МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»
Кафедра теоретической физики

УТВЕРЖДАЮ
Декан физического факультета
_____/Н.М. Буднев
«31» августа 2021 г

Рабочая программа дисциплины

Наименование дисциплины: Б1.О.16.02 Электродинамика

Направление подготовки: 03.03.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки: Фундаментальная физика

Квалификация (степень) выпускника: Бакалавр

Форма обучения: Очная

Согласовано с УМК физического факультета
Протокол №30 от «31» августа 2021 г.
Председатель _____ Н.М.Буднев

Рекомендовано кафедрой:
Протокол №1
От «30» августа 2021 г.
И.о. зав. кафедрой _____ С.В. Ловцов

Иркутск 2021 г.

Содержание

I. Цели и задачи дисциплины.....3
II. Место дисциплины в структуре ОПОП:.....3
III. Требования к результатам освоения дисциплины.....4
IV. Содержание и структура дисциплины.....5
4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов.....5
4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....5
4.3. Содержание учебного материала.....6
4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ.....6
4.3.2. План самостоятельной работы студентов.....7
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.....8
4.5. Примерная тематика курсовых работ:.....8
V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.....8
а) список литературы.....8
б) периодические издания.....8
в) список авторских методических разработок.....9
г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы.....9
VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины.....9
VII. Образовательные технологии:.....9
VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации.....9
Приложение: фонд оценочных средств

I. Цели и задачи дисциплины

Цели дисциплины

Внедрение высоких технологий в инженерную практику предполагает основательное знакомство как с классическими, так и с новейшими методами и результатами физических исследований.

Электродинамика является важной частью создает универсальной базы для изучения общепрофессиональных и специальных дисциплин, вооружает выпускников необходимыми знаниями для решения научно-технических задач в теоретических и прикладных аспектах, знакомит студентов с научными методами познания, позволяет научить их отличать гипотезу от теории, теорию от эксперимента.

Поэтому программа дисциплины «Электродинамика» сформирована таким образом, чтобы дать студентам представление об основных разделах физики электромагнитного поля, познакомить их с наиболее важными экспериментальными и теоретическими результатами. Эта дисциплина должна способствует проведению демаркацию между научным и антинаучным подходом в изучении окружающего мира, позволяет научить строить физические модели происходящего и устанавливать связь между явлениями, прививать понимание причинно-следственной связи между явлениями. Обладая логической стройностью и опираясь на экспериментальные факты, дисциплина «Электродинамика» является идеальной для решения этой задачи, формируя у студентов подлинно научное мировоззрение.

Дисциплина «Электродинамика», способствует ознакомлению студентов с современной физической картиной мира, приобретению навыков экспериментального исследования физических явлений и процессов, изучению теоретических методов анализа физических явлений, обучению грамотному применению положений фундаментальной физики к научному анализу ситуаций, с которыми исследователю и инженеру приходится сталкиваться при создании новой техники и технологий, а также выработке у студентов основ естественнонаучного мировоззрения и ознакомления с историей развития физики и основных её открытий.

Целью освоения курса электродинамики является ознакомление студентов с основными законами теории электромагнитного поля и возможностями их применения при решении задач, возникающих в их последующей профессиональной деятельности.

Задачи дисциплины

изучение законов теории электромагнитного поля в их взаимосвязи;

формирование навыков по применению положений теории электромагнитного поля к грамотному научному анализу ситуаций, с которыми исследователю и инженеру приходится сталкиваться при создании новой техники и новых технологий;

освоение классической физической теории, описывающей электро-магнитные явления в природе, понимание пределов применимости этой теории для решения современных и перспективных технологических задач;

формирование у студентов основ теории поля;

ознакомление студентов с историей и логикой развития электродинамики и основных её открытий.

II. Место дисциплины в структуре ОПОП:

Дисциплина является базовой для изучения по данному профилю. В третьем семестре, изучая основы векторного и тензорного анализа, студенты в достаточной степени овладевают языком, на котором формулируется классическая теория электромагнитного поля, это позволяет излагать ее на высоком уровне математической строгости. Понятия из читаемого позже курса уравнений математической физики - функция Дирака и функция Грина - являются весьма существенными для изложения и даются непосредственно в предлагаемом курсе электродинамики. Как показывает практика, они вполне доступны студентам, изучившим математический анализ и дифференциальные уравнения.

Обсуждение стартует с уравнений Максвелла как аксиом электромагнитной теории

(считается, что студенты знакомы с ними "в первом приближении" из курса общей физики). В то же время все теоретические выкладки доводятся до получения математических формулировок эмпирических законов, послуживших основой для создания системы уравнений Максвелла. Как правило, такие выводы позволяют проследить и обратную логику - от опытных фактов к физическим понятиям и уравнениям теории.

Классическая электродинамика является одной из основополагающих дисциплин в подготовке физика, без ее глубокого понимания невозможно освоение разделов физики, связанных с конкретной специализацией.

III. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:
ОПК-1: способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине , соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	ОПК-1
Индикаторы компетенции	ИДК $_{опк\ 1.1}$ знает основополагающие принципы, понятия электродинамики.
Результаты обучения	*Знает:* основные физические явления и основные законы классической электродинамики; границы их применимости, применение законов в важнейших практических приложениях; основные физические величины и физические константы теории электромагнитного поля, их определение, смысл, способы и единицы их измерения; фундаментальные физические опыты и их роль в развитии электродинамики. *Умеет*: объяснить основные наблюдаемые природные и техногенные явления и эффекты с позиций фундаментальных электромагнитных взаимодействий; указать, какие законы описывают данное явление или эффект; истолковывать смысл физических величин и понятий; записывать уравнения для физических величин в системе Гаусса. *Владеет*: применением основных методов физико-математического анализа для решения естественнонаучных задач в теории электромагнитных явлений; самостоятельным приобретением и применением знаний.

Изучение курса способствует развитию общеобразовательных умений студента:

приобретать новые знания, основываясь на полученных при изучении курса знаниях и умениях;

собирать, обрабатывать и интерпретировать данные, необходимые для формирования суждений по соответствующим проблемам;

использовать в познавательной и профессиональной деятельности навыки работы с информацией из различных источников;

применять на практике и в научно-исследовательской деятельности базовые профессиональные знания;

использовать полученные специализированные знания для освоения профильных физических дисциплин (в соответствии с профилем подготовки);

понимать и излагать получаемую информацию.

IV. Содержание и структура дисциплины

Объем дисциплины составляет 5 зачетных еденицы, 180 часов, в том числе 132 ч. контактной работы.

Занятия проводятся только в очной форме обучения с применением дистанционного контроля самостоятельной работы студентов через ЭИОС факультета. Электронной и дистанционной форм обучения не предусматривается.

На практическую подготовку отводится 60 аудиторных часов.

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/п	Раздел дисциплины/ темы	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся , практическую подготовку и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации *(по семестрам)*
					Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельная работа	
					Лекции	Семинарские /практические /лабораторные занятия	Консультации		
1	1-16	4	180	60	60	60	2	22	Практическое задание; экзаменационные билеты
Итого:			180	60	60	60	2	22	

4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
4	Тема 1-6	Задание в виде задачи	После пройденных тем	22	Демонстрация готовых решений	Источники из основной и дополнительной литературы по теме практических занятий; Образовательные ресурсы, доступные по логину и паролю, предоставляемым Науч-

						ной библиотекой ИГУ.

4.3. Содержание учебного материала

Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1 Электростатика

Уравнение Пуассона, функция Грина, закон Кулона. Разложение потенциала электростатического поля по мультиполям. Энергия системы зарядов во внешнем поле.

Тема 2 Магнитостатика

Уравнение для векторного потенциала стационарного тока, его решение, закон Био-Савара-Лапласа. Сила Лоренца, закон Ампера для взаимодействия двух токов, электродинамическая постоянная. Магнитный дипольный момент и векторный потенциал системы токов. Сила и момент силы, действующие на магнитный диполь во внешнем поле.

Тема 3 Динамические уравнения Максвелла

Закон электромагнитной индукции Фарадея, закон сохранения заряда, ток смещения Максвелла для зависящих от времени полей. Сохранение энергии в электродинамике. Вектор Пойнтинга. Калибровочная инвариантность, уравнения для потенциалов.

Тема 4 Электромагнитные волны: Волновое уравнение для полей и потенциалов и его решение, поперечность электромагнитных волн, вектор Пойнтинга. Плоские монохроматические волны, поляризация.

Тема 5 Основы теории излучения

Функция Грина для оператора Даламбера, запаздывающие потенциалы. Потенциалы Лиенара-Вихерта, Электромагнитное поле ускоряемого точечного заряда. Угловое распределение интенсивности излучения, формула Лармора. Ближняя, индуцированная и волновая зоны поля излучения нерелятивистской системы зарядов, поле в ближней зоне. Поле в волновой зоне, электрическое дипольное и магнитное дипольное излучение, поляризация и мощность.

Тема 6 Релятивистская формулировка электродинамики

Специальная теория относительности: опытные факты, постулаты Эйнштейна, преобразования Лоренца. Четырехвекторы и четырехтензоры. Четырехмерный потенциал. Тензор электромагнитного поля. Уравнения Максвелла в ковариантной форме. Закон преобразования компонент электромагнитного поля.

4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1.	1	Уравнение Пуассона	2	Оценка устных ответов, оценка работы у доски, выполнение контрольных работ, оценка домашней работы.	ОПК-1
2.	1	Функция Грина	2		ОПК-1
3.	1	закон Кулона	2		ОПК-1
4.	1	Разложение потенциала электростатического поля по мультиполям	2		ОПК-1
5.	2	Уравнение для векторного потенциала стационарного тока	2		ОПК-1
6.	2	Решение уравнения для векторного потенциала	2		ОПК-1
7.	2	Закон Био-Савара-Лапласа	2		ОПК-1
8.	2	Магнитный дипольный момент и векторный потенциал системы токов	2		ОПК-1
9.	3	Закон электромагнитной индукции Фа-	2		ОПК-1

		радея			
10.	3	Закон сохранения заряда, ток смещения Максвелла для зависящих от времени полей	2		ОПК-1
11.	3	Сохранение энергии в электродинамике. Вектор Пойнтинга	2		ОПК-1
12.	3	Калибровочная инвариантность, уравнения для потенциалов.	2		ОПК-1
13.	4	Волновое уравнение для полей и потенциалов и его решение	2		ОПК-1
14.	4	Поперечность электромагнитных волн, вектор Пойнтинга.	2		ОПК-1
15.	4	Плоские монохроматические волны	2		ОПК-1
16.	4	Поляризация	2		ОПК-1
17.	5	Функция Грина для оператора Даламбера, запаздывающие потенциалы	2		ОПК-1
18.	5	Потенциалы Лиенара-Вихерта, Электромагнитное поле ускоряемого точечного заряда.	2		ОПК-1
19.	5	Угловое распределение интенсивности излучения, формула Лармора	2		ОПК-1
20.	5	Ближняя, индуцированная и волновая зоны поля излучения нерелятивистской системы зарядов	2		ОПК-1
21.	5	Поле в волновой зоне, электрическое дипольное и магнитное дипольное излучение	2		ОПК-1
22.	5	Поле в волновой зоне, электрическое дипольное и магнитное дипольное излучение, поляризация и мощность.	2		ОПК-1
23.	6	Специальная теория относительности: опытные факты	2		ОПК-1
24.	6	Постулаты Эйнштейна, преобразования Лоренца	2		ОПК-1
25.	6	. Четырехвекторы и четырехтензоры. Четырехмерный потенциал. Тензор электромагнитного поля.	4		ОПК-1
26.	6	Уравнения Максвелла в ковариантной форме	4		ОПК-1
27.	6	Закон преобразования компонент электромагнитного поля.	4		ОПК-1

4.3.2. План самостоятельной работы студентов

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1-4	Электростатика	Внеаудиторная, решение задач	2 (задачи параграфов 1,2 гл1)	1, 2	8
5-11	Динамические уравнения Максвелла	Внеаудиторная, решение задач	2 (задачи параграфа 1 гл3)	1,2	8
12-16	Электромагнитные волны	Внеаудиторная, решение задач	2 (задачи параграфа 1 гл4)	1,2	6

4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Основная задача высшего образования заключается в формировании творческой личности специалиста, способного к саморазвитию, самообразованию, инновационной деятельности.
Самостоятельная работа реализуется:
1. Непосредственно в процессе аудиторных занятий - на лекциях, практических и семинарских занятиях, при выполнении лабораторных работ.
2. В контакте с преподавателем вне рамок расписания - на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.
3. В библиотеке, дома, в общежитии, на кафедре при выполнении студентом учебных и творческих задач.
Границы между этими видами работ достаточно размыты, а сами виды самостоятельной работы пересекаются. Таким образом, самостоятельной работа студентов может быть как в аудитории, так и вне ее.

4.5. Примерная тематика курсовых работ:

Учебным планом не предусмотрено написание курсовых работ.

V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) список литературы

основная литература

1. **Ландау, Лев Давидович** Теоретическая физика [Текст] : учеб. пособие для студ. физ. спец. ун-тов : в 10 т. / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. - 8-е изд., стер. - М. : Физматлит. - 22 см.
Т. 2 : **Теория поля** / ред. Л. П. Питаевский. - 2012. - 533 с.
2. **Алексеев, Алексей Иванович**. **Сборник задач по классической электродинамике** : учеб. пособие / А. И. Алексеев. - 2-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2008. - 318 с. (12)

дополнительная литература

1. **Бредов, Михаил Михайлович**. **Классическая электродинамика** [Текст] : учеб. пособие / М.М. Бредов, В.В. Румянцев, И.Н. Топтыгин;Под ред. И.Н. Топтыгина. - СПб. : Лань, 2003. - 399 с. (188)
2. **Батыгин, Владимир Владимирович**. **Сборник задач по электродинамике** и специальной теории относительности [Текст] : учеб. пособие / В. В. Батыгин, И. Н. Топтыгин. - 4-е изд., перераб. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2010. - 473 с. (44)
3. **Батыгин, Владимир Владимирович**. **Сборник задач по электродинамике** [Текст] : методические указания / В.В. Батыгин, И.Н. Топтыгин; Ред. М.М. Бредов. - 3-е изд., испр. . - Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, 2002. - 639 с. (1)
4. Дж. Джексон «Классическая электродинамика», 1965 (1)
5. Б.В. Мангазеев. Классическая электродинамика (электро- и магнитостатика), 2003, ИГУ, (в библиотеке 50 экз.)
6. Б.В. Мангазеев. Классическая электродинамика (динамические уравнения Максвелла, электромагнитные волны), 2006, ИГУ, (в библиотеке 110 экз.)

б) периодические издания

- нет.

в) список авторских методических разработок

- нет.

г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

интернет ресурсы в свободном доступе, на сайте ИГУ www.isu.ru и физического факультета ИГУ.

VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебная аудитория для проведения занятий. Для проведения занятий лекционного типа в качестве демонстрационного оборудования используется меловая доска. Наглядность обеспечивается путем изображения схем, диаграмм и формул с помощью мела. Использование глобальной компьютерной сети позволяет обеспечить доступность Интернет-ресурсов и реализовать самостоятельную работу студентов. На лекциях могут использоваться мультимедийные средства: проектор, переносной экран, ноутбук. На факультете имеется компьютеризированная аудитория, предназначенная для самостоятельной работы, с неограниченным доступом в Интернет.

Материалы: учебно-методические пособия, задания для аудиторной и самостоятельной работы студентов.

VII. Образовательные технологии:

Задачи изложения и изучения дисциплины реализуются в следующих формах деятельности:

лекции, нацеленные на получение необходимой информации, и ее использование при решении практических задач;

практические занятия, направленные на активизацию познавательной деятельности студентов и приобретения ими навыков решения практических и проблемных задач;

консультации –еженедельно для всех желающих студентов;

самостоятельная внеаудиторная работа направлена на приобретение навыков самостоятельного решения задач по дисциплине;

текущий контроль за деятельностью студентов осуществляется на лекционных и практических занятиях в ходе самостоятельного решения задач, в том числе у доски.

VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации

Фонд оценочных средств представлен в приложении.

8.1. Оценочные средства для входного контроля: не требуются.

8.2 Оценочные средства текущего контроля — контрольные работы

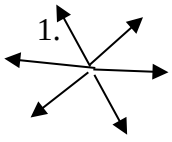
Вариант контрольной работы

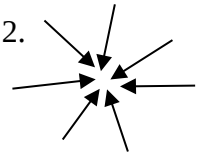
69. Бесконечная плоская плита толщиной a равномерно заряжена по объему с плотностью ρ. Найти потенциал φ и напряженность $\mathbf{E}$ электрического поля.

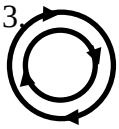
84. Рассматривая атомное ядро как равномерно заряженный шар, найти максимальное значение напряженности его электрического поля E_{max}. Радиус ядра $R = 1{,}5 \cdot 10^{-13} A^{\frac{1}{3}}$ *см*, заряд Ze_0 (A — атомный вес, Z — порядковый номер, e_0 — элементарный заряд).

Примеры вопросов

Какая из нарисованных конфигураций электростатического поля невозможна?

1. 

2. 

3. 

4.

Сила Ампера, действующая на бесконечно малый элемент с током I А в магнитном поле, записывается в виде:

$$d\vec{F} = I[d\vec{l} \times \vec{B}] \qquad dF = IdlB$$

$$\vec{F} = q[\vec{v} \times \vec{B}] \qquad d^2\vec{F} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I_1 I_2 [d\vec{l}_1 \times [\vec{dl}_2 \times \vec{r}_{12}]}{r_{12}^3}$$

Вывести уравнение Пуассона $\Delta\varphi = -4\pi\rho$ из уравнений Максвелла для электрического поля в электростатике.

Поперечность электромагнитных волн означает

поперечная компонента электрического поля волны равна нулю	продольная компонента магнитного поля волны равна нулю
волна распространяется в направлении поперечном к вектору тока	векторы поля перпендикулярны направлению распространения волны

8.3 Оценочные средства промежуточного контроля

Форма проведения промежуточной аттестации — экзамен.

Вопросы и задания к экзамену

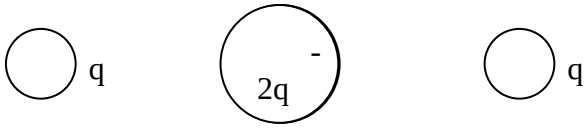
Вопросы

1. Основные части и структура классической электродинамики. Уравнения Максвелла.
2. Электростатика:
   Уравнение Пуассона, функция Грина, закон Кулона.
   Разложение потенциала электростатического поля по мультиполям.
   Энергия системы зарядов во внешнем поле.
3. Магнитостатика:
   Уравнение для векторного потенциала стационарного тока, его решение, закон Био-Савара-Лапласа.
   Сила Лоренца, закон Ампера для взаимодействия двух токов, электродинамическая постоянная.
   Магнитный дипольный момент и векторный потенциал системы токов.
   Сила и момент силы, действующие на магнитный диполь во внешнем поле.
4. Закон электромагнитной индукции Фарадея, закон сохранения заряда, ток смещения Максвелла для зависящих от времени полей.
5. Сохранение энергии в электродинамике. Вектор Пойнтинга.
6. Калибровочная инвариантность, уравнения для потенциалов.
7. Электромагнитные волны:
   Волновое уравнение для полей и потенциалов и его решение, поперечность электромагнитных волн, вектор Пойнтинга.
   Плоские монохроматические волны, поляризация.
8. Функция Грина для оператора Даламбера, запаздывающие потенциалы.
9. Потенциалы Лиенара-Вихерта, Электромагнитное поле ускоряемого точечного заряда. Угловое распределение интенсивности излучения, формула Лармора.
10. Простейшие излучающие системы:
    Ближняя, индуцированная и волновая зоны поля излучения нерелятивистской системы зарядов, поле в ближней зоне.
    Поле в волновой зоне, электрическое дипольное и магнитное дипольное излучение, поляризация и мощность.
11. Специальная теория относительности: опытные факта, постулаты Эйнштейна, преобразования Лоренца.

12. Четырехвекторы и четырехтензоры. Четырехмерный потенциал. Тензор электромагнитного поля. Уравнения Максвелла в ковариантной форме. Закон преобразования компонент электромагнитного поля.

Примеры заданий

1. Найти поле электрического диполя.
2. Найти энергию электростатического поля равномерно заряженного шара.
3. При каком условии электрический дипольный момент не зависит от выбора начала координат. Доказать, что у системы частиц, для которых отношение заряда к массе одинаково, электрическое дипольное излучение отсутствует.
4. Потенциал электростатического поля в атоме водорода имеет вид $\phi(r) = \frac{e_0}{a} e^{-\frac{2r}{a}} (\frac{a}{r} + 1)$, где e_0, a –постоянные. Найти распределение заряда ρ(r).
5. Найти вектор-потенциал однородного магнитного поля.
6. Найти поле однородно заряженного шара.
7. Доказать, что магнитный момент постоянного тока, текущего в ограниченной области пространства не зависит от выбора начала координат.
8. Найти энергию взаимодействия двух однородно заряженных шаров.



9. Найти потенциал φ и поле E равномерно заряженного отрезка.
10. Найти поле и потенциал однородно заряженного бесконечного цилиндра.
11. Найти энергию электрического поля равномерно заряженного шара.
12. Определить энергию, теряемую заряженной частицей при пролете через конденсатор.
13. Найти гиромагнитное отношение для равномерно заряженного шара, вращающегося с угловой скоростью ω.
14. Найти поле и потенциал однородно заряженного бесконечного плоского слоя.
15. Найти силу взаимодействия двух прямолинейных бесконечных тонких проводников, приходящуюся на единицу их длины.
16. Найти магнитное поле, создаваемое бесконечным прямолинейным током.
17. Найти магнитное поле магнитного диполя.
18. Найти магнитное поле тонкого кольцевого проводника на оси, проходящей через его центр перпендикулярно его плоскости.

Разработчики:

доцент кафедры теоретической физики Б.В. Мангазеев

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 Физика.

Программа рассмотрена на заседании кафедры теоретической физики

«30» августа 2021 г.

Протокол №1 И.о. зав. кафедрой С.В. Ловцов

Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.