

ИНСТИТУТ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ЭЛЕКТРОНИКЕ, СПИНТРОНИКЕ И ФОТОНИКЕ  
КАФЕДРА МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО НТС ИНТЭЛ

Протокол № 2

от 26.04.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**ИЗБРАННЫЕ ГЛАВЫ ТЕОРИИ ПОЛЯ**

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
5	4-5	144- 180	48	32	0	28-64	0	Э
Итого	4-5	144- 180	48	32	0	0	28-64	0

## АННОТАЦИЯ

Целью освоения учебной дисциплины является ознакомление студентов с принципами, на которых основана этой наука, такими как принцип относительности Эйнштейна, принцип наименьшего действия и др.; с физическими понятиями, используемыми в теории поля, векторный и скалярный потенциал, напряженности электрического и магнитного полей, четырех-тензор электромагнитного поля, четырех-вектор потенциала.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения учебной дисциплины является ознакомление студентов с принципами, на которых основана этой наука, такими как принцип относительности Эйнштейна, принцип наименьшего действия и др.; с физическими понятиями, используемыми в теории поля, векторный и скалярный потенциал, напряженности электрического и магнитного полей, четырех-тензор электромагнитного поля, четырех-вектор потенциала.

### 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Концепция поля одна из наиболее трудно усваиваемых поскольку в повседневной практике не используется. По той же причине трудности вызывает изучение принципа относительности Эйнштейна, лежащего в основе теории поля. Усвоение понятий, применяемых при формулировке теории поля, понимание идеологии этой науки и ее внутренней противоречивости, вытекающей из ее классической природы, необходимо для достижения высокого культурного уровня выпускника МИФИ, для освоения курсов макроскопической электродинамики, физики твердого тела и недавно обнаруженных явлений – магниторезистивного и электрорезистивного эффектов.

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-1 [1] – Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности	З-ОПК-1 [1] – Знать фундаментальные основы, полученные в области информационных технологий, естественных и гуманитарных наук, знать методы анализа информации. У-ОПК-1 [1] – Уметь использовать на практике углубленные фундаментальные знания, полученные в области естественных и гуманитарных наук. В-ОПК-1 [1] – Владеть навыками обобщения, синтеза и анализа фундаментальных знаний, полученные в области информационных технологий, естественных и гуманитарных наук, владеть научным мировоззрением
ОПК-2 [1] – Способен использовать	З-ОПК-2 [1] – Знать современные информационные

<p>современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности</p>	<p>технологии и программные средства для решения задач профессиональной деятельности  У-ОПК-2 [1] – Уметь выбирать и использовать современные информационные технологии и программные средства для решения задач профессиональной деятельности  В-ОПК-2 [1] – Владеть навыками применения современных информационных технологий и программных средств, в том числе отечественного производства, при решении задач профессиональной деятельности</p>
<p>УК-1 [1] – Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач</p>	<p>З-УК-1 [1] – Знать: методики сбора и обработки информации; актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности; метод системного анализа  У-УК-1 [1] – Уметь: применять методики поиска, сбора и обработки информации; осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников  В-УК-1 [1] – Владеть: методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации; методикой системного подхода для решения поставленных задач</p>
<p>УКЕ-1 [1] – Способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в поставленных задачах</p>	<p>В-УКЕ-1 [1] – владеть: методами математического анализа и моделирования; методами решения задач анализа и расчета характеристик физических систем, основными приемами обработки экспериментальных данных, методами работы с прикладными программными продуктами  У-УКЕ-1 [1] – уметь: использовать математические методы в технических приложениях, рассчитывать основные числовые характеристики случайных величин, решать основные задачи математической статистики; решать типовые расчетные задачи  З-УКЕ-1 [1] – знать: основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования</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	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования чувства личной

	и их последствия (B17)	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 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-	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик «Научно-исследовательская работа»,

	<p>технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (B19)</p>	<p>«Проектная практика», «Научный семинар» для:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований.</li> </ul> <p>2. Использование воспитательного потенциала дисциплин "История науки и инженерии", "Критическое мышление и основы научной коммуникации", "Введение в специальность", "Научно-исследовательская работа", "Научный семинар" для:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед;</li> <li>- 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.</li> </ul>
<p>Профессиональное воспитание</p>	<p>Создание условий, обеспечивающих, формирование творческого инженерного/профессионального мышления, навыков организации коллективной проектной деятельности (B22)</p>	<p>1. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку</p>

		<p>групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР.</p> <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.</p>
--	--	---

## 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практик. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>5 Семестр</i>						
1	Избранные главы теории поля. Часть 1	1-8	24/16/0		25	УО-8	3-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-УК-

							1, У- УК-1, В- УК-1, 3- УКЕ- 1, У- УКЕ- 1, В- УКЕ- 1, 3- ОПК- 2, У- ОПК- 2, В- ОПК- 2
2	Избранные главы теории поля. Часть 2	9-16	24/16/0		25	УО-16	3- ОПК- 1, У- ОПК- 1, В- ОПК- 1, 3-УК- 1, У- УК-1, В- УК-1, 3- УКЕ- 1, У- УКЕ- 1, В- УКЕ- 1, 3- ОПК- 2, У- ОПК-

							2, В- ОПК- 2
	<i>Итого за 5 Семестр</i>		48/32/0		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 5 Семестр</b>				50	Э	3- ОПК- 1, У- ОПК- 1, В- ОПК- 1, 3-УК- 1, У- УК-1, В- УК-1, 3- УКЕ- 1, У- УКЕ- 1, В- УКЕ- 1, 3- ОПК- 2, У- ОПК- 2, В- ОПК- 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:

<b>Обозначение</b>	<b>Полное наименование</b>
УО	Устный опрос
Э	Экзамен

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недел и	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем. , час.	Лаб., час.
	<i>5 Семестр</i>	48	32	0
<b>1-8</b>	<b>Избранные главы теории поля. Часть 1</b>	24	16	0
1 - 2	<p><b>Лекция 1-2. Конечность скорости распространения взаимодействий. Принцип наименьшего действия.</b></p> <p>(§1) Понятие инерциальной системы отсчета. Принцип относительности Эйнштейна. Относительность пространства и времени. Противоречие между понятием абсолютного времени и эйнштейновским принципом относительности. Опыт Майкельсона. Демонстрация относительности понятия одновременности двух событий в двух разных инерциальных системах отсчета. (§2) Понятия интервала и мировой линии. Доказательство инвариантности интервала при переходе из одной инерциальной системы отсчета в другую, как математическое выражение принципа инвариантности скорости света (до формулы (2.6) на стр.19). (§3) Собственное время. О соотношении собственного времени и времени в неподвижной системе отсчета. Доказательство отсутствия противоречия между показаниями двух часов в двух разных инерциальных системах отсчета, движущихся друг относительно друга.</p> <p>Уравнение Эйлера – Лагранжа. Объяснение, того, как используется принцип наименьшего действия в теории поля. (§8) Функция Лагранжа и действие свободной частицы. (§9) Энергия и импульс свободной частицы, связь между этими величинами, функция Гамильтона (до формулы (9.9)).</p>	Всего аудиторных часов		
		6	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
3 - 4	<p><b>Лекция 3-4. Элементарные частицы в теории относительности.</b></p> <p>Понятие абсолютно твердого тела. О необходимости рассматривать элементарные частицы как точечные. (§16) Четырехмерный потенциал поля. Объяснение формулы для части действия, описывающего взаимодействие элементарных частиц с электромагнитным полем. Функция Лагранжа взаимодействия частиц с полем. Импульс и функция Гамильтона частиц в поле (до формулы (16.10)). (§17) Вывод уравнения движения заряда в поле из принципа наименьшего действия. Введение понятия напряженности электрического поля и его выражения через потенциалы. Введение понятия напряженности магнитного поля и его выражения через векторный потенциал. Уравнение движения заряда в поле, записанное на языке напряженностей электрического и магнитного полей. Сила Лоренца. Вывод формулы для изменения кинетической энергии элементарной частицы в поле со временем. Влияние обращения времени на векторный и скалярный потенциалы и напряженности электрического и магнитного полей. (§18) Неоднозначность векторного и скалярного потенциалов и калибровочная инвариантность.</p>	Всего аудиторных часов		
		6	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 6	<b>Лекция 5-6. Постоянное электромагнитное поле.</b>	Всего аудиторных часов		

	(§19) Связь между потенциалами и напряженностями в случае постоянного электромагнитного поля. (§20) Движение заряда в постоянном однородном электрическом поле. (§21) Движение заряда в постоянном магнитном поле (до формулы (21.8)). (§22) Движение заряда в случае одновременного наличия постоянных однородных электрических и магнитных полей. Эффект электрического дрейфа и выражение для средней скорости электрического дрейфа. (§ 23) Вывод уравнения движения заряда в поле из действия, записанного в четырехмерных обозначениях. Понятие тензора электромагнитного поля (до формулы (23.5) на стр. 89) . Четырехмерные векторы см. §6 до формулы (6.3). (§24) Преобразование Лоренца для поля. (§25) Инварианты поля (до формул (25.3) и (25.4)).	6	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
7 - 8	<b>Лекция 7-8. Уравнения электромагнитного поля.</b> (§26) Первая пара уравнений Максвелла в дифференциальной и интегральной форме, запись этих уравнений в четырехмерной форме через тензор электромагнитного поля, формула (26.5). (§27) Действие для электромагнитного поля. Принцип суперпозиции и форма выражения для действия поля через инварианты поля. Функция Лагранжа электромагнитного поля. (§28) Четырехмерный вектор тока. Формула для действия с учетом четырехмерного вектора тока. (§29) Уравнение непрерывности как отражение закона сохранения заряда. (§30) Вывод второй пары уравнений Максвелла из принципа наименьшего действия в четырехмерной форме. Запись этих уравнений в трехмерном виде в дифференциальной и интегральной формах. (§31) Вектор Поинтинга, плотность и поток энергии электромагнитного поля.	Всего аудиторных часов		
		6	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	<b>Избранные главы теории поля. Часть 2</b>	24	16	0
9 - 10	<b>Лекция 9-10. Электростатика.</b> (§36) Вид уравнений Максвелла для постоянного электростатического поля. Вывод выражения для поля точечного заряда (закона Кулона) из теоремы Гаусса. (§37) Электростатическая энергия зарядов. О бесконечной собственной потенциальной энергии точечного заряда. Оценка порядка величины расстояния, на котором собственная энергия порядка энергии покоя. (§38) Поле равномерно движущегося заряда. (§40) Дипольный момент системы зарядов. Выражение для потенциала и напряженности системы зарядов на больших расстояниях в случае, если заряд системы равен нулю. (§41) Квадрупольный момент, выражение для потенциала через квадрупольный момент (до формулы (41.8)). (§42) Система зарядов во внешнем поле. Сила и момент силы, действующей на систему зарядов. Дипольное взаимодействие нейтральных систем, квадрупольное взаимодействие (до формулы (42.9)).	Всего аудиторных часов		
		6	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
11 - 12	<b>Лекция 11-12. Магнитостатика. Электромагнитные</b>	Всего аудиторных часов		

	<p><b>волны.</b>          (§43)Постоянное магнитное поле, создаваемое зарядами, совершающими финитное движение, при котором заряды все время остаются в конечной области пространства. Вывод формулы Био-Савара-Лапласа. (§44) Описание векторного потенциала системы движущихся зарядов на больших расстояниях с помощью магнитного момента. Вывод формулы для напряженности магнитного поля. Отношение магнитного момента к механическому.          (§46)Уравнения Максвелла при отсутствии зарядов и токов в пустоте. Допущения, сделанные при выводе уравнения для векторного потенциала, – волнового уравнения Д'Аламбера в трехмерной форме. Лоренцева калибровка при выводе волнового уравнения в четырехмерной форме. Запись этого уравнения в трехмерной форме.(§47) Плоские волны. Физический смысл двух решений волнового уравнения.Ориентация векторов магнитного и электрического поля в плоской волне. Плотность потока энергии плоской волны, формула (47.5).Связь импульса плоской волны с энергией.</p>	6	4	0
13 - 14	<p><b>Лекция 13-14. Электромагнитные волны. Поле движущихся зарядов.</b>          (§48) Монохроматическая плоская волна как волна, в которой поле есть простая периодическая функция времени. Связь между векторным потенциалом и напряженностями электрического и магнитного полей. Направление поля в монохроматической волне. Эллиптическая и круговая поляризация плоской волны.(§49) Спектральное разложение волны в двух случаях: когда разложение содержит частоты, образующие дискретный ряд значений и когда частоты принимают непрерывный ряд значений. (§51) Разложение электростатического поля в интеграл Фурье по плоским волнам на примере точечного заряда. Связь между коэффициентами разложения потенциала и напряженность электрического поля. (§52) Собственные колебания поля Доказательство того, что полная энергия поля – это сумма энергий, связанных с каждой плоской волной в отдельности. Только до формулы (52.12). (§62) Запаздывающие потенциалы. Вывод выражений для скалярного и векторного потенциалов через плотности зарядов и токов. (§63) Потенциалы поля Лиенара-Вихерта, создаваемого одним точечным зарядом, совершающим заданное движение по траектории. Вывод выражений для напряженностей электрического и магнитного полей.(§64)Спектральное разложение запаздывающих потенциалов.</p>	Всего аудиторных часов	6	4
15 - 16	<p><b>Лекция 15-16. Излучение электромагнитных волн.</b>          (§66) Поле системы зарядов на далеких расстояниях. Понятие волновой зоны, разложение потенциалов по плоским волнам и выражение для напряженностей магнитного и электрического поля через векторный</p>	Всего аудиторных часов	6	4
		Онлайн	0	0
		Онлайн	0	0
		Онлайн	0	0

	<p>потенциал. Интенсивность излучения в элемент телесного угла. Вывод формул для спектрального разложения волн, излучаемых системой, на больших расстояниях в виде интеграла Фурье (столкновения) и ряда Фурье (финитное движение зарядов). (§67) Дипольное излучение. Условие дипольного излучения. Выражения для напряженностей полей через вторую производную дипольного момента. Интенсивность дипольного излучения. Спектральное разложение дипольного излучения. (§68) Дипольное излучение при столкновениях Определение эффективного излучения. Угловое распределения излучения при рассеянии пучка частиц в центрально-симметричном поле в предположении, что излучение дипольное. Разделение интенсивности излучения на части в соответствии с его поляризацией. (§69) Тормозное излучение малых частот (частота много меньшая той, в которой сосредоточена основная часть излучения) (до формулы (69.5)). (§71) Квадрупольное и магнитно-дипольное излучения. Выражение для векторного потенциала, напряженностей электрического и магнитного полей и интенсивности. (§72) Поле излучения на близких расстояниях. Выражения для потенциала и напряженностей электрического и магнитного полей. Формулы для фурье-компонент напряженностей электрического и магнитного полей. (§75) Торможение излучением. Возникновение дополнительных сил, действующих на заряды, в третьем приближении по отношению скорости к скорости света. Выражение для напряженности электрического поля. Уравнения потери энергии (лоренцевы силы трения) и момента импульса при торможении излучением. О противоречии описания действия заряда «самого на себя» с помощью сил торможения. Условия применимости формулы для торможения излучением.</p>			
--	---	--	--	--

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

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Лекции и семинарские занятия с применением LMS, электронных ресурсов и информационно-коммуникационных технологий.

## 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)
ОПК-1	З-ОПК-1	Э, УО-8, УО-16
	У-ОПК-1	Э, УО-8, УО-16
	В-ОПК-1	Э, УО-8, УО-16
ОПК-2	З-ОПК-2	Э, УО-8, УО-16
	У-ОПК-2	Э, УО-8, УО-16
	В-ОПК-2	Э, УО-8, УО-16
УК-1	З-УК-1	Э, УО-8, УО-16
	У-УК-1	Э, УО-8, УО-16
	В-УК-1	Э, УО-8, УО-16
УКЕ-1	В-УКЕ-1	Э, УО-8, УО-16
	У-УКЕ-1	Э, УО-8, УО-16
	З-УКЕ-1	Э, УО-8, УО-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			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	3 – «удовлетворительно»	E	
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 К 93 Курс математики для технических высших учебных заведений Ч. 2 Функции нескольких переменных. Интегральное исчисление. Теория поля, , 2022
2. 53 Л22 Теоретическая физика Т.5 Статистическая физика. Ч.1, Москва: Физматлит, 2013

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 53 Р38 Математический практикум по физике : учеб. пособие для вузов, В. С. Ремизович, Москва: МИФИ, 2007
2. 53 Л22 Теоретическая физика Т.10 Физическая кинетика, Е. М. Лифшиц, Л. П. Питаевский, Москва: Физматлит, 2007

### 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**

При изучении курса студентам необходимо усвоить, что фактически механизмы явлений, происходящих на поверхности, в данном курсе демонстрируются на простых физических моделях, допускающих лишь качественное толкование обсуждаемых явлений. Несмотря на это такие модели полезны, поскольку в большинстве случаев позволяют продемонстрировать специфику поверхности по сравнению с объемными системами. Именно качественное физическое толкование явлений на поверхности в рамках простых физических моделей и является главной целью этого курса. Реальное количественно описание таких явлений, как, например, зависимость работы выхода от степени покрытия поверхности адсорбатом или зависимость энергии анизотропии поверхности от толщины пленки возможно лишь при использовании сложных компьютерных программ, в которых вычисления проводятся из первых принципов. Поэтому при подготовке к экзамену следует большее внимание уделить усвоению качественного описания явления, а не математической стороне этого описания.

В большинстве случаев в курсе используются либо совсем простые модели либо такие в которых лектор без доказательства сообщает об основных результатах их решения, не особенно обращая внимания на математические тонкости. Следует обратить особое внимание на то, что основным препятствием при моделировании свойств поверхности является ее неоднородность, когда электрические, магнитные и механические свойства заметно меняются при переходе от одного атомного слоя к другому, то есть фактически на атомном масштабе. Плюс к этому поверхность, как правило, загрязнена и содержит большое количество дефектов таких, например, как вакансии, образование которых на поверхности происходит легче, поскольку для образования вакансии на поверхности надо порвать меньшее количество связей. С точки зрения математического описания наибольшую сложность представляет собой достижение самосогласования, когда различные свойства влияют друг на друга, а добиться минимума полной энергии при большом числе параметров довольно сложно. При изучении курса следует обратить особое внимание на специфические для поверхности параметры: толщина пленки, работа выхода, поверхностное натяжение и т.д. В этой связи надо знать их четкое определение.

## **11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ**

При изучении курса студентам необходимо усвоить, что фактически механизмы явлений, происходящих на поверхности, в данном курсе демонстрируются на простых физических моделях, допускающих лишь качественное толкование обсуждаемых явлений. Несмотря на это такие модели полезны, поскольку в большинстве случаев позволяют продемонстрировать специфику поверхности по сравнению с объемными системами. Именно качественное физическое толкование явлений на поверхности в рамках простых физических моделей и является главной целью этого курса. Реальное количественно описание таких явлений, как, например, зависимость работы выхода от степени покрытия поверхности адсорбатом или зависимость энергии анизотропии поверхности от толщины пленки возможно лишь при использовании сложных компьютерных программ, в которых вычисления проводятся из первых принципов. Поэтому при подготовке к экзамену следует большее внимание уделить усвоению качественного описания явления, а не математической стороне этого описания.

В большинстве случаев в курсе используются либо совсем простые модели либо такие в которых лектор без доказательства сообщает об основных результатах их решения, не особенно обращая внимания на математические тонкости. Следует обратить особое внимание на то, что основным препятствием при моделировании свойств поверхности является ее неоднородность, когда электрические, магнитные и механические свойства заметно меняются при переходе от одного атомного слоя к другому, то есть фактически на атомном масштабе. Плюс к этому поверхность, как правило, загрязнена и содержит большое количество дефектов таких, например, как вакансии, образование которых на поверхности происходит легче, поскольку для образования вакансии на поверхности надо порвать меньшее количество связей. С точки зрения математического описания наибольшую сложность представляет собой достижение самосогласования, когда различные свойства влияют друг на друга, а добиться минимума полной энергии при большом числе параметров довольно сложно. При изучении курса следует обратить особое внимание на специфические для поверхности параметры: толщина пленки, работа выхода, поверхностное натяжение и т.д. В этой связи надо знать их четкое определение.

Автор(ы):

Попов Александр Петрович, к.ф.-м.н., с.н.с.