

ИНСТИТУТ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ЭЛЕКТРОНИКЕ, СПИНТРОНИКЕ И ФОТОНИКЕ

КАФЕДРА ФИЗИКИ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

ОДОБРЕНО НТС ИНТЭЛ

Протокол № 2

от 26.04.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

КОГЕРЕНТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ЭЛЕКТРОДИНАМИКЕ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 03.03.01 Прикладные математика и физика

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экс./зач./КР/КП
7	4	144	32	32	0		44	0	Э КП
Итого	4	144	32	32	0	10	44	0	

АННОТАЦИЯ

Курс физики когерентных явлений в электродинамике базируется на базовых принципах электродинамики, электромагнетизма и статистической физики, физики излучения заряженных частиц. Согласованное протекание в пространстве и во времени нескольких колебательных или волновых процессов, т.е. явление когерентности, не только обеспечивает большую интенсивность процессов (например, излучения), но и лежит в основе ряда фундаментальных физических явлений имеющих множество практических приложений, таких как интерферометрия, голография, лазеров традиционных и лазеров на свободных электронах, и других. В силу огромного количества практических приложений, нерешенных задач и возможностей, специалистам необходимо иметь четкое представление о характеристиках когерентных процессов, и владеть математическим аппаратом для описания когерентных явлений.

В рамках дисциплины студентам дается понятие о когерентности и ее типах, разбираются основные примеры когерентных и некогерентных явлений в физике. Главное внимание уделено описанию когерентных процессов с помощью базовых методов электродинамики. Дается анализ значимости рассматриваемых явлений в прикладных задачах современной электродинамики и физики излучения.

Курс рассчитан на подготовленных студентов, специализирующихся в области физики конденсированных сред. Курс представляет собой набор лекций, сопровождающихся практическими семинарскими занятиями для закрепления материала.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины являются:

- дать студентам представление о многообразии когерентных явлений, возникающих в физике конденсированных сред,
- познакомить с методами решения научных задач, возникающими в данной области физики,
- познакомить с новейшими тенденциями развития в области физики излучения заряженных частиц и ускорительной физики.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Предполагается, что студенты, приступающие к изучению данного курса, прослушали курсы общей физики, линейной алгебры, математического анализа, дифференциальных и интегральных уравнений, уравнений математической физики, а также курсы теоретической физики (механика, теория поля, квантовая механика); прослушали или слушают параллельно курс макроскопической электродинамики.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

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

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
научно-исследовательский			
Участие в проведении теоретических исследований, построении физических, математических и компьютерных моделей изучаемых процессов и явлений, в проведении аналитических исследований в предметной области по профилю специализации	Природные и социальные явления и процессы	ПК-4.1 [1] - Способен применять физико-теоретические концепции, аналитические методы, методы обработки экспериментальных данных в области физики конденсированных сред <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.044	З-ПК-4.1[1] - Знать физико-теоретические концепции, аналитические методы, методы обработки экспериментальных данных в области физики конденсированных сред; У-ПК-4.1[1] - Уметь применять физико-теоретические концепции, аналитические методы, методы обработки экспериментальных данных в области физики конденсированных сред; В-ПК-4.1[1] - Владеть аналитическими методами, методами обработки экспериментальных данных в области физики конденсированных сред
Участие в проведении теоретических исследований, построении физических, математических и компьютерных моделей изучаемых процессов и явлений, в проведении	Природные и социальные явления и процессы	ПК-4.2 [1] - Способен применять методы математической и теоретической физики, методы математического и компьютерного моделирования процессов в области физики конденсированных сред	З-ПК-4.2[1] - Знать методы математической и теоретической физики, методы математического и компьютерного моделирования процессов в области физики

аналитических исследований в предметной области по профилю специализации		<p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.044</p>	<p>конденсированных сред; У-ПК-4.2[1] - Уметь применять методы математической и теоретической физики, методы математического и компьютерного моделирования процессов в области физики конденсированных сред; В-ПК-4.2[1] - Владеть методами математической и теоретической физики, методами математического и компьютерного моделирования процессов в области физики конденсированных сред</p>
--	--	---	--

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия (В17)	<p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования чувства личной ответственности за достижение лидерства России в ведущих научно-технических секторах и фундаментальных исследованиях, обеспечивающих ее экономическое развитие и внешнюю безопасность, посредством контекстного обучения, обсуждения социальной и практической значимости результатов научных исследований и технологических разработок. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования социальной ответственности</p>

		ученого за результаты исследований и их последствия, развития исследовательских качеств посредством выполнения учебно-исследовательских заданий, ориентированных на изучение и проверку научных фактов, критический анализ публикаций в профессиональной области, вовлечения в реальные междисциплинарные научно-исследовательские проекты.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (B18)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (B19)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик «Научно-исследовательская работа», «Проектная практика», «Научный семинар» для: - формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин "История науки и инженерии", "Критическое мышление и основы научной коммуникации", "Введение в специальность", "Научно-исследовательская работа", "Научный семинар" для: - формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных

		бесед; - формирования критического мышления, умения рассматривать различные исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок появления тех или иных открытий и теорий.
--	--	--

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>7 Семестр</i>						
1	Математический аппарат для описания когерентных явлений	1-8	16/16/0	T-8 (25)	25	КИ-8	З-ПК-4.1, У-ПК-4.1, В-ПК-4.1, З-ПК-4.2, У-ПК-4.2, В-ПК-4.2
2	Явления когерентности в излучении	9-16	16/16/0	T-16 (25)	25	КИ-16	З-ПК-4.1, У-ПК-4.1, В-ПК-4.1, З-ПК-

							4.2, У- ПК- 4.2, В- ПК- 4.2
	<i>Итого за 7 Семестр</i>		32/32/0		50		
	Контрольные мероприятия за 7 Семестр				50	Э, КП	3-ПК- 4.1, У- ПК- 4.1, В- ПК- 4.1, 3-ПК- 4.1, У- ПК- 4.1, В- ПК- 4.1, 3-ПК- 4.2, У- ПК- 4.2, В- ПК- 4.2

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
Т	Тестирование
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен
КП	Курсовой проект

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>7 Семестр</i>	32	32	0

1-8	Математический аппарат для описания когерентных явлений	16	16	0
1	Вводная лекция: электромагнитный спектр, типы излучения. Электромагнитный спектр. Рентгеновский, оптический, терагерцовый диапазоны частот. Излучение заряженных частиц движущихся с ускорением и без ускорения в вакууме или среде.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
2	Понятие и типы когерентности Понятие когерентности. Типы когерентности. Примеры когерентных и некогерентных явлений в физике. Голография.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
3	Уравнения Максвелла. Фурье преобразования Уравнения Максвелла. Фурье преобразования	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
4	Основные характеристики частицы, среды, излучения Энергия частицы, Лоренц-фактор. Функция диэлектрической проницаемости среды. Интенсивность излучения, спектрально-угловая плотность, число излучаемых фотонов.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
5	Закон Кулона, собственное поле заряженной частицы Закон Кулона. Собственное поле заряженной частицы в вакууме и в среде. Лоренцево сокращение.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
6	Дифракционное излучение, длина когерентности Процесс возбуждения дифракционного излучения на неоднородности мишени. Длина когерентности (формирования). Поля дифракционного излучения. Спектрально-угловая плотность излучения. Основные характеристики дифракционного излучения.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
7	Когерентность, обусловленная сгустком заряженных частиц Энергия, ток, размер сгустков заряженных частиц. Функции распределения частиц в сгустке. Поляризационный механизм излучения (качественно). Модулированные сгустки заряженных частиц.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
8	Синхротронное излучение, форм-фактор для синхротронного излучения Синхротронное излучение. Вывод выражения для форм-фактора в синхротронном излучении.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	Явления когерентности в излучении	16	16	0
9	Форм-фактор сгустка заряженных частиц Форм-фактор сгустка заряженных частиц в поляризованном излучении. Расчет форм-фактора сгустка с различными типами распределения частиц.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
10	Переходное излучение на одной границе раздела сред Процесс возбуждения переходного излучения на одной границе раздела двух сред. Выражение для поля переходного излучения. Основные характеристики переходного излучения.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0

11	Когерентность, обусловленная периодичностью мишени, эффекты когерентности в переходном излучении Возбуждение переходного излучения на стопке пластин. Выражения для поля излучения, основные характеристики излучения.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
0	0	0		
12	Диагностика сгустков заряженных частиц. Невозмущающая диагностика сгустков заряженных частиц Невозмущающая диагностика сгустков заряженных частиц на основе дифракционного излучения. Детекторы на переходном излучении. Детекторы на черенковском излучении.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
0	0	0		
13	Эффекты когерентности в излучении Смита-Парселла Процесс возбуждения излучения Смита-Парселла. Выражения для поля излучения. Спектрально-угловая плотность излучения. Дисперсионное соотношение для излучения Смита-Парселла. Практические применения излучения Смита-Парселла.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
0	0	0		
14	Конический эффект в излучении Смита-Парселла Эффект конической дифракции в теории рассеяния света. Конический эффект в излучении Смита-Парселла.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
0	0	0		
15 - 16	Ондулятор: устройство, типы, дисперсионное соотношение Ондулятор: устройство, типы. Лазер на свободных электронах. Применение и примеры ЛСЭ. Дисперсионное соотношение ондуляторного излучения.	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
0	0	0		

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>7 Семестр</i>
1	Вводная лекция: электромагнитный спектр, типы излучения. Электромагнитный спектр. Рентгеновский, оптический, терагерцовый диапазоны частот. Излучение заряженных

	частиц движущихся с ускорением и без ускорения в вакууме или среде.
2	Понятие и типы когерентности Понятие когерентности. Типы когерентности. Примеры когерентных и некогерентных явлений в физике. Голография.
3	Уравнения Максвелла. Фурье преобразования Уравнения Максвелла. Фурье преобразования
4	Основные характеристики частицы, среды, излучения Энергия частицы, Лоренц-фактор. Функция диэлектрической проницаемости среды. Интенсивность излучения, спектрально-угловая плотность, число излучаемых фотонов.
5	Закон Кулона, собственное поле заряженной частицы Закон Кулона. Собственное поле заряженной частицы в вакууме и в среде. Лоренцево сокращение.
6	Дифракционное излучение, длина когерентности Процесс возбуждения дифракционного излучения на неоднородности мишени. Длина когерентности (формирования). Поля дифракционного излучения. Спектрально-угловая плотность излучения. Основные характеристики дифракционного излучения.
7	Когерентность, обусловленная сгустком заряженных частиц Энергия, ток, размер сгустков заряженных частиц. Функции распределения частиц в сгустке. Поляризационный механизм излучения (качественно). Модулированные сгустки заряженных частиц.
8	Синхротронное излучение, форм-фактор для синхротронного излучения Синхротронное излучение. Вывод выражения для форм-фактора в синхротронном излучении.
9	Форм-фактор сгустка заряженных частиц Форм-фактор сгустка заряженных частиц в поляризованном излучении. Расчет форм-фактора сгустка с различными типами распределения частиц.
10	Переходное излучение на одной границе раздела сред Процесс возбуждения переходного излучения на одной границе раздела двух сред. Выражение для поля переходного излучения. Основные характеристики переходного излучения.
11	Когерентность, обусловленная периодичностью мишени, эффекты когерентности в переходном излучении Возбуждение переходного излучения на стопке пластин. Выражения для поля излучения, основные характеристики излучения.
12	Диагностика сгустков заряженных частиц. Невозмущающая диагностика сгустков заряженных частиц Невозмущающая диагностика сгустков заряженных частиц на основе дифракционного излучения. Детекторы на

	переходном излучении. Детекторы на черенковском излучении.
13	Эффекты когерентности в излучении Смита-Парселла Процесс возбуждения излучения Смита-Парселла. Выражения для поля излучения. Спектрально-угловая плотность излучения. Дисперсионное соотношение для излучения Смита-Парселла. Практические применения излучения Смита-Парселла.
14	Конический эффект в излучении Смита-Парселла Эффект конической дифракции в теории рассеяния света. Конический эффект в излучении Смита-Парселла.
15	Ондулятор: устройство, типы, дисперсионное соотношение Ондулятор: устройство, типы. Лазер на свободных электронах. Применение и примеры ЛСЭ. Дисперсионное соотношение ондуляторного излучения.
16	Ондулятор: устройство, типы, дисперсионное соотношение Ондулятор: устройство, типы. Лазер на свободных электронах. Применение и примеры ЛСЭ. Дисперсионное соотношение ондуляторного излучения.

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации программы используются следующие технологии:

лекции по курсу традиционного типа, с применением проектора и презентаций по избранным темам;

семинары – практическая работа по решению задач, с опорой на лекционный материал, для наилучшего его усвоения;

самостоятельная работа студентов;

курсовой проект.

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

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

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ПК-4.1	З-ПК-4.1	КП, Э, КИ-8, КИ-16, Т-8, Т-16
	У-ПК-4.1	КП, Э, КИ-8, КИ-16, Т-8, Т-16
	В-ПК-4.1	КП, Э, КИ-8, КИ-16, Т-8, Т-16
ПК-4.2	З-ПК-4.2	КП, КИ-8, КИ-16, Т-8, Т-16
	У-ПК-4.2	КП, КИ-8, КИ-16, Т-8, Т-16
	В-ПК-4.2	КП, КИ-8, КИ-16, Т-8, Т-16

Шкалы оценки образовательных достижений

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 твёрдо 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.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ L12 Classical Electrodynamics : From Image Charges to the Photon Mass and Magnetic Monopoles, Cham: Springer International Publishing, 2016

2. ЭИ N74 Theoretical Physics 3 : Electrodynamics, Cham: Springer International Publishing, 2016
3. ЭИ Б 82 Лазеры: устройство и действие : , Санкт-Петербург: Лань, 2022
4. 53 Л22 Теоретическая физика Т.1 Механика, Москва: Физматлит, 2017
5. 539.1 D56 Diffraction radiation from relativistic particles : , А. Р. Potylitsyn [и др.], Berlin Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Целями освоения учебной дисциплины являются:

- дать студентам представление о многообразии когерентных явлений, возникающих в физике конденсированных сред,
- познакомить с методами решения научных задач, возникающими в данной области физики,
- познакомить с новейшими тенденциями развития в области физики излучения заряженных частиц.

Основное внимание студентов должно быть сосредоточено на детальном изучении когерентных явлений в электродинамике, рекомендуется самостоятельное повторение материалов курсов по квантовой механике, теории поля и макроскопической электродинамике. Кроме того, рекомендуется материал каждой лекции прорабатывать непосредственно в день, когда она была прочтена, и в случае наличия вопросов обращаться к преподавателю. Для студентов, чья учебно-исследовательская работа так или иначе связана с кругом рассматриваемых в курсе лекций явлений рекомендуется ознакомление с содержанием обзоров УФН – Успехи физических наук, начиная примерно с 1990 г.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Необходимо акцентировать внимание студентов на наиболее актуальных явлениях когерентности известных в электродинамике. Структуру лекций необходимо строить таким образом, чтобы студент получил качественное описание изучаемого явления, имел представления об актуальности темы, четко понял и усвоил математическое описание явления, которое должно быть использовано при решении задач на семинарской части занятий. По каждой пройденной теме проводятся семинарские занятия, на которых студентам предлагается набор задач по теме. Контроль проводится в середине и в конце семестра. В середине семестра студентам предлагается тестовое задание по пройденному материалу, которое выполняется в письменной форме и содержит вопросы, как с вариантами ответов, так и без.

Автор(ы):

Сергеева Дарья Юрьевна