

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ЭЛЕКТРОНИКЕ, СПИНТРОНИКЕ И ФОТОНИКЕ

КАФЕДРА ФИЗИКИ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

ОДОБРЕНО НТС ИНТЭЛ

Протокол № 4

от 23.07.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ С ВЕЩЕСТВОМ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

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, экз./зач./КР/КП
8	3	108	24	30	0		27	0	Э
Итого	3	108	24	30	0	0	27	0	

АННОТАЦИЯ

Физика взаимодействия излучения с веществом является одной из самых проработанных дисциплин, поскольку базируется на хорошо развитой теории электромагнетизма и статистической физики. Однако, в силу огромного количества практических приложений, эта область продолжает развиваться, ставя перед исследователями, инженерами, экспериментаторами все новые и новые задачи, решения которых пока не найдено. Решение такого рода задач должно базироваться на, с одной стороны, фундаментальном образовании, даваемом студентам НИЯУ МИФИ, - а с другой стороны, требует отражения соответствующих идей, разбора качественных и количественных закономерностей в специальном курсе.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины «Взаимодействие излучения с веществом» являются:

- дать студентам представление о многообразии физических явлений, возникающих при прохождении потоков заряженных и нейтральных частиц сквозь вещество,
- познакомить с методами решения научных задач, возникающими в данной области физики,
- познакомить с новейшими тенденциями развития в области физики источников электромагнитного излучения, и в области физики взаимодействия релятивистских ядерных частиц и жестких излучений с конденсированными средами,
- сделать акцент на микроскопическом рассмотрении и на качественной картине изучаемых явлений.

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. По ряду моментов данный курс является развитием стандартного университетского курса макроскопической электродинамики, читаемого по восьмому тому курса Теоретической физики Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшица, и вместе с тем содержит значительное количество оригинальных подходов к решению задач и отражает состояние современных исследований.

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
проектно-конструкторский			
Выполнение математического (компьютерного) моделирования с целью анализа и оптимизации параметров объектов оптоэлектроники и радиофотоники на базе имеющихся средств исследований и проектирования, включая стандартные пакеты автоматизированного проектирования и моделирования	Выполнение математического (компьютерного) моделирования с целью анализа и оптимизации параметров объектов фотоники и оптоинформатики на базе имеющихся средств исследований и проектирования, включая стандартные пакеты автоматизированного проектирования и моделирования	ПК-5 [1] - Способен выполнять расчет и проектирование отдельных узлов или элементов электронных приборов, схем и устройств определенного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004	3-ПК-5[1] - Знание теоретических основ конструирования приборов электроники и нанoeлектроники; У-ПК-5[1] - Умение применять средства автоматизации проектирования отдельных узлов и элементов ; В-ПК-5[1] - Владение методами конструирования и проектирования узлов и элементов схем аналоговой и цифровой электроники
производственно-технологический			
Подготовка и проведение технологических процессов производства материалов и изделий оптоэлектроники и радиофотоники	Материалы, компоненты, электронные приборы, устройства, установки, методы их исследования, проектирования и конструирования. Технологические процессы производства, диагностическое и технологическое оборудование, математические модели, алгоритмы решения типовых задач в области оптоэлектроники и радиофотоники.	ПК-8 [1] - Способен выполнять постановку и эксплуатацию определенного технологического процесса или блока технологических операций по производству материалов и изделий электронной техники <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004	3-ПК-8[1] - Знание технологий сверхбольших интегральных схем, планарных и иных технологий электроники и нанoeлектроники; У-ПК-8[1] - Умение выполнять постановку и эксплуатацию определенного технологического процесса или блока технологических операций по производству СБИС, интегральных СВЧ-систем и других

	Современное программное и информационное обеспечение процессов моделирования и проектирования изделий оптоэлектроники и радифотоники. Инновационные технические решения в сфере базовых постулатов проектирования, технологии изготовления и применения электронных приборов и устройств.		изделий электронной техники.; В-ПК-8[1] - Владение технологическими операциями по производству материалов и изделий электронной техники
Осуществление наладки, настройки и опытной проверки отдельных видов элементов, устройств и систем оптоэлектроники и радифотоники в процессе НИОКР и опытного производства	Выполнение математического (компьютерного) моделирования с целью анализа и оптимизации параметров объектов фотоники и оптоинформатики на базе имеющихся средств исследований и проектирования, включая стандартные пакеты автоматизированного проектирования и моделирования	ПК-9 [1] - Способен выполнять определенный тип измерительных или контрольных операций при исследовании параметров полупроводниковых приборов и устройств или в технологическом процессе по производству материалов и изделий электронной техники <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.037	З-ПК-9[1] - Знание параметров полупроводниковых приборов аналоговой, цифровой, радиочастотной и СВЧ-электроники.; У-ПК-9[1] - Умение выполнять исследования параметров полупроводниковых приборов и устройств в микро- и нанoeлектронике; В-ПК-9[1] - Владение методами измерений в технологическом процессе по производству материалов и изделий электронной техники

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование культуры	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для

	информационной безопасности (В23)	формирование базовых навыков информационной безопасности через изучение последствий халатного отношения к работе с информационными системами, базами данных (включая персональные данные), приемах и методах злоумышленников, потенциальном уроне пользователям.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование коммуникативных навыков в области разработки и производства полупроводниковых изделий (В36)	1.Использование воспитательного потенциала профильных дисциплин «Введение в специальность», «Введение в технику физического эксперимента», «Измерения в микро- и нанoeлектронике», «Информационные технологии в физических исследованиях», «Экспериментальная учебно-исследовательская работа» для: - формирования навыков безусловного выполнения всех норм безопасности на рабочем месте, соблюдении мер предосторожности при выполнении исследовательских и производственных задач с опасными веществами и на оборудовании полупроводниковой промышленности, а также в помещениях с высоким классом чистоты посредством привлечения действующих специалистов полупроводниковой промышленности к реализации учебных дисциплин и сопровождению проводимых у студентов практических работ в этих организациях, через выполнение студентами практических и лабораторных работ, в том числе с использованием современных САПРов для моделирования компонентной базы электроники, измерительного и технологического оборудования на кафедрах, лабораториях и центрах ИНТЭЛ; 2.Использование воспитательного потенциала профильных дисциплин «Спецпрактикум по физике наносистем», «Спецпрактикум по нанотехнологиям», «Специальный практикум по физике наносистем», «Современные проблемы физики конденсированных сред

		(спецсеминар)», «Экспериментальные методы исследования наноструктур (спецсеминар)», для: - формирования профессиональной коммуникации в научной среде; - формирования разностороннего мышления и тренировки готовности к работе в профессиональной и социальной средах полупроводниковой промышленности - формирования умений осуществлять самоанализ, осмысливать собственные профессиональные и личностные возможности для саморазвития и самообразования, в целях постоянного соответствия требованиям к эффективным и прогрессивным специалистам для разработок новых материалов и устройств по направлениям, связанным с СВЧ электроникой, микро- и нанопроцессорами, оптическими модуляторами и применением новых материалов в нанoeлектронных компонентах через организацию практикумов в организациях по разработке и производству полупроводниковых изделий, использование методов коллективных форм познавательной деятельности, ролевых заданий, командного выполнения учебных заданий и защиту их результатов.
--	--	---

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практ. (семинары)/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>8 Семестр</i>						
1	Микроэлектродинамика	1-8	16/16/0	Кл-8 (25)	25	КИ-8	З-ПК-5, У-ПК-5,

							В-ПК-5, 3-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9
2	Макроэлектродинамика	9-15	8/14/0	Кл-15 (25)	25	КИ-15	3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9
	<i>Итого за 8 Семестр</i>		24/30/0		50		
	Контрольные мероприятия за 8 Семестр				50	Э	3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9

* – 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
Кл	Коллоквиум
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>8 Семестр</i>	24	30	0
1-8	Микроэлектродинамика	16	16	0
1	Микроскопические уравнения Максвелла Вид микроскопических уравнений Максвелла. Формулы преобразований Фурье. Решение микроскопических уравнений Максвелла в дипольном приближении	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
2	Дипольное приближение, плотность тока в дипольном приближении Дипольное приближение, плотность тока в дипольном	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		

	приближении	0	0	0
3	Собственное поле движущегося заряда. Лоренцево сокращение Вывод и анализ выражения поля движущегося заряда. Лоренцево сокращение	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
4	Поляризуемость Расчет поляризуемости малой сферической частицы	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
5	Спектрально-угловая плотность излученной энергии. Асимптотическое выражение для поля излучения системы на далеких расстояниях Спектрально-угловая плотность излученной энергии. Асимптотическое выражение для поля излучения системы на далеких расстояниях	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
6	Рассеяние электромагнитных волн на одной частице Рассеяние электромагнитных волн на одной частице	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
7	Рассеяние электромагнитных волн на двух невзаимодействующих частицах Рассеяние электромагнитных волн на двух невзаимодействующих частицах	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
8	Рассеяние электромагнитных волн на двух взаимодействующих частицах Рассеяние электромагнитных волн на двух взаимодействующих частицах	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-15	Макроэлектродинамика	8	14	0
9 - 10	Разница между точным микроскопическим, средним макроскопическим и локальным полями. Формула Клаузиуса-Моссотти для бесконечного диэлектрика Точные микроскопическое, средним макроскопическое и локальное поля. Вывод формулы Клаузиуса-Моссотти для бесконечного диэлектрика.	Всего аудиторных часов		
		2	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
11	Излучение Вавилова-Черенкова Излучение Вавилова-Черенкова: поле излучения, свойства, применение	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
12 - 13	Качественное понятие о нелинейных явлениях: комбинационное рассеяние; вынужденное излучение и устройство лазера Качественное понятие о нелинейных явлениях: комбинационное рассеяние; вынужденное излучение и устройство лазера	Всего аудиторных часов		
		2	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
14	Эффекты локального поля и гигантские оптические явления на шероховатой поверхности металлов Эффекты локального поля и гигантские оптические явления на шероховатой поверхности металлов	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
15	Понятие об источниках излучения, использующихся в физике, биологии, медицине. Тормозной механизм излучения. Характеристики тормозного,	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		

	синхротронного, ондуляторного, излучения при каналировании, лазер Понятие об источниках излучения, использующихся в физике, биологии, медицине. Тормозной механизм излучения. Характеристики тормозного, синхротронного, ондуляторного, излучения при каналировании, лазер. Поляризационный механизм излучения. Характеристики переходного, дифракционного излучения, излучения Смита-Парселла, параметрического рентгеновского излучения в оптическом и рентгеновском диапазонах.	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 СЕМИНАРОВ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>8 Семестр</i>
1	Микроскопические уравнения Максвелла Вид микроскопических уравнений Максвелла. Формулы преобразований Фурье. Решение микроскопических уравнений Максвелла в дипольном приближении
2	Дипольное приближение, плотность тока в дипольном приближении Дипольное приближение, плотность тока в дипольном приближении
3	Собственное поле движущегося заряда. Лоренцево сокращение. Вывод и анализ выражения поля движущегося заряда. Лоренцево сокращение
4	Поляризуемость Расчет поляризуемости малой сферической частицы
5	Спектрально-угловая плотность излученной энергии. Асимптотическое выражение для поля излучения системы на далеких расстояниях Спектрально-угловая плотность излученной энергии. Асимптотическое выражение для поля излучения системы на далеких расстояниях
6	Рассеяние электромагнитных волн на одной частице Рассеяние электромагнитных волн на одной частице
7	Рассеяние электромагнитных волн на двух невзаимодействующих частицах Рассеяние электромагнитных волн на двух невзаимодействующих частицах
8	Рассеяние электромагнитных волн на двух взаимодействующих частицах Рассеяние электромагнитных волн на двух взаимодействующих частицах
9 - 10	Разница между точным микроскопическим, средним макроскопическим и локальным полями. Формула Клаузиуса-Моссотти для бесконечного диэлектрика

	Разница между точным микроскопическим, средним макроскопическим и локальным полями. Формула Клаузиуса-Моссотти для бесконечного диэлектрика
11	Излучение Вавилова-Черенкова Излучение Вавилова-Черенкова
12 - 13	Качественное понятие о нелинейных явлениях: комбинационное рассеяние; вынужденное излучение и устройство лазера Качественное понятие о нелинейных явлениях: комбинационное рассеяние; вынужденное излучение и устройство лазера
14	Эффекты локального поля и гигантские оптические явления на шероховатой поверхности металлов Эффекты локального поля и гигантские оптические явления на шероховатой поверхности металлов
15 - 16	Понятие об источниках излучения, использующихся в физике, биологии, медицине. Тормозной механизм излучения. Характеристики тормозного, синхротронного, ондуляторного, излучения при каналировании, лазер Понятие об источниках излучения, использующихся в физике, биологии, медицине. Тормозной механизм излучения. Характеристики тормозного, синхротронного, ондуляторного, излучения при каналировании, лазер

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.

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-5	З-ПК-5	Э, КИ-8, КИ-15, Кл-8, Кл-15
	У-ПК-5	Э, КИ-8, КИ-15, Кл-8, Кл-15
	В-ПК-5	Э, КИ-8, КИ-15, Кл-8, Кл-15
ПК-8	З-ПК-8	Э, КИ-8, КИ-15, Кл-8, Кл-15
	У-ПК-8	Э, КИ-8, КИ-15, Кл-8, Кл-15
	В-ПК-8	Э, КИ-8, КИ-15, Кл-8, Кл-15
ПК-9	З-ПК-9	Э, КИ-8, КИ-15, Кл-8, Кл-15
	У-ПК-9	Э, КИ-8, КИ-15, Кл-8, Кл-15
	В-ПК-9	Э, КИ-8, КИ-15, Кл-8, Кл-15

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. 539.1 К78 Инструментальные методы радиационной безопасности : учебное пособие для вузов, Крамер-Агеев Е.А., Трошин В.С., Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
2. ЭИ Б 82 Лазеры: устройство и действие : , Ивакин С. В., Борейшо А. С., Санкт-Петербург: Лань, 2022

3. 548 Ф45 Синхротронное излучение. Методы исследования структуры веществ : учебное пособие для вузов, Фетисов Г.В., Москва: Физматлит, 2007
4. 53 Л22 Теоретическая физика Т.1 Механика, Ландау Л.Д., Москва: Физматлит, 2021

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 539.1 Д50 Дифракционное излучение релятивистских частиц : учебное пособие, Тищенко А.А. [и др.], Томск: ТПУ, 2008

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

Для повторения и более детального изучения ряда проблем, не нашедших отражения в курсе, 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

При изложении курса необходимо акцентировать внимание студентов на нескольких ключевых понятиях и связанных с ними постановках задач и методах их решения.

1. Существенность взаимодействия описываемых объектов.

В большинстве учебников и монографий по классической электродинамике, включая теорию поля и макроскопическую (феноменологическую) электродинамику, подчеркивается принцип суперпозиции, напрямую следующий из уравнений Максвелла. Этот принцип является следствием линейности уравнений Максвелла, и считается пригодным для описания всего круга линейных явлений электродинамики. То обстоятельство, что для справедливости принципа суперпозиции источники должны быть независимы друг от друга, обычно остается в тени.

Однако, при расчете реальных задач начинающий специалист сталкивается с реальными задачами, где считать источники токов невзаимодействующими можно лишь редко, в виде исключений. Взаимодействие же источников, являющееся, как правило, необходимым при рассмотрении сразу нескольких источников – несколько центров рассеяния, или излучения – приводит к тому, что ответ не сводится к интерференции невзаимодействующих источников, а имеет значительно более сложный вид, учитывающий также и возможности резонансных взаимодействий. Поэтому преподавателю рекомендуется изначально заострять внимание на таких моментах, поскольку иначе у студента потом, по окончании курса возникает впечатление, что его учили бесполезным вещам, не имеющим реального приложения на практике. Такое мнение напрасно обесценивает в глазах становящихся специалистов мощнейший аппарат классической электродинамики; чтобы избежать этого, достаточно всего лишь несколько более аккуратно, чем обычно, излагать базовые вещи. Например, вслед за рассказом о суперпозиции решений, как свойства уравнений Максвелла, хорошо привести решение задачи о рассеянии электромагнитной волны на системе двух взаимодействующих центров рассеяния, и показать, что результат не сводится к простой интерференции решений от независимых рассеивателей, а описывает также и резонансное рассеяние на системе взаимодействующих объектов, как целом.

2. Понятие о когерентности явлений/процессов.

Понятие о когерентности процесса очень важно, и проявляет себя в самых разных областях физики. Это и когерентность рассеянного поля (или поля излучения) в случае наличия большого количества рассеивателей; когерентность при прохождении тока заряженных частиц сквозь периодические структуры (как в резонансно-туннельных диодах); длина когерентности (длина формирования, область формирования) в тормозном и поляризационном излучении заряженных частиц при их взаимодействии с системами частиц; когерентность в излучении сгустков (когда в сгустке число частиц может достигать десять в десятой степени) и так далее. Понятие о когерентности является основополагающим для большого числа явлений и процессов из разных областей физики, и поэтому это явление следует объяснять на простейшей задаче (по выбору лектора, что ему ближе) и затем при рассмотрении круга иных явлений подчеркивать роль когерентности, где возможно.

3. Понятие о соотношении физической модели явления и пределах применимости методов описания конкретных явлений.

Лишь часть студентов будет заниматься теоретической физикой, другие же станут совершенствоваться в области моделирования. Поэтому важно изначально строить курс лекций и семинаров таким образом, чтобы подходы и методы решения были полезны и будущим теоретикам, и будущим специалистам в области физического и численного моделирования. Для этого необходимо привязывать вводимые понятия, подходы – например, подход макроскопической электродинамики; или, подход теории локального поля; или, чисто микроскопическое описание систем, состоящих из относительно небольшого числа объектов; или, более мелкие подходы к описанию более конкретных задач – привязывать к потребностям численного моделирования, которое существенно опирается на формулировку первичных уравнений. Уравнения же всегда пишутся в некоторых приближениях, - а это обстоятельство часто остается не совсем ясным начинающим специалистам в моделировании, в результате чего наиболее частая ошибка – недостаточное понимание пределов применимости численной модели явления, пределов, которые определяются не только типом численной схемы, ее устойчивостью, скоростью сходимости алгоритма и т.д., но и пределами применимости первичных уравнений (системы уравнений в случае электродинамики), которые и решаются с помощью численной схемы. Соответствующие реминисценции стоит делать при рассмотрении

каждой отдельной задачи, всякий раз очерчивая круг явлений, которые выпадают за рамки рассмотрения по причине приближений, сделанных не только на стадии решения уравнений, но и на стадии их формулирования. Например, в общеизвестном случае макроскопической электродинамики уравнения могут формулироваться с учетом или без учета: нелинейности связи плотности токов с полем, отличия среднего действующего поля от макроскопического, отличия электрической индукции от электрического смещения, частотной дисперсии, пространственной дисперсии диэлектрической проницаемости, неоднородности, нестационарности среды и так далее.

4. Собственный опыт лектора.

Не секрет, что у всех лекторов очень разный опыт. Один – аспирант, только начинающий читать курс, и сам не слишком знакомый с предметом. Другой – специалист, десятки лет работающий в областях, близких к затрагиваемым в курсе. Однако, во всяком случае лектор может оживлять лекции рассказом о своем собственном опыте – не так важно, полученном при работе над статьями, монографиями или просто в процессе раздумий над материалом лекции, к которой готовился. Это представляется хорошим способом не только оживить материал лекции, но и убрать возможный барьер между слушателями и лектором, – барьер, который легко и часто трансформируется в барьер между слушателями и материалом лекций.

5. Непосредственная проработка материала лекций вскоре после лекций.

Существует известная всем студентам ситуация: сессия пришла – студент начал учиться. То есть, на протяжении семестра студент посещает лекции, более или менее аккуратно, записывает их – и забывает. В результате к стадии зачета/экзамена накапливается немалый материал, большая часть которого написана давно, и разного рода мелкие детали, а подчас и целостность изложения – забыты. Естественно, что необходимость все-таки сдать экзамен ведет к подчас невероятно упорной и сжатой по срокам работе, результаты которой, однако, лишь отпечатываются в зачетке, но не в голове студента.

Возможным выходом, кроме естественной работы на семинарах над поставленными задачами, здесь видится еще и перечитывание только что прослушанных лекций с последующим обсуждением их с преподавателем. При этом студентов стоит подбадривать, приветствуя возможность задавать вопросы. Пусть лучше студент руководствуется не совсем справедливым утверждением «Глупых вопросов не бывает. Бывают глупые ответы!», чем затем в какой-то момент окажется один на один с довлеющей громадой неясно записанного (а подчас и изложенного) материала.

Хорошо, когда при ответах на вопросы в аудитории преподаватель озвучивает как «правильную» точку зрения, так и свои сомнения или неясность понимания этой правильной точки зрения – конечно, если они есть. Представляется, что это, хотя и может повести к потере преподавателем авторитета (вот, не небожитель, тоже не все понимает), все же будет способствовать освоению студента с материалом лекций, а тем самым и его усвоению. Такую переработку стоит делать по горячим следам, когда еще сильны впечатления о лекции. В таком случае запоминание и усвоение материала происходит не только посредством задействования памяти на формальные конструкции, но и подключения зрительной и эмоциональной памяти. Это именно рекомендация преподавателю – студенты в подавляющем большинстве не настолько сознательны, чтобы выполнять эту работу самостоятельно. Кроме того, у студентов часто существует опасение, что своими вопросами они продемонстрируют всю глубину своего невежества в материале лекции, что также не способствует публичным обсуждениям. По этим причинам активную роль в этом должен играть именно лектор. В случае, когда лекции и

семинары ведут разные люди — эта роль может быть взята на себя проводящим семинары — конечно, при условии отличного понимания им материала лекций.

Автор(ы):

Тищенко Алексей Александрович