

Учреждение образования
«Международный государственный экологический институт
имени А.Д. Сахарова» Белорусского
государственного университета

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по учебной
и воспитательной работе

МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ

И. Э. Бученков

«19» 2019 г.

Регистрационный № УД-847-19/уч.



**МОДУЛЬ «ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА»
ЭЛЕКТРОДИНАМИКА**

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:

1-31 04 05 Медицинская физика

2019 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО № 1-31 04 05-2018 и учебного плана учреждения высшего образования № 107-18/уч. специальности 1-31 04 05 «Медицинская физика».

СОСТАВИТЕЛЬ:

О. М. Бояркин, профессор кафедры общей и медицинской физики учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой общей и медицинской физики учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета (протокол № 4 от 01.11 2019);

Научно-методическим советом учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета (протокол № 3 от 19.11 2019)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

В процессе преподавания теоретической физики необходимо сосредоточить внимание студентов на наиболее общих понятиях, принципах и законах физики и научить студентов применять эти принципы и законы для анализа конкретных физических процессов и явлений. Изложение дисциплины должно сопровождаться содержательными физическими примерами, поясняющими общетеоретические положения. С необходимой полнотой и подробностью следует излагать вопросы, связанные с теми или иными допущениями и ограничениями в теории, с постановкой задачи и физической интерпретацией результатов, с выяснением области применимости разработанных методов и с возможными обобщениями теории. Курс теоретической физики должен играть решающую роль в завершении формирования целостных представлений о современной физической картине мира.

Раздел «Электродинамика» курса теоретической физики базируется на разделах «Механика», «Электричество и магнетизм» курса общей физики и включает темы «Специальная теория относительности» (СТО), «Теория электромагнитного поля в вакууме», «Электромагнитные волны в вакууме и в веществе». В первой из них излагаются основы СТО и приводится релятивистская формулировка основных уравнений механики. Во второй теме основное внимание уделяется теории электромагнитного поля в вакууме, приводится четырехмерная формулировка уравнений Максвелла. Рассматривается также теория стационарных и свободных полей, теория излучения электромагнитных волн. В третьем подразделе излагаются вопросы электродинамики сплошных сред.

Раздел «Электродинамика» необходим для последующего изучения таких дисциплин, как «Квантовая физика», «Дозиметрия», «Защита от ионизирующего излучения» и т.д.

Изучение и усвоение дисциплины предполагает владение следующими компетенциями: быть способным использовать специализированные знания разделов теоретической физики для решения профессиональных задач.

В результате усвоения дисциплины студент должен

знать:

- логическую структуру дисциплины, связь между ее темами;
- основные математические методы, применяемые при рассмотрении тем, вопросов данной дисциплины;
- основные понятия и термины, используемые в рассматриваемой дисциплине;
- основные положения тем дисциплины;

уметь:

- решать стандартные задачи релятивистской кинематики и динамики;
- применять преобразования Лоренца для анализа и решения задач релятивистской теории;

– использовать законы сохранения при решении задач релятивистской механики;

– решать уравнения Максвелла для различных частных случаев.

владеть:

– математическим аппаратом специальной теории относительности;

– основами представления о структуре материи;

– фундаментальными принципами релятивистской электродинамики.

Программа курса рассчитана на 200 ч, аудиторных часов – 110, из которых лекционных – 60 ч, практических занятий – 50 ч.

Форма получения высшего образования – дневная.

Форма итоговой аттестации – экзамен в V семестре.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. Специальная теория относительности

Экспериментальные основы СТО. Постулаты Эйнштейна. Преобразования Лоренца. Основные кинематические следствия преобразований Лоренца: относительность одновременности, относительность промежутков времени и пространственных длин, релятивистский закон сложения скоростей и ускорений.

Четырехмерная формулировка преобразований Лоренца. Интервал между событиями, его инвариантность, классификация интервалов. 4-мерное пространство Минковского. Собственное время. Четырехмерные скаляры, векторы, тензоры. Четырехмерные скорость и ускорение. Вывод релятивистского закона сложения скоростей из формул преобразования 4-мерной скорости.

Математическая формулировка принципа относительности: релятивистски-инвариантная форма записи физических законов. Релятивистски-инвариантное обобщение законов Ньютона. Четырехмерный импульс. Масса частицы как релятивистский инвариант. Сила Минковского. Закон преобразования сил. Релятивистская энергия и релятивистский 3-мерный импульс, связь между ними. Кинетическая энергия и энергия покоя частицы. Границы применимости механики Ньютона. Простейшие задачи релятивистской динамики частиц.

Масса системы частиц. Законы сохранения энергии и импульса в реакциях распада и рассеяния частиц. Энергия ядерной реакции. Порог эндотермической ядерной реакции.

2. Теория электромагнитного поля в вакууме

Некоторые математические соотношения теории поля. Предмет классической электродинамики. Ее место среди других физических теорий. Электромагнитное взаимодействие. Электрический заряд и его свойства. Плотность заряда, плотность тока. Закон сохранения заряда в интегральной и дифференциальной формах. Электромагнитное поле. Принцип суперпозиции. Уравнения Максвелла для электромагнитного поля в вакууме в интегральной и дифференциальной формах.

Потенциалы электромагнитного поля в вакууме. Калибровочная инвариантность. Уравнения для скалярного и векторного потенциалов. Условие Лоренца.

Четырехмерный ток и четырехмерный потенциал. Четырехмерная форма записи закона сохранения заряда, условия Лоренца и уравнений для потенциалов. Законы преобразования для потенциалов. Тензор электромагнитного поля. Законы преобразования электрического и магнитного полей. Четырехмерная формулировка уравнений Максвелла. Инварианты электромагнитного поля. Эффект Доплера. Функция Лагранжа для частицы в электромагнитном поле.

Закон сохранения энергии в системе частицы-поле. Плотность энергии и плотность потока энергии электромагнитного поля в вакууме. Теорема Пойнтинга – Умова. Закон сохранения импульса в системе частицы-поле. Импульс электромагнитного поля.

Электростатические уравнения Максвелла. Закон Кулона. Потенциал системы зарядов на больших расстояниях. Дипольный и квадрупольный моменты системы зарядов. Энергия электростатического поля. Собственная энергия и энергия взаимодействия зарядов. Энергия системы зарядов во внешнем поле.

Магнитостатические уравнения Максвелла. Закон Био – Савара – Лапласа. Векторный потенциал системы токов на больших расстояниях. Коэффициенты взаимо- и самоиндукции.

3. Электромагнитные волны в вакууме и веществе

Свободное электромагнитное поле в вакууме. Волновые уравнения для электрического и магнитного полей в вакууме. Плоские и сферические электромагнитные волны и их свойства. Плоские монохроматические волны.

Запаздывающие потенциалы. Потенциалы Лиенара – Вихерта. Дипольное излучение. Излучение точечного заряда при его ускоренном движении в вакууме.

Микрополя **E** и **B**. Усреднение зарядов и токов. Свободные и связанные заряды. Поляризованность и ее связь со средней плотностью связанных зарядов. Токи проводимости, поляризации и намагниченности. Система уравнений Максвелла для электромагнитного поля в веществе. Поля **D** и **H**. Материальные уравнения. Граничные условия.

Потенциалы переменного поля в однородной среде. Уравнения для потенциалов. Граничные условия для потенциалов.

Плоские электромагнитные волны в однородных диэлектриках и их основные свойства. Отражение и преломление электромагнитных волн на границе диэлектриков. Формулы Френеля. Электромагнитные волны в проводящей среде. Комплексная диэлектрическая проницаемость.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА

Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы, занятия, перечень изучаемых вопросов	Количество аудиторных часов			Формы контроля знаний
		Лекции	Практические (семинарские) занятия	Лабораторные занятия	
1	2	3	4	5	6
1	Специальная теория относительности				
1.1	Экспериментальные основы СТО				Коллоквиум № 1
1.2	Постулаты СТО. Преобразования Лоренца. Основные следствия преобразований Лоренца: относительность одновременности, относительность промежутков времени и пространственных длин	6	4		Коллоквиум № 1
1.3	Релятивистский закон сложения скоростей и ускорений. Четырехмерная формулировка преобразований Лоренца. Интервал между событиями, его инвариантность, классификация 4-интервалов. 4-мерное пространство Минковского	4	2		Коллоквиум № 1
1.4	Релятивистски-инвариантное обобщение законов Ньютона. Четырехмерный импульс. Масса частицы как релятивистский инвариант. Сила Минковского	2	4		Коллоквиум № 1
1.5	Закон преобразования сил. Границы применимости механики Ньютона. Релятивистский 3-мерный импульс и релятивистская энергия. Связь между ними. Кинетическая энергия и энергия покоя	2	2		Коллоквиум № 1
1.6	Релятивистская динамика. Простейшие задачи релятивистской динамики частиц	4	2		Контрольная работа
1.7	Масса системы частиц. Законы сохранения энергии и импульса в реакциях распада и рассеяния частиц. Энергия ядерной реакции. Порог эндотермической ядерной реакции	2	2		Коллоквиум № 1
2	Теория электромагнитного поля в вакууме				
2.1	Электромагнитное взаимодействие. Электрический заряд и его свойства. Плотность заряда, плотность тока. Закон сохранения заряда в интегральной и дифференциальной формах. Электромагнитное поле. Принцип суперпозиции	2	2		
2.2	Уравнения Максвелла для электромагнитного поля в вакууме в дифференциальной и интегральной формах	2	2		
2.3	Потенциалы электромагнитного поля в вакууме. Калибровочная инвариантность. Уравнения для скалярного и векторного потенциалов. Условие Лоренца	2	2		Коллоквиум № 2
2.4	Четырехмерный ток и четырехмерный потенциал.	2	2		

	Четырехмерная форма записи закона сохранения заряда, условия Лоренца и уравнений для потенциалов. Законы преобразования для потенциалов				
2.5	Тензор электромагнитного поля. Законы преобразования электрического и магнитного полей	2	2		
2.6	Четырехмерная формулировка уравнений Максвелла	4	2		
2.7	Инварианты электромагнитного поля. Функция Лагранжа для частицы в электромагнитном поле	2	2		
2.8	Закон сохранения энергии в системе частицы-поле. Плотность энергии, плотность потока энергии электромагнитного поля в вакууме. Вектор Пойнтинга – Умова	2	2		
2.9	Закон сохранения импульса в системе частицы-поле. Импульс электромагнитного поля	2	2		
2.10	Электростатические уравнения Максвелла. Закон Кулона. Принцип суперпозиции	2	2		
2.11	Потенциал системы зарядов на больших расстояниях. Дипольный и квадрупольный моменты системы зарядов	2	2		Коллоквиум № 2
2.12	Энергия электростатического поля. Собственная энергия и энергия взаимодействия зарядов. Энергия системы зарядов во внешнем поле	2	2		
3	Электромагнитные волны в вакууме и веществе				
3.1	Свободное электромагнитное поле. Волновые уравнения для электрического и магнитного полей в вакууме. Плоские и сферические электромагнитные волны и их свойства. Плоские монохроматические волны	2	2		
3.2	Запаздывающие потенциалы. Потенциалы Лиенара-Вихерта. Дипольное излучение. Излучение точечного заряда при его ускоренном движении в вакууме	4	2		
3.3	Микрополя E и B . Усреднение зарядов и токов. Свободные и связанные заряды. Поляризованность и ее связь со средней плотностью связанных зарядов. Токи проводимости, поляризации и намагниченности	2	2		Коллоквиум № 3
3.4	Система уравнений Максвелла для электромагнитного поля в веществе. Поля D и H . Материальные уравнения. Граничные условия. Потенциалы переменного поля в однородной среде. Уравнения для потенциалов. Граничные условия для потенциалов	4			
3.5	Плоские электромагнитные волны в однородных диэлектриках и их основные свойства. Отражение и преломление электромагнитных волн на границе диэлектриков. Формулы Френеля. Электромагнитные волны в проводящей среде. Комплексная диэлектрическая проницаемость	2	2		
3.6	Контрольная работа		2		
	ВСЕГО	60	50		

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Инновационные подходы и методы в преподавании учебной дисциплины

При организации образовательного процесса используется метод учебной дискуссии, который предполагает участие студентов в целенаправленном обмене мнениями, идеями для предъявления и/или согласования существующих позиций по определенной проблеме. Использование метода обеспечивает появление нового уровня понимания изучаемой темы, применение знаний (теорий, концепций) при решении проблем, определение способов их решения.

Для организации самостоятельной работы студентов по курсу необходимо использовать современные технологии: разместить в сетевом доступе комплекс учебных и учебно-методических материалов (программа, методические указания к практическим занятиям, список рекомендуемой литературы и информационных ресурсов, задания в тестовой форме для самоконтроля и др.).

При этом не ставится цель охватить все стороны предмета или заменить другие формы работы. Подбор заданий для самостоятельной работы направлен на формирование базовых предметных компетенций путем применения теоретических знаний в конкретных ситуациях, а также на развитие активности и самостоятельности студентов.

Качество самостоятельной работы студентов целесообразно проверять в ходе текущего промежуточного и итогового контроля в форме устного опроса, коллоквиумов, контрольных работ по темам и разделам дисциплины (модулям).

С целью диагностики знаний, умений и навыков студентов по данной дисциплине рекомендуется использовать:

- 1) контрольные работы;
- 2) самостоятельные работы;
- 3) тесты;
- 4) коллоквиумы по пройденному теоретическому материалу;
- 5) устный опрос в ходе практических занятий;
- 6) проверку конспектов лекций студентов.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Ландау, Л. Д. Теория поля / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. – М.: Физматлит, 2004. – 534 с.
2. Угаров, В. А. Специальная теория относительности / В. А. Угаров. – М.: Едиториал УРСС, 2005. – 400 с.
3. Мултановский, В. В. Курс теоретической физики. Классическая электродинамика / В. В. Мултановский, А. С. Василевский. – М.: ДРОФО НЕТ, 2006. – 415 с.
4. Пеннер, Д. И. Электродинамика и специальная теория относительности / Д. И. Пеннер, В. А. Угаров. – М.: Просвещение, 1980. – 652 с.
5. Туняк, У. М. Асновы электрадынамікі / У. М. Туняк. – Мінск: БДПУ, 2007. – 327 с.
6. Баяркін, А. М. Зборнік задач па тэарэтычнай фізіцы / А. М. Баяркін, В. К. Гронскі. – Мінск, БДПУ, 2003. – 256 с.

Дополнительная

7. Васильев, А. Н. Классическая электродинамика. Краткий курс лекций: учеб. пособие / А. Н. Васильев. – СПб.: БХВ- Петербург, 2010. – 365 с.
8. Тамм, И. Е. Основы теории электричества / И. Е. Тамм. – М.: Физматлит, 2003. – 423 с.

Протокол согласования учебной программы

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО

на 2020/2021 учебный год

№	Дополнения и изменения	Основание
1.	В основной список литературы включить 1. Фейнман Р. Фейнмановские лекции по физике: Задачи и упражнения / Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс, вып. 1-4. – URSS, 2017. – 288 с. 2. Каганов, М. И. Природа магнетизма / М. И. Каганов, В. М. Цукерник. – URSS, 2018. – 198 с. 3. Блохинцев, Д. И. Теория относительности А. Эйнштейна / Д. И. Блохинцев, С. И. Дабкина. – URSS, 2021. – 110 с. 4. Кадомцев, С. Б. Геометрия Лобачевского и физика / С. Б. Кадомцев. – URSS, 2019. – 72 с. 5. Сазанов, А. А. Четырехмерная модель мира по Минковскому / А. А. Сазанов. – URSS, 2017. – 288 с. 6. Кузнецов, Б. Г. Эволюция основных идей Электродинамики / Б. Г. Кузнецов. – URSS, 2016. – 296 с. 7. Визгин, В. П. Развитие взаимосвязи принципов инвариантности с законами сохранения в классической физике / В. П. Визгин. – URSS, 2016. – 248 с. 8. Владимиров, Ю. С. Пространство-время: Явные и скрытые размерности / Ю. С. Владимиров. – URSS, 2020. – 206 с. 9. Гинзбург, В. Л. О теории относительности / В. Л. Гинзбург. – URSS, 2019. – 246 с. 10. Френкель, Я. И. Теория относительности / Я. И. Френкель. – URSS, 2019. – 302 с.	

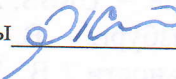
2.	Из основного списка литературы перенести в дополнительный 11. Ландау, Л. Д. Теория поля / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. – М.: Физматлит, 2004. – 534 с. 12. Угаров, В. А. Специальная теория относительности / В. А. Угаров. – М.: Едиториал УРСС, 2005. – 400 с. 13. Мултановский, В. В. Курс теоретической физики. Классическая электродинамика / В. В. Мултановский, А. С. Василевский. – М.: ДРОФО НЕТ, 2006. – 415 с. 14. Пеннер, Д. И. Электродинамика и специальная теория относительности / Д. И. Пеннер, В. А. Угаров. – М.: Просвещение, 1980. – 652 с. 15. Туняк, У. М. Асновы электрадынамікі / У. М. Туняк. – Мінск: БДПУ, 2007. – 327 с. 16. Баяркін, А. М. Зборнік задач па тэарэтычнай фізіцы / А. М. Баяркін, В. К. Гронскі. – Мінск, БДПУ, 2003. – 256 с.	
----	--	--

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры общей и медицинской физики (протокол № 1 от 31.08.2020 года).

Заведующий кафедрой

 Н.А. Савастенко, к. физ.- мат. наук, доцент

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета мониторинга окружающей среды  В.В. Жилко, к.х.н., доцент

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО
на 2021/2022 учебный год

№	Дополнения и изменения	Основание
1.	В основной список литературы включить 1. Черкашин, Ю. С. Электродинамика 2020 постмаксвелловская : монография / Ю. С. Черкашин. – 2-е изд., испр. и доп. – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2020. – 80 с. 2. Власов, А. А. Макроскопическая электродинамика / А. А. Власов. – М. : URSS. 2019. – 232 с. 3. Сыщенко, В. В. Электродинамика для начинающих / В. В. Сыщенко. – М. : URSS, 2020. – 356 с.	
2.	Из основного списка литературы перенести в дополнительный 1. Кузнецов, Б. Г. Эволюция основных идей Электродинамики / Б. Г. Кузнецов. – URSS, 2016. – 296 с. 2. Визгин, В. П. Развитие взаимосвязи принципов инвариантности с законами сохранения в классической физике / В. П. Визгин. – URSS, 2016. – 248 с.	

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры общей и медицинской физики (протокол № 1 от 30.08.2021 года).

Заведующий кафедрой  Н.А. Савастенко, к. физ.- мат. наук, доцент

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета мониторинга окружающей среды  В.В. Жилко, к.х.н., доцент