

Учреждение образования
"Белорусский государственный педагогический
университет имени Максима Танка"

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе БГПУ
С.И. Василец



15.08.2022 г.

Регистрационный № УД 4-3-Н/1-24 уч.

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине (по выбору студента) для специальности:

1 – 02 05 02 Физика и информатика

2022 г.

Учебная программа составлена на основе Образовательного стандарта Республики Беларусь "Высшее образование. Первая ступень" ОСВО 1-02 05 04-2013, утвержден 07.03.2013 г., № 143 и учебного плана учреждения высшего образования по специальности 1-02 05 02 Физика и информатика

СОСТАВИТЕЛИ:

В.Р.Соболь, заведующий кафедрой физики и методики преподавания физики учреждения образования «Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка», доктор физико-математических наук, профессор;

С.А.Василевский, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики и методики преподавания физики, доцент

СОГЛАСОВАНО:

Директор ГУО "Гимназия № 20 г. Минска"



Н.А.Калиновская

«*14*» *декабря* 2022 г.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой физики и методики преподавания физики (протокол № 4 от 30.11.2021 г.)

Заведующий кафедрой

В.Р.Соболь

Советом физико-математического факультета учреждения образования "Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка" (протокол № 5 от 29.12. 2021 года)

Оформление программы учебной дисциплины и сопровождающих ее материалов действующим требованиям Министерства образования Республики Беларусь соответствует

Методист учебно-методического управления БГПУ

Е.В.Тихонова

Директор библиотеки

Н.П.Сятковская

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная дисциплина (по выбору студента) “Электродинамика” предназначена для подготовки преподавателей физики по специальности 1 – 02 05 02 Физика и информатика, осваивающих содержание образовательной программы высшего образования I степени, обеспечивающей получение квалификации преподавателя. Знания, полученные при изучении этой учебной дисциплины, дают возможность систематизировать фундаментальные положения физики, алгоритмы применения аналитических методов для обобщения и описания разнообразных физических законов, реализуемых в природе в виде устойчивых повторяющихся связей.

Место учебной дисциплины в системе подготовки. Учебная дисциплина “Электродинамика” относится к компоненту учреждения высшего образования. Для успешного освоения дисциплины требуются знания в области физики, математики, дисциплин информационного блока. Учебная программа по учебной дисциплине “Электродинамика” направлена, в частности, на формирование рациональной процедуры усвоения и изложения физических законов из разделов физики, касающихся механических, электрических и магнитных явлений, в том числе и в приближении так называемых релятивистских процессов в движении материи. Данная дисциплина закладывает основы знаний по интерпретации и проведению исследований фундаментального академического уровня.

Учебная дисциплина «Электродинамика» включает разделы “Специальная теория относительности”, “Релятивистская динамика”, “Теория электромагнитного поля”, “Электромагнитные волны в вакууме и веществе”. В целом, в этих разделах излагаются основы описания физических явлений в приближении конечности скорости распространения взаимодействия в иерархии законов механики Галилея-Ньютона-Эйнштейна. Изложены законы электродинамики в приближении уравнений системы Максвелла при описании электромагнитного поля с позиционированием понятий стационарного поля, переменного поля в представлении систем единиц СГС и СИ. Изложены некоторые вопросы электродинамики сплошных сред на примере оптики анизотропных сред.

Цель учебной дисциплины: формирование у студентов научного мировоззрения, приобретение ими фундаментальных физических знаний о природе в целом. Это подразумевает развитие способностей применения математических методов описания и систематизацию знания для интерпретации значительного круга физических эмпирических явлений из усвоенных разделов физики на основе единых представлений, базирующихся на общей концепции электромагнитного поля и его свойств в пустоте и веществе.

Основными **задачами** учебной дисциплины являются

– формирование у студентов компетенций, основу которых составляет способность к самостоятельному поиску учебно-информационных ресурсов, овладению методами приобретения и осмысления знаний:

– усвоение понятий анализа и систематизации, в том числе некоторых математических приемов интегрального и дифференциального исчисления, применительно для описания физических явлений

– закрепление проявления таких понятий как причинно-следственная связь между физическими явлениями и процессами в линейном и ином приближении

– овладение методами абстрагирования и упрощенной формализации при описании релятивистских и нерелятивистских процессов на примере явлений столкновения и рассеяния быстрых заряженных и нейтральных частиц.

Требования к уровню усвоения содержания учебной дисциплины

В результате изучения учебной дисциплины “Электродинамика” студент должен

знать:

– логическую структуру дисциплины, связь между темами разделов;

– основные математические методы, применяемые при рассмотрении вопросов данного раздела;

– основные понятия и термины, используемые в рассматриваемом разделе;

– основные положения тем раздела;

– основные понятия, связанные с мировоззренческим потенциалом физики в философско-методологических аспектах этой дисциплины

– иерархию эмпирического и аналитического подходов в исследовании и описании явлений, охватываемых этой дисциплиной;

уметь:

– ориентироваться в структуре данной учебной дисциплины и решать стандартные задачи релятивистской кинематики и динамики;

– применять преобразования Лоренца для анализа и решения задач специальной теории относительности;

– использовать законы сохранения в приближении четырехмерного пространства при решении задач релятивистской механики;

– экстраполировать уравнения Максвелла для различных частных случаев.

– пользоваться системой теоретических знаний для решения задач в области прикладной физики;

– использовать программные средства общего и специального назначения в сфере обучения и усвоения знания в области математической формализации соотношений релятивистской теории;

владеть:

– системой знаний о математических понятиях и сущности представления физических процессов в электродинамике

– практическими умениями решать качественные, расчетные и графические задачи физики из области релятивистских взаимодействий

– методами аналитического и численного моделирования, методологией графического отображения физических закономерностей

– умениями применять полученные знания для описания и объяснения явлений в природе, физических свойств вещества, для понимания роли математики в развитии физических моделей мира

Изучение учебной дисциплины “Электродинамика” должно обеспечить формирование у студентов академических, социально-личностных и профессиональных компетенций.

Студент должен:

– требования к академическим компетенциям

АК – 1. Уметь применять базовые теоретические знания для решения аналитических и практико-ориентированных задач

АК – 2. Владеть методами учебно-педагогического исследования

АК – 3. Владеть навыками аналитического творчества

АК – 4. Уметь работать самостоятельно

АК – 6. Владеть подходами междисциплинарного анализа при решении проблем

– требования к социально-личностным компетенциям

СЛК – 1. Обладать качествами гражданственности

СЛК – 2. Быть способным к социальному взаимодействию

СЛК – 3. Обладать способностью к межличностным коммуникациям

СЛК – 7. Быть способным к осуществлению самообразования и самосовершенствования профессиональной деятельности

– требования к профессиональным компетенциям

ПК – 1. Управлять учебно-познавательной и аналитико-исследовательской деятельностью обучающихся

ПК – 2. Использовать оптимальные методы, формы и средства обучения

ПК – 3. Организовывать и проводить учебные занятия различных видов и форм

ПК – 4. Организовывать самостоятельную работу обучающихся

Всего на изучение учебной дисциплины “Электродинамика” отводится 206 часов, из них аудиторных 96 часов, на самостоятельную работу студентов – 74 часа. Распределение часов по видам аудиторных занятий включает 64 часа лекций и 32 часа практических занятий. Изучение дисциплины проводится на 4 курсе (8 семестр), дневной формы получения образования.

Текущая аттестация проводится в соответствии с учебным планом в форме экзамена в 8 семестре.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. Специальная теория относительности.

Скорость распространения взаимодействий. Абсолютность времени, относительность пространства по Галилею. Эксперименты по обоснованию теории относительности.

События, интервал в 4-пространстве, мировые -точки, -линии для неподвижных тел, при прямолинейном движении. Инвариантность скорости света в инерциальных системах отсчета.

Понятие интервала и его одинаковости между двумя событиями в любых инерциальных системах отсчета.

Вещественные и мнимые интервалы. Инвариантность времени- и пространственно- подобных интервалов во всех инерциальных системах отсчета.

Понятие областей абсолютного будущего/прошедшего, удаленности. Относительность понятий единого времени, раньше, позднее для областей абсолютного будущего/прошедшего.

Понятие собственного времени. Показания времени по неподвижным и движущимся часам. Перемещение часов прямолинейно и по окружности относительно инерциальной системы, отставание движущихся часов.

Замедление движущихся часов и некорректность обоснования отставания неподвижных часов в сравнении с часами, движущимися по замкнутой траектории.

Свойства интервала между двумя мировыми точками при его повороте в плоскости время-координата. Прямые и обратные преобразования Лоренца, соотношения Галилея. Собственная длина, ее сокращение для наблюдателя.

Преобразование координат, закон сложения скоростей, его трансформирование к классическим соотношениям. Частный случай движения частицы вдоль одной из осей координат.

4-векторы в псевдоевклидовом пространстве, 4-радиус-вектор, квадрат его длины, инвариантность в инерциальных системах отсчета. Понятие 4-вектора в контра- и ко- вариантном представлении, квадрат длины.

Скалярное произведение 4- векторов, 4- скаляр, временные, пространственные компоненты, отрицательные, положительные и нулевые значения квадрата 4- вектора.

4- тензоры 2- го, 3- го, более высоких рангов, аналогия с тензорными характеристиками евклидова пространства. Способы представления, связь между компонентами, виды тензоров, понятие свертывания, Дифференциальные и интегральные операции 4- векторного анализа.

2. Релятивистская механика

Энергия и импульс. Принцип наименьшего действия, интеграл действия для свободной частицы вдоль мировой линии между двумя событиями. Функция Лагранжа, ее переход к классическому выражению.

Импульс, масса покоя. Сила, действующая на тело при изменении скорости по направлению, по величине. Энергия частицы, энергия покоя.

Релятивистский 3- импульс, энергия, масса покоя. Полная и кинетическая энергия, закон преобразования сил, границы применимости механики Галилея-Ньютона.

Преобразование энергии, импульса при переходе от одной системы отсчета к другой. 4- вектор скорости как единичный вектор касательной к мировой линии. 4- импульс.

Импульс в псевдоевклидовом пространстве в различных инерциальных системах отсчета, виды представления, квадрат импульса.

Распад частиц. Условия реализации эндо- и экзо- термического процесса. Энергия связи. Законы сохранения. Образование частицы при неупругом столкновении.

Законы сохранения энергии, импульса в реакциях рассеяния частиц. Обмен энергией в при релятивистском рассеяния в сравнении с обычным взаимодействием.

Столкновения частиц в представлении лабораторной системы отсчета, в системе центра инерции при больших и малых энергиях налетающей частицы.

Масштаб переданной энергии от налетающей релятивистской частицы к бомбардируемой частице в лабораторной системе отсчета, в системе центра инерции.

3. Теория электромагнитного поля

Заряд в электромагнитном поле. 4- потенциал поля, действие для релятивистской частицы в заданном поле, функция Лагранжа.

Обобщенный импульс заряженной частицы, функция Гамильтона в электромагнитном поле в зависимости от массы, скорости, обобщенного импульса.

Уравнение Лагранжа, уравнения движения заряженной пробной релятивистской частицы в заданном электромагнитном поле.

Силы, действующие на заряд со стороны электрической и магнитной составляющих поля на заряд, работа поля. Влияние поля на движение частицы при малых скоростях.

Микроскопические уравнения классической механики при обращении времени, уравнения релятивистской динамики при инверсии знака времени и магнитного поля. Неоднозначность потенциалов поля, понятие калибровочной инвариантности.

Стационарное электромагнитное поле, как не зависящее от времени. Постоянное электрическое, магнитное поле, энергия заряда. Потенциалы поля, условие однородности поля.

Движение заряда в постоянном однородном электрическом поле. Кинетическая энергия, скорость, уравнение траектории при больших и малых скоростях.

Движение заряда в постоянном однородном магнитном поле. Траектория движения как винтовая линия с осью вдоль поля. Циклическая частота, радиус орбиты.

Движение заряда в однородном электрическом поле, нормальном к магнитному полю. Явление дрейфа, скорость дрейфа, траектория движения как трохоида, циклоида.

4- потенциал электромагнитного поля, антисимметричный тензор Максвелла в представлении составляющих векторов электрического и магнитного полей в контра- и ко- вариантном формате.

Общность представления уравнений движения заряда в электромагнитном поле на основе 4- тензора Максвелла. Преобразование компонент тензора через произведение координат.

Компоненты электрического и магнитного полей на основании общих правил приведения 4- тензоров. Относительность электрического и магнитного полей в различных системах отсчета.

Инварианты в инерциальных системах на основе 4- скаляра и 4- тензоров второго ранга. Инверсия пространства, понятие полярного, аксиального векторов, истинный скаляр и псевдоскаляр.

Электромагнитное поле на примере двух уравнений Максвелла. Интеграл действия в приближении комплексного вклада самих зарядов, их связи с полем.

Собственное действие поля в представлении 4-тензора при перенормировке внешнего поля, полем движущихся конечных зарядов.

4- вектор тока для 3- вектора плотности тока, интеграл полного действия системы – заряды, их взаимодействие с полем создаваемым за счет собственного движения.

Уравнение непрерывности и уравнения Максвелла. Плотность и поток энергии. Вектор Пойтинга-Умова.

Электростатическое поле в уравнениях Максвелла, закон Кулона. энергия системы зарядов. Поле равномерно движущегося заряда в приближении двух инерциальных систем отсчета.

Поле системы зарядов, принцип расчета дипольного, квадрупольного моментов. Система зарядов во внешнем постоянном поле.

Уравнения Максвелла для магнитостатики. Соотношения Био-Савара на основе векторного потенциала заданной системы токов.

Система уравнений Максвелла в интегральной и дифференциальной форме в системах единиц СГС и СИ в пространстве и среде.

4. Электромагнитные волны в вакууме и веществе.

Электромагнитное поле в среде свободной от зарядов и токов. Виды решения уравнений Максвелла.

Волновые уравнения для электрического и магнитного полей в вакууме, в среде. Виды волн. Плоские, цилиндрические, сферические волны, их свойства. Поток энергии в плоской волне.

Плоские монохроматические волны. Представление волны в формализме функции комплексной переменной.

Уравнение дисперсии, отражение плоской волны на границе раздела двух изотропных сред.

Соотношения Френеля при падении волны на поверхность среды, характеризующейся свойством анизотропии диэлектрической проницаемости.

Среды с анизотропией по электрической и магнитной степеням свободы. Выявление закона дисперсии плоской электромагнитной волны в оптической анизотропной среде.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА

Название раздела, темы, занятия, перечень изучаемых вопросов	Количество аудиторных часов		Самостоятельная работа студента	Материальное обеспечение занятия (наглядные, методические пособия и др.)	Литература
	Лекции	Практические (семинары)			
2	3	4	6	7	8

8 семестр

Электродинамика	64	32	74		
Специальная теория относительности	16	8	32		
Скорость распространения взаимодействий. Абсолютность времени, относительность пространства по Галилею. Экспериментальные обоснования теории относительности.	2		2	Электронные модели разделов механики Галилея	[1] §§1.7,1.9
События, интервал в 4-пространстве, мировые точки, -линии неподвижных тел, при прямолинейном движении. Инвариантность скорости света в инерциальных системах отсчета.	2		4	Компьютерная анимация мировой линии	[2]1.1, 1.3, 1.4, 1.5, 3, гл.22.10 [5] §§ 34,35;
События в четырехмерном пространстве. Интервал между двумя событиями и его инвариантность в инерциальных системах отсчета.		2	2	Цифровая модель представления события	[9] §§ 3.43.5, 4.1-4.4. [5] §§ 34, 35;
Собственные и мнимые интервалы. Инвариантность времени-пространственно-подобных интервалов во всех инерциальных системах отсчета.	2		2	Графический вид времени-подобных интервалов.	[2] §§2.1-2.5, 2.5, 3.1-3.3; [4] §§ 63,64, 66
События областей абсолютного будущего/прошедшего, одновременности, относительность понятий – одного времени, раньше, позже, одной и разных координат для областей абсолютного будущего/прошедшего по сравнению с событием в начале системы отсчета.	2		4	Схема области абсолютного будущего в графике.	[2] §§2.1-2.5, 2.5, 3.1-3.3; [4] §§63,64,66 [5] §§ 34,35
События собственного времени. Показания времени по неподвижным и движущимся часам. Перемещение часов прямолинейно по окружности относительно инерциальной системы, замедление движущихся часов.		2	2	Отображение хода движущихся и реперных часов - на схеме, дисплее.	[2] §§2.1-2.5, 2.5, 3.1-3.3; [4] §§ 63, 64, [5] §§ 34, 35
Замедление движущихся часов и некорректность обоснования замедления неподвижных часов в сравнении с часами, движущимися по замкнутой траектории.	2		2	Числовое отображение хода часов при движении	[4] §§ 64, 66. [5] §§ 34, 35; [5] §§ 3.4-3.5, 4
Инвариантность интервала между двумя мировыми точками при повороте в плоскости время-координата. Прямые и косые преобразования Лоренца, переход к соотношениям Лоренца. Собственная длина и ее сокращение для наблюдателя.	2		4	Модель визуализации интервала в координатно-пространстве-время	[2] §§2.1-2.5, 2.5, 3.1-3.3; [4] §§ 63, 64, 66.35

образование координат, закон сложения скоростей, его формирование к классическим соотношениям. Частный случай движения частицы вдоль одной из осей координат.		2	2	Компьютерная модель сложения скоростей.	[5] §§ 34, 35; [9] §§ 3.4-3.5, 4.1-4.4.
Векторы в псевдоевклидовом пространстве, 4-радиус-вектор, длина его длины, инвариантность в инерциальных системах отсчета. Понятие 4-вектора в контра-, ко-вариантном представлении, квадрат длины, связь с евклидовым пространством.	2		4	Электронная модель движения вдоль одной оси.	[4] §§ 68, 69; [5] §§ 34, 35; [9] §§ 3.4-3.5, 4.1-4.4.
Скалярное произведение 4- векторов, 4- скаляр, временные, пространственные компоненты, отрицательные, положительные значения квадрата 4- вектора.	2		2	Схема преобразования векторов в псевдо-евклидовом пространстве.	[4] §§4.3, 5.1; [5] §36. [10] № 554-557, 560; №8, 11.
Тензоры 2- го, 3- го и более высоких рангов, аналогия с тензорными характеристиками евклидова пространства. Способы представления, связь между компонентами, виды тензоров, понятия инвариантности, Дифференциальные и интегральные операции тензорного анализа.		2	2	Электронная программа построения контра- и ко –вариантных компонент 4- вектора.	[4] §§ 68, 69; [5] §§ 34, 35; [9] §§ 3.4-3.5, 4.1-4.4. № 554-557, 560; №8, 11.
Релятивистская механика	12	6	24		
Энергия и импульс. Принцип наименьшего действия, интеграл действия для свободной частицы вдоль мировой линии между событиями. Функция Лагранжа, ее переход к классическому выражению.	2		2	Дисплейная модель мировой линии при покое и движении.	[2] §5.4, [4] §§71, 72, [5] §38.
Импульс, масса покоя. Сила, действующая на тело при изменении скорости по направлению, по величине. Энергия частицы, энергия покоя.	2		2	Анимация зависимости релятивистской массы.	[2] §5.4, [6] §§71,72,§38
Релятивистский 3- импульс, энергия, масса покоя. Полная, кинетическая энергия, закон преобразования сил, границы применимости механики Галилея-Ньютона.		2	2	Компьютерная модель связи энергии и скорости.	[2] §5.4, [7] §§71,72,§38
Преобразование энергии, импульса при переходе от одной системы отсчета к другой. 4- вектор скорости как единичный вектор касательной к мировой линии. 4- импульс.	2		2	Цифровая схема лабораторной системы отсчета	[2] §5.7. [2] §§ 5.6, 5.8. [9] №543, 546,
Импульс в псевдоевклидовом пространстве в различных инерциальных системах отсчета, виды представления, квадрат импульса.	2		4	Числовое моделирование в компьютерной схеме.	[9] №543, 546, 547, 551.
Удар частиц. Условия реализации эндо- и экзо-термического удара. Энергия связи. Законы сохранения, образование частиц при неупругом столкновении двух, трех частиц.		2	2	Анимация абсолютно упругого взаимодействия.	[2] §§ 5.6, 5.8.
Законы сохранения энергии, импульса в реакциях рассеяния частиц. Обмен энергией в ходе релятивистского рассеяния в отличие с классическим взаимодействием.	2		4	Отображение закона сохранения импульса	[9] №641-643 [10] №13,14,17
Столкновения частиц в представлении лабораторной системы отсчета, в системе центра инерции при больших и малых энергияхлетающей частицы.	2		4	Числовое моделирование угла рассеяния	[2] §§ 5.6, 5.8. [4] §§ 3.5, 4.4
Переданная энергия от налетающей частицы к бомбардируемой частице в лабораторной системе отсчета, в системе центра инерции.		2	2	Анимация упругого удара, сечения рассеяния	[2] §§ 5.6, 5.8.
Динамика электромагнитного поля	28	14	36		
Потенциал в электромагнитном поле. 4- потенциал поля, действие релятивистской частицы в заданном поле, функция Лагранжа.	2		2	Компьютерная графическая модель поля	[4] Введение, § [6] §§ 1- 10.
Обобщенный импульс заряженной частицы, функция Гамильтона в электромагнитном поле в зависимости от массы, скорости, потенциала, векторного импульса.	2		2	Электронная схема движения пробного заряда	[6] §§11, 14, 15
Уравнение Лагранжа, уравнения движения заряженной пробной релятивистской частицы в заданном электромагнитном поле.		2	2	Электронная таблица уравнений Максвелла	[6] §24, §25 [7] §29

ы, действующие на заряд со стороны электрической и маг- й составляющих, работа поля по перемещению заряда. ие поля на движение частицы при малых скоростях.	2		2	Отображение век- тора силы действующей на заряд	[5] §56, [6] §29
кроскопические уравнения классической механики при об- ии времени, уравнения релятивистской динамики при ин- и знака времени и магнитного поля. Неоднозначность по- алов поля, понятие калибровочной инвариантности.	2		2	Графическое ото- бражение инвер- сии пространства	[4]] §74 [5]] §6 [6]] §§ 76,77
ационарное электромагнитное поле, не зависящее от време- остоянное электрическое, магнитное поле, энергия заряда. циалы поля, условие однородности поля.		2	2	Визуализация нео- днозначности потенциалов поля	[4]] §75 [5] §§61,62,63
жение заряда в постоянном однородном электрическом по- нетическая энергия, скорость, уравнение траектории при их и малых скоростях.	2		2	Графическое представление E и H полей	[1]] §26,29,30 [5] §§63,64
жение заряда в постоянном однородном магнитном поле. тория движения как винтовая линия с осью вдоль поля. ическая частота, радиус орбиты.	2		2	Отображение направления силы, действующей на заряд	[4] §76, [5] §§64, 65,66 [6]] §§ 78,81,77
жение заряда в однородном электрическом поле, нормаль- магнитному полю. Явление дрейфа, скорость дрейфа, тра- ия движения как трохоида, циклоида.		2	2	Численное пред- ставление силы Лоренца.	[5]] §78 [3] §§61,62,63 [6]] §§ 78,81,77
отенциал электромагнитного поля, антисимметричный тен- Маквелла в представлении составляющих векторов элек- ского и магнитного полей в контра- и ко- вариантном фор-	2		2	Траектория заряда в скрещенных электрическом и магнитном полях	[5]] §78 [3] §§61,62,63 [6]] §§ 78,79
плотность представления уравнений движения заряда в элек- гнитном поле на основе 4- тензора Максвелла. Преобразо- компонент тензора через произведения координат.	2		2	Общий вид тензора в трехмерном пространстве	[6] §§11, 14, 15 [7] §§8, 12, 13
поненты электрического, магнитного поля на основании к правил приведения 4- тензоров. Относительность элек- ского и магнитного полей в различных системах отсчета.		2	2	Общий вид тензора ранга 2 в 4- пространстве	[9] §§ 3.4- 3.5, 4.1-4.4.
арианты в инерциальных системах на основе 4- мерного ра и 4- тензоров второго ранга. Инверсия пространства, по- полярного, аксиального вектора, истинный скаляр и псев- яяр.	2		2	Построение 4-тен- зора ранга 2 из 4- векторов	[8] §§ 2.2-2.6 [9] §§ 3.4- 3.5, 4.1-4.4.
лектромагнитное поле на примере двух уравнений Максвелл- нтеграл действия в приближении комплексного вклада са- рядов, их связи с полем, самого поля.	2		2	Графика скаляр- ного, аксиального вектора при инвер- сии пространства	[6] §§11, 14, 15 [9] §§ 3.4- 3.5, 4.1-4.4.
ственное действие поля в представлении 4-тензора при пе- мировке внешнего поля, полем движущихся конечных за-		2		Цифровая модель действия электромагнитно- го поля.	[4] §74, [5] §60, §§76, 77
ектор тока для 3- вектора плотности тока, интеграл полного вия системы – заряды, их взаимодействие с полем создава- и за счет собственного движения.	2		2	Графическое пред- ставление перенор- мировки поля.	[6] §§12, 14, 17
внение непрерывности и уравнения Максвелла. Плотность ок энергии. Вектор Пойтинга-Умова.	2		2	Комплекс свойств дельта функции Дирака	[6] §25; [8] §§ 29, 31
ктростатическое поле в уравнениях Максвелла, закон Ку- энергия системы зарядов. Поле равномерно движущегося в приближении двух инерциальных систем отсчета.		2		Схема образова- ния вектора плотности потока	[6] §18; [9] § 26, 35.
е системы зарядов, принцип расчета дипольного, квадра- ного моментов. Система зарядов во внешнем постоянном	2		2	Графическая интерпретация закона сохранения	[4] §38; [6] § 26.

				за	
уравнения Максвелла для магнитоэлектродинамики. Соотношения Био-Савара на основе векторного потенциала заданной системы токов.	2		2	Модель для поля заряда при равномерном движении.	[4] §§41; [6] §§34-36.
тема уравнений Максвелла в интегральной и дифференциальной форме в системах единиц СГС и СИ в пространстве и времени.		2		Электронная схема суперпозиции для поля.	[5] §§12, 14, 17 [6] § 23
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ В ВАКУУМЕ И ВЕЩЕСТВЕ.	8	4	18		
Электромагнитное поле в среде свободной от зарядов и токов. Решение уравнений Максвелла.	2		2	Модель операций векторного анализа	[6] §§ 53-55, 57
Новые уравнения для электрического и магнитного полей в среде. Виды волн. Плоские, цилиндрические, сферические волны, их свойства. Поток энергии в плоской волне.	2		4	Операторы Гамильтона, Лапласа	[6] §§ 53, 52
Плоские монохроматические волны. Представление волны в виде функции комплексной переменной.		2	2	Схема плоской волны	[5] §§21, 23, 26
Отражение дисперсии, отражение плоской волны на границе раздела двух изотропных сред.	2		4	Действие операторов Гамильтона и Лапласа	[5] §§21, 23, 26 [6] §§ 53-55.
Соотношения Френеля при падении волны на поверхность раздела сред, характеризующейся свойством анизотропии диэлектрической проницаемости.	2		4	Вид потенциалов в электронном представлении	[6] §§ 53, 52
Волны с двойным типом анизотропии по электрической и магнитной степеням свободы. Выявление закона дисперсии плоской электромагнитной волны в оптической анизотропной среде.		2	2	Вид электрического вектора	[5] §§20, 23 [6] §§ 53, 52
Итого:	64	32	74		

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

ЛИТЕРАТУРА

Основная литература

1. Абрашина-Жадаева, Н. Г. Векторный и тензорный анализ в

примерах и задачах [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Н. Г. Абрашина-Жадаева, И. А. Тимощенко // Электронная библиотека БГУ. – Режим доступа: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/241678>. – Дата доступа: 31.01.2022.

2. Вярвьильская, О. Н. Краткий курс теоретической механики [Электронный ресурс] : учеб. пособие / О. Н. Вярвьильская, Д. Г. Медведев, В. П. Савчук ; под ред. Д. Г. Медведева // Электронная библиотека БГУ. – Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/257179>. – Дата доступа: 31.01.2022.

3. Кембровская, Н. Г. Физика [Электронный ресурс] : учеб.-метод. материалы для студентов I курса физ. фак. БГУ (факультатив. курс) / Н. Г. Кембровская, И. Н. Медведь, А. И. Слободянюк // Электронная библиотека БГУ. – Режим доступа: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/212750>. – Дата доступа: 31.01.2022.

4. Физика [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. комплекс : в 3 ч. / И. Н. Медведь [и др.] // Электронная библиотека БГУ. – Ч. 2 : Электричество и магнетизм. – Режим доступа: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/230516>. – Дата доступа: 31.01.2022.

Дополнительная литература

1. Алексеев, А. И. Сборник задач по классической электродинамике : учеб. пособие для студентов вузов / А. И. Алексеев. – М. : Наука, 1977. – 318 с.

2. Батыгин, В. В. Сборник задач по электродинамике / В. В. Батыгин, И. Н. Топтыгин ; под ред. М. М. Бредова. – Изд. 2-е, испр. и доп. – М. : Наука, 1970. – 503 с.

3. Баяркін, А. М. Зборнік задач па тэарэтычнай фізіцы : вучэб. дапам. / А. М. Баяркін, В. К. Гронскі. – Мінск : Беларус. дзярж. пед. ун-т, 2003. – 154 с.

4. Васильев, А. Н. Классическая электродинамика : краткий курс лекций : учеб. пособие для студентов ун-тов и техн. вузов / А. Н. Васильев. – 2-е изд., стер. – СПб. : БХВ-Петербург, 2010. – 276 с.

5. Векштейн, Е. Г. Сборник задач по электродинамике : [пособие для вузов] / Е. Г. Векштейн. – М. : Высш. шк., 1966. – 287 с.

6. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика : учеб. пособие для студентов физ. специальностей ун-тов : в 10 т. / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; под ред. Л. П. Питаевского. – Изд. 8-е, стер. – М. : Физматлит, 2012. – Т. 2 : Теория поля. – 533 с.

7. Мултановский, В. В. Классическая электродинамика : учеб. пособие для студентов пед. и техн. вузов, обучающихся по направлениям подгот. и специальностям в обл. физики и естественнонауч. образования / В. В. Мултановский, А. С. Василевский. – 2-е изд., перераб. – М. : Дрофа, 2006. – 348 с.

8. Пеннер, Д. И. Электродинамика и специальная теория относительности / Д. И. Пеннер, В. А. Угаров. – М. : Просвещение, 1980. – 271 с.

9. Савельев, И. В. Основы теоретической физики : в 2 т. / И. В. Савельев. – М. : Наука, 1975. – Т. 1 : Механика. Электродинамика. – 416 с.

10. Сборник задач по теоретической физике : [учеб. пособие для физ. спец. вузов] / Л. Г. Гречко [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1984. – 319 с.
11. Тамм, И. Е. Основы теории электричества : учеб. пособие для студентов физ. специальностей ун-тов / И. Е. Тамм. – 11-е изд., испр. и доп. – М. : Физматлит, 2003. – 615 с.
12. Туняк, У. М. Асновы электрадынамікі : дапаможнік / У. М. Туняк. – Мінск : Беларус. дзярж. пед. ун-т, 2007. – 227 с.
13. Угаров, В. А. Специальная теория относительности : учеб. пособие для студентов физ.-мат. фак. пед. ин-тов / В. А. Угаров. – 3-е изд., стер. – М. : УРСС, 2005. – 383 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕТОВ

В процессе изучения учебной дисциплины “Электродинамика” необходимо уделять большое внимание организации самостоятельной работы студентов, включая аналитическую проработку вопросов по проблематике тем, рассматриваемых на аудиторных занятиях.

Самостоятельная работа студента реализуется как в развитие процесса лекционных и практических занятий, так и при подготовке к выполнению и защите заданий, сопутствующих презентаций.

Формы самостоятельной работы студентов:

- выполнение индивидуальных заданий аналитического характера по сути рассматриваемых тем с обоснованием и защитой полученных результатов в рамках принципа соответствия, выполнения условий размерности физических величин, сходимости к общеизвестным положениям механики Галилея для вопросов механики Эйнштейна.

- выполнение непосредственно расчетов микрозадач с формированием баз аналитических данных и их отображением в табличном, графическом, текстовом форматах на мониторе.

Основными задачами самостоятельной работы студентов являются:

- закрепление знаний и навыков в интерпретации законов физики, углубление знаний и умений, полученных в ходе плановых учебных занятий;

- подготовка студентов к выполнению и защите простейших исследований;

- формирование навыков самостоятельной научно-исследовательской деятельности.

Самостоятельная работа студентов проводится в предусмотренном учебным планом объеме.

Задания по самостоятельной работе

№ п/п	Название темы, раздела	Количество часов на СРЗ	Задание	Форма выполнения
1	2	3	4	5
	Электродинамика	74		
1	Специальная теория относительности.	32		
1.1	Скорость распространения взаимодействий. Абсолютность времени, относительность пространства по Галилею. Эксперименты по обоснования теории относительности.	2	Конспект, [1] §§1.7,1.9 Графически отобразить суть опыта Физо по наблюдению увлечения эфира.	Письменный отчет, устная защита.
1.2	События, интервал в 4-пространстве, мировые -точки, -линии для неподвижных тел, при прямолинейном движении. Инвариантность скорости света в инерциальных системах отсчета.	4	Конспект, [2]1.1, 1.3, 1.4, 1.5, 3, гл.22. 10 [5] §§ 3435; Графически изобразить интервал для событий при неподвижности частицы, для фотона, для мюона.	Письменный отчет, устная защита.
1.3	Понятие интервала и его одинаковости между двумя событиями в любых инерциальных системах отсчета.	2	Конспект, [9] §§ 3.43.5, [5] §§ 34; Отображение интервала в 4-пространстве по аналогии с длиной отрезка в 3-пространстве.	Письменный отчет, собеседование, защита.
1.4	Вещественные и мнимые интервалы. Неизменность времени- и пространственно-подобных интервалов во всех инерциальных системах отсчета.	2	Конспект, [2] §§2.1-2.5, 2.5, 3.1-3.3; [4] §§ 63,64, 66 Представить графически вещественные и мнимые интервалы для выбранной системы отсчета.	Письменный отчет, устная защита.
1.5	Понятие областей абсолютного будущего/прошедшего, удаленности. Относительность понятий единого времени, раньше, позднее для областей абсолютного будущего/прошедшего.	4	Конспект, [2] §§2.1-2.5, 2.5, 3.1-3.3; [4] §§63,64,66[5] §§ 34,35 Отобразить области абсолютного будущего/прошедшего для движения мюона в космосе, фотона.	Письменный отчет, устная защита.
1.6	Понятие собственного времени. Показания времени по неподвижным и движущимся часам. Перемещение часов прямолинейно, по окружности, отставание движущихся часов.	2	Конспект, [4] §§ 63, 64, [5] §§ 35 Графически представить показания неподвижным и движущихся вместе с ракетой часов для прямолинейного перемещения.	Письменный отчет, собеседование, защита.
1.7	Замедление движущихся часов и некорректность обоснования отставания неподвижных часов в сравнении с часами, движущимися по замкнутой траектории.	2	Конспект, [5] §§ 34, 35; [9] §§ 3.4-3.5, 4 Отобразить графически ход и замедление движущихся часов в сопоставлении с неподвижными.	Письменный отчет, устная защита.
1.8	Свойства интервала между двумя мировыми точками при его повороте в плоскости время-координата. Прямые и обратные преобразования Лоренца, соотношения Галилея. Собственная длина, ее сокращение для наблюдателя.	4	Конспект, [2] §§2.1-2.5, 2.5, 3.3; Показать процесс перехода от одной к другой системе координат на основе постоянства длины отрезка для 3- и 4- мерного пространства.	Письменный отчет, собеседование, защита.

1.9	Преобразование координат, закон сложения скоростей, его трансформирование к классическим соотношениям. Частный случай движения частицы вдоль одной из осей координат.	2	Конспект, [5] §§ 34, 35; [9] §§ 3.4 Обосновать закон сложения скоростей Галилея при предельном переходе.	Письменный отчет, устная защита.
1.10	4- векторы в псевдоевклидовом пространстве, 4- радиус-вектор, квадрат его длины, инвариантность в инерциальных системах отсчета. Понятие 4-вектора в контра-, ко- вариантном представлении, квадрат длины.	4	Конспект, [4] §§ 68, 69; [5] §§ 34, 35; [9] §§ 3.4-3.5, 4.1-4.4. Построить 4-радиус-вектор для фотона, мюона при прямолинейном движении, в покое.	Письменный отчет, собеседование, защита.
1.11	Скалярное произведение 4- векторов, 4- скаляр, временные, пространственные компоненты, отрицательные, положительные и нулевые значения квадрата 4-вектора.	2	Конспект, [4] §§4.3, 5.1; [5] §36. [10] № 554-557, 560; №8, 11 По аналогии с 3- пространством отобразить образование 4- скаляра как произведение 4- векторов.	Письменный отчет, устная защита.
1.12	4- тензоры 2- го, 3- го, более высоких рангов, аналогия с тензорными характеристиками евклидова пространства. Способы представления, связь между компонентами, виды тензоров, понятие свертывания, Дифференциальные и интегральные операции 4- векторного анализа.	2	Конспект, [4] §§ 68, 69; [5] §§ 34, 35; [9] §§ 3.4-3.5, 4.1-4.4. № 554- Исходя из вида 3- тензоров показать процесс получения 4- тензора 2- го, 3- го и более высоких рангов.	Письменный отчет, собеседование, защита.
2	Релятивистская механика	24		
2.1	Энергия и импульс. Принцип наименьшего действия, интеграл действия для свободной частицы вдоль мировой линии между двумя событиями. Функция Лагранжа, ее переход к классическому выражению.	2	Конспект, [2] §5.4, [4] §§71, 72, [5] §38. Записать функцию Лагранжа для релятивистской частицы, показать свойства при малых скоростях	Письменный отчет, собеседование, защита.
2.2	Импульс, масса покоя. Сила, действующая на тело при изменении скорости по направлению, по величине. Энергия частицы, энергия покоя.	2	[Конспект, 2] §5.4, [4] §§71, 72, §38 Обосновать соотношение между релятивистским импульсом и импульсом Галилея.	Письменный отчет, собеседование, защита.
2.3	Релятивистский 3- импульс, энергия, масса покоя. Полная, кинетическая энергия, закон преобразования сил, границы применимости механики Галилея-Ньютона.	2	Конспект, [2] §5.4, [4] §§71, 72 Отобразить различия между релятивистскими 3- и 4- импульсами в формализме энергии-, массы-покоя.	Письменный отчет, собеседование, защита.
2.4	Преобразование энергии, импульса при переходе от одной системы отсчета к другой. 4- вектор скорости как единичный вектор касательной к мировой линии. 4- импульс.	2	Конспект, [2] §5.7. , [2] §§ 5.6, 5.8. [9] №543, 546, Записать закон преобразования импульса при переходе к другой системе отсчета для релятивистской и обычной частицы.	Письменный отчет, собеседование, защита.
2.5	Импульс в псевдоевклидовом пространстве в различных инерциальных системах отсчета, виды представления, квадрат импульса.	4	Конспект, [9] №543, 546, 547, 51. Записать 4- импульс в различных инерциальных системах отсчета в ко- и контра- вариантном виде.	Письменный отчет, устная защита.
2.6	Распад частиц. Условия реализации эндо- и экзо-термического процесса. Энергия связи. Законы сохранения. Образование частицы при неупругом столкновении.	2	Конспект, [2] §§ 5.6, 5.8. Отобразить схематично и в выражениях распад покоящейся частицы на два одинаковых осколка.	Письменный отчет, собеседование, защита.
2.7	Законы сохранения энергии, импульса в	4	Конспект, [9] №641-643, [10] №13	Письмен

	реакциях рассеяния частиц. Обмен энергией в при релятивистском рассеяния в сравнении с обычным взаимодействием.		Показать применение обобщенного закона сохранения импульса для описания упругого взаимодействия быстрых частиц.	ный отчет, собеседование, защита.
2.8	Столкновения частиц в представлении лабораторной системы отсчета, в системе центра инерции при больших и малых энергиях налетающей частицы.	4	Конспект, [2] §§5.6, 5.8. [4] §§ 3.5 Отобразить графически столкновение частиц в представлении лабораторной системы отсчета и в системе центра инерции.	Письменный отчет, устная защита.
2.9	Масштаб переданной энергии от налетающей частицы к бомбардируемой частице в лабораторной системе отсчета, в системе центра инерции.	2	Конспект, [2] §§ 5.6, 5.8. Показать эффективность передачи энергии в приближении Галилея при упругом взаимодействии	Письменный отчет, собеседование, защита.
3	Теория электромагнитного поля	36		
3.1	Заряд в электромагнитном поле. 4- потенциал поля, действие для релятивистской частицы в заданном поле, функция Лагранжа.	2	Конспект,[4]Введение,§1,[6]§§ 10 Записать обобщенный вид 4- потенциала электромагнитного поля для пробного заряда.	Письменный отчет, устная защита..
3.2	Обобщенный импульс заряженной частицы, функция Гамильтона в электромагнитном поле в зависимости от массы, скорости, обобщенного импульса.	2	[6] §§11, 14, 15 Отобразить импульс заряда в электромагнитном поле, его функцию Гамильтона.	Письменный отчет, устная защита.
3.3	Уравнение Лагранжа и движение заряженной пробной релятивистской частицы в заданном электромагнитном поле.	2	Конспект, [6]§24, §25, [7] §29 Показать ход записи уравнения движения заряда в поле.	Письменный отчет, устная защита.
3.4	Силы, действующие со стороны электрической и магнитной составляющих поля на заряд, работа поля. Влияние поля на движение частицы при малых скоростях.	2	Конспект, [5]§56, [6] §29 Исходя из уравнений движения, обосновать специфику сил, действующих на заряд со стороны поля.	Письменный отчет, устная защита.
3.5	Микроскопические уравнения классической механики при обращении времени, уравнения релятивистской динамики при инверсии знака времени и магнитного поля. Неоднозначность потенциалов поля, понятие калибровочной инвариантности.	2	Конспект, [4]]§74[5]]§60 Показать процесс воздействия на микроскопические уравнения классической механики при формальном изменении знака времени.	Письменный отчет, собеседование, защита.
3.6	Стационарное электромагнитное поле, как не зависящее от времени. Постоянное электрическое, магнитное поле, энергия заряда. Потенциалы поля, условие однородности поля.	2	Конспект, [4] §75 [5] §§61,62,63 Отобразить способы описания стационарного электромагнитного поля, не зависящего от времени, через потенциалы поля.	Письменный отчет, устная защита.
3.7	Движение заряда в постоянном однородном электрическом поле. Кинетическая энергия, скорость, уравнение траектории при больших и малых скоростях.	2	Конспект, [1]]§26,29,30 [5] §§63, Показать и обосновать параболический вид траектории заряда при малых скоростях.	Письменный отчет, собеседование, защита.
3.8	Движение заряда в постоянном однородном магнитном поле. Траектория движения как винтовая линия с осью вдоль поля. Циклическая частота, радиус орбиты.	2	Конспект, [4] §76, [5] §§64, 65, 66 [6] §§ 78,81,77 Рассчитать параметры винтовой линии для заряда в магнитном поле.	Письменный отчет, устная защита.

3.9	Движение заряда в однородном электрическом поле, нормальном к магнитному полю. Явление дрейфа, скорость дрейфа, траектория движения. как трохоида, циклоида.	2	Конспект, [5]]§78, [3]§§61,62,63 Показать направление дрейфа положительной частицы в скрещенных электрическом и магнитном полях.	Письменный отчет, собеседование, защита.
3.10	4- потенциал электромагнитного поля, антисимметричный тензор Максвелла в представлении составляющих векторов электрического и магнитного полей, в контра- и ко- вариантном формате.	2	Конспект, [5]]§78, [3]§§61,62,63 [6]]§§ 78,79 Записать антисимметричный тензор Максвелла в контра- и ко- вариантном в представлении.	Письменный отчет, устная защита.
3.11	Общность представления уравнений движения заряда в электромагнитном поле на основе 4- тензора Максвелла. Преобразование компонент тензора через произведения координат.	2	Конспект, [6] §§11,14,15, [7] §§ 8 Обосновать универсальность 4-тензора Максвелла для записи уравнений движения заряда в электромагнитном поле.	Письменный отчет, собеседование, защита.
3.12	Компоненты электрического, магнитного поля на основании общих правил приведения 4- тензоров. Относительность электрического и магнитного полей в различных системах отсчета.	2	Конспект, [9] §§ 3.4-3.5, 4.1-4.4. Показать взаимосвязь электрического и магнитного полей в различных инерциальных системах.	Письменный отчет, устная защита.
3.13	Инварианты в инерциальных системах на основе 4- мерного скаляра и 4- тензоров второго ранга. Инверсия пространства, понятие полярного, аксиального вектора, истинный скаляр и псевдоскаляр.	2	Конспект, [8] §§ 2.2-2.6, [9] §§ 3.4-3.5, 4.1-4.4. Доказать инвариантность 4- скаляра, разъяснить суть понятий полярного, аксиального вектора.	Письменный отчет, собеседование, защита.
3.14	Электромагнитное поле на примере двух уравнений Максвелла. Интеграл действия в приближении комплексного вклада самих зарядов, их связи с полем.	2	Конспект, [6] §§11, 14, 15, [9] §§ 3.4-3.5, 4.1-4.4. Проинтерпретировать сущность записи интеграла действия в приближении комплексного вклада.	Письменный отчет, устная защита.
3.15	4- вектор тока для 3- вектора плотности тока, интеграл полного действия системы – заряды их взаимодействие с полем, создаваемым за счет собственного движения зарядов.	2	Конспект, [6]§§12, 14, 17 Записать обобщение 3- вектора плотности тока на интеграл полного действия системы.	Письменный отчет, собеседование, защита.
3.16	Уравнение непрерывности и уравнения Максвелла. Плотность и поток энергии. Вектор Пойтинга-Умова.	2	Конспект, [6]§25; [8] §§ 29, 31 Отобразить уравнения Максвелла в системе единиц Гаусса и СИ.	Письменный отчет, устная защита.
3.17	Поле системы зарядов, принцип расчета дипольного, квадрупольного моментов. Система зарядов во внешнем постоянном поле.	2	Конспект, [4] §38; [6] § 26. Показать метод расчета дипольного момента системы трех зарядов.	Письменный отчет, собеседование, защита.
3.18	Уравнения Максвелла для магнитостатики. Соотношения Био-Савара на основе векторного потенциала заданной системы токов.	2	Конспект, [4] §41; [6] §§21, 34 Отобразить технику применения теоремы Стокса для расчета магнитного поля линейного тока.	Письменный отчет, устная защита.
4	Электромагнитные волны в вакууме и веществе.	18		
4.1	Электромагнитное поле в среде свободной от зарядов и токов. Виды решения уравнений Максвелла.	2	Конспект, [6] §§ 53-55,51 Применив операторы Гамильтона и Лапласа получить волновое	Письменный отчет и устная защита.

			уравнение.	
4.2	Волновые уравнения для электрического и магнитного полей в вакууме, в среде. Виды волн. Плоские, цилиндрические, сферические волны, их свойства. Поток энергии в плоской волне.	4	Конспект, [6] §§ 53, 52 Отобразить поверхность равной фазы для плоской, цилиндрической и сферической волны. .	Письменный отчет, собеседование, защита.
4.3	Плоские монохроматические волны. Представление волны в формализме функции комплексной переменной.	4	Конспект, [5] §§21, 23, 26 Отобразить решение волнового уравнения в гармонических функциях на основе формул Лапласа.	Письменный отчет, собеседование, защита.
4.4	Уравнение дисперсии, отражение плоской волны на границе раздела двух изотропных сред.	2	Конспект, [5] §§21, 23, 26 Получить на основе формализма операторов Гамильтона и Лапласа связь между волновым вектором и свойствами среды.	Письменный отчет, собеседование, защита.
4.4	Соотношения Френеля при падении волны на поверхность среды, характеризующейся свойством анизотропии диэлектрической проницаемости. .	4	Конспект, [6] §§ 53, 52 Используя граничные условия записать формулы Френеля при изотропности среды.	Письменный отчет, собеседование, защита.
4.5	Среды с анизотропией по электрической и магнитной степеням свободы. Выявление закона дисперсии плоской электромагнитной волны в оптической анизотропной среде.	2	Конспект, [5] §§20, 23, [6] §§ 53 Записать исходные соотношения для получения закона дисперсии плоской электромагнитной волны в анизотропной среде.	Письменный отчет, собеседование, защита.

ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ РЕЗУЛЬТАТОВ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Для оценки достижений и уровня знаний студента при изучении дисциплины целесообразно применить комплексный инструментарий, который включает

- рейтинговые контрольные работы
- контроль выполнения внеаудиторных заданий
- отчеты о самостоятельной работе
- написание физических диктантов по блоку тем
- контроль ведения рабочих тетрадей
- выборочный отчет по внеаудиторным заданиям
- устный экспресс контроль по блоку тем
- устное собеседование, коллоквиум
- блиц-опрос по рассмотренной теме
- отчет о выполнении заданий самостоятельного цикла
- контроль выполнения самостоятельной работы по темам
- зачетное занятие с учетом результатов рейтинг-листа, составленного по данным прохождения дисциплины в семестре.