных задач и технологических задач;

делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;

производить численные оценки по порядку величины;

делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;

видеть физическое содержание в технических задачах;

осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики;

получать наилучшие значения параметров спектральных и иных электрофизических установок различного назначения и правильно оценивать степень их достоверности;

эффективно использовать полученные знания, имеющиеся методы решения задач экспериментальной физики для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

владеть:

навыками освоения большого объема информации;

навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;

культурой постановки и моделирования физических задач;

навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными;

практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач;

навыками теоретического анализа реальных задач, связанных с созданием современного спектрального и, прикладных и медицинских исследований.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится устный опрос в начале занятия или в конце занятия по пройденной теме.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Контроль знаний проводится в виде сдачи дифференцированного зачета, на которых студенту предлагается ответить на вопросы о ходе своей научной работы.

Перечень контрольных вопросов на 9 семестр:

1. Какая физическая проблема исследуется в научной группе?
2. Какие перспективы открывает решение данной проблемы?
3. Каковы возможные приложения решения данной проблемы?
4. Какая физическая задача решается в магистерской работе студента?
5. Относится ли эта задача к числу главных?
6. Какие теоретические подходы используются при решении данной задачи?
7. Какие вычислительные методы использованы при решении данной задачи?
8. Какое экспериментальное оборудование применяется при решении данной задачи, насколько оно современно?
9. Что собственно измеряется в эксперименте?
10. С какой точностью производятся измерения, какова природа возможных ошибок?

Перечень контрольных вопросов на 10 семестр:

1. В чем новизна решаемой задачи?
2. Каковы этапы работы?
3. Какие результаты удалось достичь в прошедшем семестре и каковы планы на текущий?
4. С какими проблемами пришлось столкнуться при решении задачи?

5. На каких научных конференциях представлялись материалы работы?
6. Возможны ли другие подходы к решению поставленной задачи?
7. Почему был выбран подход, реализуемый в магистерской работе студента?
8. В чем состоит личный вклад студента в решение задачи?
9. Что хотелось бы улучшить в системе подготовке магистров на кафедре электрофизике?
10. С какими научными группами в ФИАН и других научно-исследовательских институтах ведётся (возможно) взаимодействие по тематике исследований?

Критерии оценивания

Оценку «отлично (10)» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание исследуемой задачи, активно работавший на семинарских, лабораторных занятиях, разбирающийся в основных научных концепциях по изучаемым вопросам, проявивший творческие способности и научный подход в понимании и изложении материала, ответ отличается богатством и точностью использованных терминов, материал излагается последовательно и логично.

Оценку «отлично (9)» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание исследуемой задачи, активно работавший на семинарских, лабораторных занятиях, разбирающийся в основных научных концепциях по изучаемым вопросам, проявивший творческие способности и научный подход в понимании и изложении материала, ответ отличается точностью использованных терминов, материал излагается последовательно и логично.

Оценку «отлично (8)» заслуживает студент, обнаруживший систематическое и глубокое знание исследуемой задачи, активно работавший на семинарских, лабораторных занятиях, разбирающийся в основных научных концепциях по изучаемым вопросам, проявивший творческие способности и научный подход в понимании и изложении материала, ответ отличается точностью использованных терминов, материал излагается последовательно и логично.

Оценку «хорошо (7)» заслуживает студент, обнаруживший систематическое знание исследуемой задачи не допускающий в ответе существенных неточностей, работавший на семинарских, лабораторных занятиях, разбирающийся в основных научных концепциях по изучаемым вопросам, проявивший творческие способности и научный подход в понимании и изложении материала, материал излагается последовательно и логично.

Оценку «хорошо (6)» заслуживает студент, обнаруживший достаточно полное знание исследуемой задачи не допускающий в ответе существенных неточностей, работавший на семинарских, лабораторных занятиях, разбирающийся в основных научных концепциях по изучаемым вопросам, проявивший творческие способности и научный подход в понимании и изложении материала, материал излагается последовательно.

Оценку «хорошо (5)» заслуживает студент, обнаруживший знание исследуемой задачи не допускающий в ответе существенных неточностей, работавший на семинарских, лабораторных занятиях, разбирающийся в основных научных концепциях по изучаемым вопросам, проявивший научный подход в понимании и изложении материала, материал излагается последовательно.

Оценку «удовлетворительно (4)» заслуживает студент, обнаруживший знание основного учебно-программного материала в объёме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, не отличавшийся активностью на практических (семинарских) и лабораторных занятиях, но обладающий необходимыми знаниями для устранения под руководством преподавателя допущенных погрешностей.

Оценку «удовлетворительно (3)» заслуживает студент, обнаруживший знание основного учебно-программного материала в объёме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, не отличавшийся активностью на практических (семинарских) и лабораторных занятиях, самостоятельно выполнивший основные предусмотренные программой задания, однако допустивший погрешности при их выполнении, но обладающий необходимыми знаниями для устранения под руководством преподавателя наиболее существенных погрешностей.

Оценка «неудовлетворительно (2)» выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях или отсутствие знаний по значительной части основного учебно-программного материала, не выполнившему самостоятельно предусмотренные программой основные задания, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий, не отработавшему основные практические, семинарские, лабораторные занятия, допускающему существенные ошибки при ответе, и который не может продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. Оценка «неудовлетворительно (1)» выставляется студенту, не ответившему на заданные (отказ от ответа)

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

При проведении дифференцированного зачета обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося не должен превышать одного астрономического часа.