

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сердитова Наталья Евгеньевна
Должность: проректор по образовательной деятельности
Дата подписания: 25.08.2025 16:35:17
Уникальный программный ключ:
6cb002877b2a1ea640fdebb0cc541e4e05322d13

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
ФГБОУ ВО «ТВЕРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Утверждаю:

Руководитель ООП

Е.В. Барабанова



«26» июня 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

Электродинамика

Закреплена за
кафедрой:

Общей физики

Направление
подготовки:

03.03.03 Радиофизика

Направленность
(профиль):

**Материалы и устройства радиоэлектроники
(беспилотные системы, программно-аппаратные
комплексы, системы автоматизированного
проектирования)**

Квалификация:

Бакалавр

Форма обучения:

очная

Семестр:

5,6

Программу составил(и):

канд. физ.-мат. наук, доц., Сдобняков Н.Ю.

Тверь, 2025

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели освоения дисциплины (модуля):

изучение и освоение студентами основных теоретических методов описания и исследования электромагнитных явлений и приобретение навыков самостоятельной постановки и решения задач классической электродинамики. Данная дисциплина представляет собой один из важнейших разделов профессионального цикла «Теоретическая физика». Знание ее необходимо для специалиста, работающего в области физики. Электродинамике принадлежит одно из важнейших мест в ряду других разделов физики не только из-за ее весьма значительного прикладного значения, но и благодаря ее исключительной роли в познании природы, в том числе в формировании квантовой теории и теории относительности. В связи с этим первой задачей курса «Электродинамика» является формирование у студентов единой, логически непротиворечивой физической картины, связывающей все изучаемые явления, теории и модели их описания. При этом решается задача формирования научного мировоззрения и современного физического мышления. Изучение курса должно происходить последовательно, не ограничиваясь только понятийным аппаратом, со строгим математическим и логическим обоснованием всех получаемых результатов в рамках используемых теоретических моделей. В результате изучения курса студенты должны усвоить фундаментальную базу теоретических знаний по электродинамике, а также получить систему практических навыков использования этих знаний для постановки математической задачи описания любого явления или процесса, связанного с законами электромагнетизма, и последовательного решения этой задачи.

Программа курса строится на основе с утвержденными стандартами на дисциплины «Электродинамика» и «Электродинамика сплошных сред». Объединение в одном курсе этих дисциплин обеспечивает единую методологическую основу для их углубленного изучения и для широкого использования в последующих базовых учебных курсах, а также в специальных курсах, изучаемых на физико-техническом факультете. Кроме того, это позволяет избежать излишнего дублирования в условиях общего дефицита аудиторных учебных часов. Курс содержит 26 разделов, в том числе основные уравнения электродинамики и теории электромагнетизма, электромагнитные поля и волны заданных источников, электромагнитные поля и волны заданных источников, взаимодействие электромагнитного поля с зарядами, релятивистская электродинамика.

Задачи:

- изучение принципа релятивистской инвариантности законов электродинамики;
- принципа суперпозиции полей;
- принципа калибровочной инвариантности;
- приложений методов математической физики для решения основных задач электродинамики:

- а) движение точечных зарядов в электромагнитном поле;
- б) описание полей создаваемых системами зарядов;
- в) распространение электромагнитных полей в вакууме и веществе.

Методика преподавания курса идеологически соответствует содержанию курса теоретической физики Л.Д.Ландау и Е.М. Лифшица и лекций по физике Р.Фейнмана, которые представляют признанные стандарты преподавания теоретической физики.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Цикл (раздел) ОП: Б1.О

Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Математический анализ

Аналитическая геометрия и линейная алгебра

Векторный и тензорный анализ

Теория функций комплексного переменного

Методы математической физики

Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

Теоретическая механика

Квантовая механика

Распространение электромагнитных волн

Преддипломная практика

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость	7 ЗЕТ
Часов по учебному плану	252
в том числе:	
аудиторные занятия	124
самостоятельная работа	101
часов на контроль	27

4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

ОПК-1.1: Обладает базовыми знаниями в области физики и радиофизики

ОПК-2.2: Проводит теоретическое изучение объектов, систем и процессов в рамках темы научного исследования

УК-1.1: Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие

УК-1.2: Определяет, интерпретирует и ранжирует информацию, требуемую для решения поставленной задачи

УК-1.5: Рассматривает и предлагает возможные варианты решения поставленной задачи, оценивая их достоинства и недостатки

5. ВИДЫ КОНТРОЛЯ

Виды контроля в семестрах:	
экзамены	6
зачеты	5

6. ЯЗЫК ПРЕПОДАВАНИЯ

Язык преподавания: русский.

7. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занят.	Наименование разделов и тем	Вид занятия	Семестр / Курс	Часов	Источники	Примечание
	Раздел 1. 1. Введение. Основные понятия векторного и тензорного анализа. Предмет электродинамики. История - основные этапы эволюции, современное состояние, перспективы развития. Роль электродинамики в современной физической картине мира. Связь с другими дисциплинами.					

1.1	Введение	Лек	5	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4	
1.2	Введение	Ср	5	3		
	Раздел 2. 2. Принцип относительности. Скорость распространения взаимодействий. Собственное время. Преобразование Лоренца. Преобразование скорости. Четырехмерные векторы. Четырехмерная скорость.					
2.1	Принцип относительности	Лек	5	2		
2.2	Принцип относительности	Пр	5	2		
2.3	Принцип относительности	Ср	5	5		
	Раздел 3. 3. Релятивистская механика. Принцип наименьшего действия. Энергия и импульс. Преобразование функции распределения. Распад частиц . Инвариантное сечение . Упругие столкновения частиц. Момент импульса.					
3.1	Релятивистская механика	Лек	5	3		
3.2	Релятивистская механика	Пр	5	3		
3.3	Релятивистская механика	Ср	5	5		

	Раздел 4. 4. Заряд в электромагнитном поле. Элементарные частицы в теории относительности. Четырехмерный потенциал поля. Уравнение движения заряда в поле. Калибровочная инвариантность. Постоянное электромагнитное поле. Движение в постоянном однородном электрическом поле. Движение в постоянном однородном магнитном поле. Движение заряда в постоянных однородных электрическом и магнитном полях. Тензор электро-магнитного поля. Преобразование Лоренца для поля.2 Инварианты поля.					
4.1	Заряд в электромагнитном поле	Лек	5	3		
4.2	Заряд в электромагнитном поле	Пр	5	3		
4.3	Заряд в электромагнитном поле	Ср	5	5		
	Раздел 5. 5. Уравнения электромагнитного поля. Первая пара уравнений Максвелла. Действие для электромагнитного поля. Четырехмерный вектор тока. Уравнение непрерывности. Вторая пара уравнений Максвелла. Плотность и поток энергии. Тензор энергии-импульса. Тензор энергии - импульса электромагнитного поля. Теорема вириала1. Тензор энергии-импульса макроскопических тел.1					
5.1	Уравнения электромагнитного поля	Лек	5	3		
5.2	Уравнения электромагнитного поля	Пр	5	3		
5.3	Уравнения электромагнитного поля	Ср	5	3		

	Раздел 6. 6. Постоянное электромагнитное поле. Закон Кулона. Электростатическая энергия зарядов. Поле равномерно движущегося заряда. Движение в кулоновском поле. Дипольный момент. Мультипольные моменты. Система зарядов во внешнем поле. Постоянное магнитное поле. Магнитный момент. 2. Теорема Лармора					
6.1	Постоянное электромагнитное поле	Лек	5	3		
6.2	Постоянное электромагнитное поле	Пр	5	4		
6.3	Постоянное электромагнитное поле	Ср	5	2		
	Раздел 7. 7. Электромагнитные волны. Волновое уравнение. Плоские волны. Монохроматическая плоская волна. Спектральное разложение. Частично поляризованный свет. Разложение электростатического поля. Собственные колебания поля.					
7.1	Электромагнитные волны	Лек	5	3		
7.2	Электромагнитные волны	Пр	5	4		
7.3	Электромагнитные волны	Ср	5	2		
	Раздел 8. 8. Распространение света. Геометрическая оптика. Интенсивность. Угловой эйконал. Тонкие пучки лучей. Отображение широкими пучками лучей. Пределы геометрической оптики. Дифракция. Дифракция Френеля. Дифракция Фраунгофера					
8.1	Распространение света	Лек	5	2		
8.2	Распространение света	Пр	5	2		
8.3	Распространение света	Ср	5	5		

	Раздел 9. 9. Поле движущихся зарядов. Запаздывающие потенциалы. Потенциалы Лиенара - Вихерта. Спектральное разложение запаздывающих потенциалов. Функция Лагранжа с точностью до членов второго порядка					
9.1	Поле движущихся зарядов	Лек	5	2		
9.2	Поле движущихся зарядов	Пр	5	2		
9.3	Поле движущихся зарядов	Ср	5	2		
	Раздел 10. 10. Излучение электромагнитных волн. Поле системы зарядов на далеких расстояниях. Дипольное излучение. Дипольное излучение при столкновениях. Тормозное излучение малых частот. Излучение при кулоновском взаимодействии. Квадрупольное и магнито-дипольное излучения. Поле излучения на близких расстояниях. Излучение быстро движущегося заряда. Магнито-тормозное излучение. Торможение излучением. Торможение излучением в релятивистском случае. Спектральное разложение излучения в ультрарелятивистском случае. Рассеяние свободными зарядами. Рассеяние волн с малыми частотами. Рассеяние волн с большими частотами.					
10.1	Излучение электромагнитных волн	Лек	5	2		
10.2	Излучение электромагнитных волн	Пр	5	2		
10.3	Излучение электромагнитных волн	Ср	5	2		
	Раздел 11. 11. Электростатика проводников. Электростатическое поле проводников. Энергия электростатического поля проводников. Методы решения электростатических задач.2 Сила, действующая на проводник.					

11.1	Электростатитка проводников	Лек	5	3		
11.2	Электростатитка проводников	Пр	5	3		
11.3	Электростатитка проводников	Ср	5	2		
	Раздел 12. 12.Электростатика диэлектриков. Электростатическое поле в диэлектриках. Диэлектрическая проницаемость. Термодинамические соотношения для диэлектриков в электрическом поле. Полная свободная энергия диэлектрического тела. Электрострикция изотропных диэлектриков. Пьезоэлектрики и сегнетоэлектрики.					
12.1	Электростатика диэлектриков	Лек	5	3		
12.2	Электростатика диэлектриков	Пр	5	3		
12.3	Электростатика диэлектриков	Ср	5	2		
	Раздел 13. 13. Постоянный электрический ток. Плотность тока и проводимость. Эффект Холла. Контактная разность потенциалов. Гальванический элемент. Термоэлектрические явления. Термогальваномагнитные явления.					
13.1	Постоянный электрический ток	Лек	5	3		
13.2	Постоянный электрический ток	Пр	5	3		
13.3	Постоянный электрический ток	Ср	5	2		
	Раздел 14. 14. Постоянное магнитное поле. Постоянное магнитное поле. Магнитное поле постоянных токов. Термодинамические соотношения в магнитном поле. Полная энергия магнетика. Энергия системы токов.Самоиндукция линейных проводников. Силы в магнитном поле. Гиромангнитные явления.1					
14.1	Постоянное магнитное поле	Лек	6	3		

14.2	Постоянное магнитное поле	Пр	6	3		
14.3	Постоянное магнитное поле	Ср	6	5		
	Раздел 15. 15. Ферромагнетизм и антиферромагнетизм. Магнитная симметрия кристаллов. Ферромагнетик вблизи точки Кюри. Магнитострикция ферромагнетиков. Антиферромагнетик вблизи точки Кюри.					
15.1	Ферромагнетизм и антиферромагнетизм	Лек	6	2		
15.2	Ферромагнетизм и антиферромагнетизм	Пр	6	2		
15.3	Ферромагнетизм и антиферромагнетизм	Ср	6	5		
	Раздел 16. 16. Сверхпроводимость. Магнитные свойства сверхпроводников. Сверхпроводящий ток. Критическое поле. Промежуточное состояние и его структура.					
16.1	Сверхпроводимость	Лек	6	2		
16.2	Сверхпроводимость	Пр	6	2		
16.3	Сверхпроводимость	Ср	6	5		
	Раздел 17. 17. Квазистационарное электромагнитное поле. Уравнение квазистационарного поля. Глубина проникновения магнитного поля в проводник. Скин-эффект. Комплексное сопротивление.1 Емкость в цепи квазистационарного тока.1 Движение проводника в магнитном поле.1					
17.1	Квазистационарное электромагнитное поле.	Лек	6	3		
17.2	Квазистационарное электромагнитное поле.	Пр	6	3		
17.3	Квазистационарное электромагнитное поле.	Ср	6	5		

	Раздел 18. 18. Магнитная гидродинамика. Уравнение движения жидкости в магнитном поле. диссипативные процессы в магнитной гидродинамике. Магнитодинамические волны. Ударные волны. Условие эволюционности ударных волн.					
18.1	Магнитная гидродинамика	Лек	6	2		
18.2	Магнитная гидродинамика	Пр	6	2		
18.3	Магнитная гидродинамика	Ср	6	5		
	Раздел 19. 19. Уравнения электромагнитных волн. Уравнения поля в диэлектриках в отсутствии дисперсии. Электродинамика движущихся диэлектриков. Дисперсия диэлектрической проницаемости. Диэлектрическая проницаемость при очень больших частотах. Дисперсия магнитной проницаемости. Энергия поля диспергирующих сред. Аналитические свойства функции . Плоская монохроматическая волна. Прозрачные среды.					
19.1	Уравнения электромагнитных волн	Лек	6	2		
19.2	Уравнения электромагнитных волн	Пр	6	2		
19.3	Уравнения электромагнитных волн	Ср	6	5		
	Раздел 20. 20. Распространение электромагнитных волн. Геометрическая оптика. Отражение и преломление волн. Поверхностных импеданс металлов. Распространение волн в неоднородной среде. Принцип взаимности. Электромагнитные колебания волн в полых резонаторах. Распространение электромагнитных волн в волноводах. Рассеяние и поглощение электромагнитных волн на малых частицах. Дифракция на клине и плоском экране.					

20.1	Распространение электромагнитных волн	Лек	6	2		
20.2	Распространение электромагнитных волн	Пр	6	2		
20.3	Распространение электромагнитных волн	Ср	6	5		
	Раздел 21. 21. Электромагнитные волны в анизотропных средах. Диэлектрическая проницаемость кристаллов. Плоская волна в анизотропной среде. Оптические свойства одноосных кристаллов. Двуосные кристаллы.					
21.1	Электромагнитные волны в анизотропных средах.	Лек	6	2		
21.2	Электромагнитные волны в анизотропных средах.	Пр	6	2		
21.3	Электромагнитные волны в анизотропных средах.	Ср	6	5		
	Раздел 22. 22. Пространственная дисперсия. Пространственная дисперсия. Естественная оптическая активность. Пространственная дисперсия оптиически неактивных средах. Пространственная дисперсия вблизи линии поглощения.					
22.1	Пространственная дисперсия.	Лек	6	2		
22.2	Пространственная дисперсия.	Пр	6	2		
22.3	Пространственная дисперсия.	Ср	6	5		
	Раздел 23. 23. Нелинейная оптика. Преобразование частот в нелинейных средах. Нелинейная проницаемость. Генерация второй гармоники. Сильные электромагнитные волны. Вынужденное комбинационное рассеяние.					
23.1	Нелинейная оптика	Лек	6	2		
23.2	Нелинейная оптика	Пр	6	2		
23.3	Нелинейная оптика	Ср	6	5		

	Раздел 24. 24. Прохождение быстрых частиц через вещество. Ионизационные потери быстрых частиц в веществе. Излучение Черенкова.					
24.1	Прохождение быстрых частиц через вещество.	Лек	6	2		
24.2	Прохождение быстрых частиц через вещество.	Пр	6	2		
24.3	Прохождение быстрых частиц через вещество.	Ср	6	5		
	Раздел 25. 25. Рассеяние электромагнитных волн. Принцип детального равновесия при рассеянии. Рассеяние с малым изменением частоты. Релеевское рассеяние в газах и жидкостях.					
25.1	Рассеяние электромагнитных волн	Лек	6	2		
25.2	Рассеяние электромагнитных волн	Пр	6	2		
25.3	Рассеяние электромагнитных волн	Ср	6	4		
	Раздел 26. 26. Дифракция рентгеновских лучей в кристаллах.					
26.1	26. Дифракция рентгеновских лучей в кристаллах.	Лек	6	2		
26.2	Дифракция рентгеновских лучей в кристаллах.	Пр	6	2		
26.3	Дифракция рентгеновских лучей в кристаллах.	Ср	6	2		
	Раздел 27. экзамен					
27.1	экзамен	Экзамен	6	27		

8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8.1. Оценочные материалы для проведения текущей аттестации

1. Найти закон преобразования плотности энергии, плотности потока энергии и компонент тензора напряжений при преобразовании Лоренца.
2. Найти закон преломления линий тока на плоской поверхности раздела двух сред с проводимостями s_1 и s_2 .
3. Получить закон Джоуля-Ленца в дифференциальной форме.
4. Определить дифракцию Фраунгофера при нормальном падении плоской волны на бесконечную щель ширины a с параллельными краями, прорезанную в непрозрачном экране.
5. Разложить поле равномерно и прямолинейно движущегося заряда на плоские волны.
6. Определить собственные частоты электрических колебаний в двух индуктивно связанных контурах, содержащих самоиндукции L_1 и L_2 , емкости C_1 и C_2 .

8.2. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

см. приложение

8.3. Требования к рейтинг-контролю

Форма проведения экзамена: студенты, освоившие программу курса могут получить оценку по итогам семестровой и полусеместровой рейтинговой аттестации согласно «Положению о рейтинговой системе обучения ТвГУ» (протокол №8 от 30 апреля 2020 г.).

Если условия «Положения о рейтинговой системе ...» не выполнены, то экзамен сдается согласно «Положению о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) обучающихся по программам высшего образования ТвГУ» (протокол №11 от 28 апреля 2021 г.)

ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ

Модуль 1: разделы заданий – 1, 2, 3, 4, 5

Модуль 2: разделы заданий – 6, 7, 8, 9, 10

Модуль 3: разделы заданий – 11, 12, 13, 14, 15, 16

Модуль 4: разделы заданий – 17, 18, 19.20, 21, 22, 23, 24

Если семестр заканчивается зачетом, то максимальное число баллов 100 за семестр.

Изучение дисциплины в течение семестра подразделено на 2 модуля:

1 модуль: максимум – 40 баллов, из них 30 баллов – текущая работа, 10 баллов – рейтинг-контроль;

2 модуль: максимум – 60 баллов, из них 50 баллов – текущая работа, 10 баллов – рейтинг-контроль.

Обучающемуся, набравшему 40 баллов и выше по итогам работы в семестре, выставляется «зачет». Обучающийся, набравший до 39 баллов, сдает зачет.

Если семестр заканчивается экзаменом, всего студент может получить 100 баллов = 60 баллов на модули + 40 баллов на экзамене

В течение семестра два раза (на модульных неделях) необходимо:

1) сдать преподавателю решения домашних задач, полученных из указанных сборников задач – всего до 25 баллов;

2) показать конспекты лекций и семинарских занятий – всего до 10 баллов;

3) ответить на вопросы промежуточной аттестации и теста – всего до 25 баллов.

Обучающемуся, набравшему 40–54 балла, при подведении итогов семестра (на последнем занятии по дисциплине) в рейтинговой ведомости учета успеваемости и зачетной книжке может быть выставлена оценка «удовлетворительно».

Обучающемуся, набравшему 55–57 баллов, при подведении итогов семестра (на последнем занятии по дисциплине) в графе рейтинговой ведомости учета успеваемости «Премияльные баллы» может быть добавлено 15 баллов и выставлена экзаменационная оценка «хорошо».

Обучающемуся, набравшему 58–60 баллов, при подведении итогов семестра (на последнем занятии по дисциплине) в графе рейтинговой ведомости учета успеваемости «Премияльные баллы» может быть добавлено 27 баллов и выставлена экзаменационная оценка «отлично».

Обучающийся, набравший до 39 баллов включительно, сдает экзамен.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

9.1. Рекомендуемая литература

9.1.1. Основная литература

Шифр	Литература
------	------------

Л1.1	Ландау, Лифшиц, Теоретическая физика. Том 8. Электродинамика сплошных сред, Москва: Издательская фирма "Физико-математическая литература" (ФИЗМАТЛИТ), 2016, ISBN: 978-5-9221-1702-9, URL: https://znanium.com/catalog/document?id=369179
Л1.2	Ландау, Лифшиц, Теоретическая физика. Том 2. Теория поля, Москва: Издательская фирма "Физико-математическая литература" (ФИЗМАТЛИТ), 2018, ISBN: 978-5-9221-1568-1, URL: https://znanium.com/catalog/document?id=369175
Л1.3	Батыгин В. В., Топтыгин И. Н., Сборник задач по электродинамике и специальной теории относительности, Санкт-Петербург: Лань, 2022, ISBN: 978-5-8114-0921-1, URL: https://e.lanbook.com/book/210440

9.1.2. Дополнительная литература

Шифр	Литература
Л2.1	Лотов, Физика сплошных сред, Москва: Юрайт, 2022, ISBN: 978-5-534-10208-6, URL: https://urait.ru/bcode/494788
Л2.2	Крамм М. Н., Сборник задач по основам электродинамики, Санкт-Петербург: Лань, 2022, ISBN: 978-5-8114-1122-1, URL: https://e.lanbook.com/book/210614
Л2.3	Фальковский О. И., Техническая электродинамика, Санкт-Петербург: Лань, 2022, ISBN: 978-5-8114-0980-8, URL: https://e.lanbook.com/book/210371
Л2.4	Бредов М. М., Румянцев В. В., Топтыгин И. Н., Классическая электродинамика, Санкт-Петербург: Лань, 2022, ISBN: 5-8114-0511-1, URL: https://e.lanbook.com/book/210194

9.3.1 Перечень программного обеспечения

1	Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows
2	Adobe Acrobat Reader
3	Google Chrome
4	WinDjView
5	OpenOffice
6	Mozilla Firefox
7	Многофункциональный редактор ONLYOFFICE

9.3.2 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1	Репозиторий ТвГУ
2	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (подписка на журналы)
3	ЭБС ТвГУ
4	ЭБС BOOK.ru
5	ЭБС «Лань»
6	ЭБС «Университетская библиотека онлайн»
7	ЭБС «ЮРАИТ»
8	ЭБС «ZNANIUM.COM»

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Аудит-я	Оборудование
3-226	комплект учебной мебели, Микшерный пульт, Аудиокомплект, Интерактивная система, проектор, Телекоммуникационные шкафы, экран, компьютер

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ И РЕКОМЕНДАЦИИ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

- Наименование разделов и тем Теоретический материал Решение задач типа
1. Введение в векторный и тензорный анализ [3], стр. 6-9; 13-15 [3], № 1.9, 1.13, 1.25, 1.28, 1.38, 1.42, 1.48, 1.55, 1.63
 2. Принцип относительности [1], стр. 13-43 [3], № 3.5-3.8
 3. Релятивистская механика [1], стр. 44-68 [3], № 4.20-4.22
 4. Заряд в электромагнитном поле [1], стр. 69-97 [3], № 4.73-4.76
 5. Уравнения электромагнитного поля [1], стр. 98-127 [3], № 3.82-3.84
 6. Постоянное электромагнитное поле [1], стр. 128-152 [3], № 2.27-2.29; № 2.47-2.49
 7. Электромагнитные волны [1], стр. 153-181 [3], № 2.89-2.90
 8. Распространение света [1], стр. 182-219 [3], № 10.2-10.4
 9. Поле движущихся зарядов [1], стр. 220-234 [3], № 5.47-5.48
 10. Излучение электромагнитных волн [1], стр. 225-303 [3], № 5.71-5.72
 11. Электростатика проводников [2], стр. 13-58 [3], № 7.27-7.29
 12. Электростатика диэлектриков [2], стр. 59-135 [3], № 7.1-7.3
 13. Постоянный электрический ток [2], стр. 126-161 [3], № 8.1-8.4
 14. Постоянное магнитное поле [2], стр. 162-196 [3], № 8.35-8.37
 15. Ферромагнетизм и антиферромагнетизм [2], стр. 197-267 [3], № 8.16-8.18
 16. Сверхпроводимость [2], стр. 268-292 [3], № 8.62-8.63
 17. Квазистационарное электромагнитное поле [2], стр. 293-328 [4], № 350-354
 18. Магнитная гидродинамика [2], стр. 329-374 [4], № 860-862
 19. Уравнения электромагнитных волн [2], стр. 375-420 [3], № 414-421
 20. Распространение электромагнитных волн [2], стр. 421-476 [3], № 10.1-10.2
 21. Электромагнитные волны в анизотропных средах [2], стр. 477-513 [3], № 10.26-10.27
 22. Пространственная дисперсия [2], стр. 514-531 [3], № 10.38
 23. Нелинейная оптика [2], стр. 532-562 [3], № 10.37
 24. Прохождение быстрых частиц через вещество [2], стр. 563-587 [3], № 10.9
 25. Рассеяние электромагнитных волн [2], стр. 588-624 [3], № 10.44-10.46
 26. Дифракция рентгеновских лучей в кристаллах [2], стр. 625-643 [3], № 10.53
- 1) Рекомендуемая литература
- а) основная литература
1. Ландау Л.Д. Теоретическая физика: учебное пособие для студентов физ. специальностей ун-тов. Т. 2: Теория поля / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц; Под ред. Л. П. Питаевского. – 8-е изд.; стер. – М.: Физматлит, 2001. – 530 с.
 2. Ландау Л.Д. Теоретическая физика : учебное пособие для студентов физ. специальностей ун-тов. Т. 8: Электродинамика сплошных сред / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц; Под ред. Л.П. Питаевского. – 4-е изд.; стер. – М.: Физматлит, 2003, 2005. – 651 с.
 3. Батыгин В.В. Сборник задач по электродинамике и специальной теории относительности / В.В. Батыгин, И.Н. Топтыгин; – 4-е изд. – СПб.: Лань, 2010. – 480 с. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=544
 4. Батыгин В.В. Сборник задач по электродинамике: [для вузов] / В.В. Батыгин, И.Н. Топтыгин; Под ред. М.М. Бредова. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Наука, 1970. – 503 с.

б) дополнительная литература

1. Фальковский О.И. Техническая электродинамика [Электронный ресурс]: учеб. – Санкт-Петербург: Лань, 2009. – 432 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/403>.
2. Бредов М.М. Классическая электродинамика: учебное пособие / М.М. Бредов, В.В. Румянцев, И.Н. Топтыгин. – Санкт-Петербург: Лань, 2003. – 400 с. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/606>.
3. Буданов А.В. Основы электродинамики: учебное пособие. – Воронеж: ВГУИТ, 2010. – 183 с. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=141645>
4. Крамм М.Н. Сборник задач по основам электродинамики: учебное пособие. – Санкт-Петербург: Лань, 2011. – 256 с. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/1541>.
5. Гильденбург В.Б. Сборник задач по электродинамике: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по физ. направлениям и специальностям / В.Б. Гильденбург, М.А. Миллер. – Изд. 2-е; доп. – М.: Физматлит, 2001. – 162 с.
6. Лотов К.В. Физика сплошных сред : учебное пособие для студентов ун-тов / К.В. Лотов. – Москва; Ижевск: Ин-т компьютерных исследований, 2002. – 144 с.

Вопросы промежуточной аттестации

1. Предмет электродинамики.
2. Скорость распространения взаимодействий. Интервал. Собственное время.
3. Преобразование Лоренца.
4. Четырехмерные векторы. Четырехмерная скорость и ускорение.
5. Принцип наименьшего действия. Энергия и импульс.
6. Преобразование функции распределения.
7. Распад частиц. Инвариантное сечение.
8. Упругие столкновения частиц.
9. Момент импульса.
10. Элементарные частицы в теории относительности.
11. Четырехмерный потенциал поля. Уравнение движения заряда в поле.
12. Калибровочная инвариантность.
13. Постоянное электромагнитное поле.
14. Движение в постоянном однородном электрическом поле.
15. Движение в постоянном однородном магнитном поле.
16. Движение заряда в постоянных однородных электрических и магнитных полях.
17. Тензор электромагнитного поля.
18. Преобразования Лоренца для поля. Инварианты поля.
19. Первая пара уравнений Максвелла. Действие для электромагнитного поля.
20. Четырехмерный вектор тока. Уравнение непрерывности.
21. Вторая пара уравнений Максвелла. Плотность и поток энергии.

22. Тензор энергии-импульса. Тензор энергии- импульса электромагнитного поля.
23. Теорема Вириалла. Тензор энергии-импульса макроскопических тел.
24. Закон Кулона. Электростатическая энергия зарядов.
25. Поле равномерно движущегося заряда. Движение в кулоновском поле.
26. Дипольный момент. Мультипольные моменты.
27. Система зарядов во внешнем поле.
28. Постоянное магнитное поле. Магнитный момент. Теорема Лармора.
29. Волновое уравнение. Плоские волны.
30. Монохроматическая плоская волна. Спектральное разложение.
31. Частично поляризованный свет. Разложение электростатического поля.
32. Собственные колебания поля.
33. Геометрическая оптика. Интенсивность.
34. Угловой эйконал.
35. Тонкие пучки лучей. Отображение широкими пучками лучей. Пределы геометрической оптики.
36. Дифракция. Дифракция Френеля. Дифракция Фраунгофера.
37. Запаздывающие потенциалы. Потенциалы Лиенара-Вихерта.
38. Спектральное разложение запаздывающих потенциалов.
39. Функция Лагранжа с точностью до членов второго порядка.
40. Поле системы зарядов на далеких расстояниях.
41. Дипольное излучение. Дипольное излучение при столкновениях.
42. Тормозное излучение малых частот.
43. Излучение при кулоновском взаимодействии.

44. Квадрупольное и магнито-дипольное излучения.
45. Поле излучения на близких расстояниях. Излучение быстро движущегося заряда.
46. Магнито-тормозное излучение.
47. Торможение излучением. Торможение излучением в релятивистском случае.
48. Спектральное разложение излучения в ультрарелятивистском случае.
49. Рассеяние свободными зарядами. Рассеяние волн с малыми частотами. Рассеяние волн с большими частотами.
50. Электростатическое поле проводников. Энергия электростатического поля проводников.
51. Методы решения электростатических задач.
52. Сила, действующая на проводник.
53. Электростатическое поле в диэлектриках.
54. Диэлектрическая проницаемость. Диэлектрическая проницаемость смеси.
55. Сила, действующая на диэлектрик.
56. Термодинамические соотношения для диэлектриков в электрическом поле. Полная свободная энергия диэлектрического тела.
57. Электрострикция изотропных диэлектриков. Пьезоэлектрики и сегнетоэлектрики.
58. Плотность тока и проводимость.
59. Эффект Холла.
60. Контактная разность потенциалов. Гальванический элемент
61. Термоэлектрические явления. Термогальваномагнитные явления.
62. Постоянное магнитное поле. Магнитное поле постоянных токов.

63. Термодинамические соотношения в магнитном поле. Полная энергия магнетика.
64. Энергия системы токов.
65. Самоиндукция линейных проводников.
66. Силы в магнитном поле.
67. Гиромагнитные явления.
68. Магнитная симметрия кристаллов.
69. Ферромагнетик вблизи точки Кюри.
70. Антиферромагнетик вблизи точки Кюри.
71. Магнитные свойства сверхпроводников.
72. Сверхпроводящий ток.
73. Критическое поле.
74. Промежуточное состояние и его структура.
75. Уравнение квазистационарного поля.
76. Глубина проникновения магнитного поля в проводник. Скин-эффект.
77. Комплексное сопротивление. Емкость в цепи квазистационарного тока.
78. Движение проводника в магнитном поле. Возбуждение тока ускорением.
79. Уравнение движения жидкости в магнитном поле.
80. Диссипативные процессы в магнитной гидродинамике.
81. Уравнения поля в диэлектриках в отсутствие дисперсии.
82. Дисперсия диэлектрической проницаемости. Диэлектрическая проницаемость при очень больших частотах.
83. Дисперсия магнитной проницаемости.
84. Энергия поля в диспергирующих средах.

85. Аналитические свойства функции .
86. Плоская монохроматическая волна. Теорема Крамерса–Кронига. Прозрачные среды.
87. Геометрическая оптика. Отражение и преломление волн.
88. Поверхностный импеданс металлов.
89. Распространение волн в неоднородной среде. Принцип взаимности.
90. Электромагнитные колебания волн в полых резонаторах.
91. Распространение электромагнитных волн в волноводах.
92. Рассеяние и поглощение электромагнитных волн на малых частицах.
93. Дифракция на клине и плоском экране.
94. Диэлектрическая проницаемость кристаллов.
95. Плоская волна в анизотропной среде.
96. Оптические свойства одноосных кристаллов. Эффект Керра.
97. Двуосные кристаллы.
98. Магнитооптические эффекты.
99. Пространственная дисперсия.
100. Естественная оптическая активность.
101. Пространственная дисперсия в оптически неактивных средах.
102. Пространственная дисперсия вблизи линии поглощения.
103. Нелинейное взаимодействие волн.
104. Преобразование частот в нелинейных средах.
105. Нелинейная проницаемость.
106. Ионизационные потери быстрых частиц в веществе.

107. Излучение Черенкова.

108. Принцип детального равновесия при рассеянии.

109. Рассеяние с малым изменением частоты. Релеевское рассеяние в газах и жидкостях.

110. Дифракция рентгеновских лучей в кристаллах.

ЗАДАЧИ:

1.1. Найти производную скалярного поля $U = \ln(xy + xz + yz)$ в точке $M_0(0,1,1)$ по направлению окружности: $x = \cos t$, $y = \sin t$, $z = 1$ в направлении возрастания t .

1.2. Найти направление и величину наибольшего изменения скалярного поля $U = xy^2 + yz^2 + zx^2$ в точке $M_0(1,2,-1)$.

1.3. Доказать, что если $a_i = T_{ik}b_k$ в каждой системе координат, где T_{ik} – тензор II ранга, а b_k – вектор, то a_i – тоже вектор.

1.4. Доказать равенство $e_{ikl}e_{lmn} = \delta_{im}\delta_{kn} - \delta_{in}\delta_{km}$.

1.5. Доказать равенство

$$e_{iklm}e_{lmrs}A_iB_kC_rD_s = 2(A_iD_i)(B_kC_k) - 2(A_iC_i)(B_kD_k).$$

2.1. На плоскую поверхность стола под углом φ падает параллельный пучок солнечных лучей. Перпендикулярно столу перемещается со скоростью v карандаш (вдоль своей длины). Какова скорость тени карандаша? Может ли она быть больше скорости света?

2.2. На локомотиве поезда собственной длины l_0 вспыхивает прожектор. Кто первым увидит вспышку: пассажир в последнем вагоне или наблюдатель на полотне железной дороги? Скорость поезда v . Прожектор зажегся тогда (в системе поезда), когда оба наблюдателя поравнялись.

2.3. Космический корабль летит со скоростью v . На его пути появляется астероид. С корабля посылают электромагнитный сигнал к астероиду в тот момент (по часам корабля), когда расстояние между ними равно l (в системе отсчета корабля). Сигнал отражается от астероида и принимается локатором корабля. Чтобы принять меры предосторожности, экипажу необходимо время τ по корабельным часам. Каким должно быть расстояние l , чтобы не произошло столкновение?

2.4. Инвариантна ли величина $S^2 = c^2 \Delta t^2 - \Delta x^2$? (Здесь S – так называемый интервал между двумя событиями, разделенными расстоянием Δx , и промежутком времени Δt .) Применить метод преобразований Лоренца.

2.5. Два человека читают одинаковые книги с равной скоростью чтения: один – в поезде, движущемся со скоростью v (пусть $(v/c)^2 = 0,75$), другой – на перроне станции A . Чтение они начали одновременно в ситуации, когда едущий поравнялся с тем человеком, который сидит на перроне. Человек на станции A закончил чтение всей книги в момент времени, соответствующий приходу поезда (по расписанию) на следующую станцию B . А человек в поезде? Каков ответ, если рассуждать а) в системе отсчета станции A б) в системе отсчета поезда?

3.1. Докажите, что для релятивистской частицы величина $E^2 - p^2 c^2$ является инвариантной, т.е. имеет одно и то же значение во всех инерциальных системах отсчета.

3.2. Докажите, что выражение релятивистского импульса $p = \frac{\sqrt{T(T + 2mc^2)}}{c}$ при небольших скоростях $v \ll c$ переходит в соответствующее выражение классической механики.

3.3. Найти конечную энергию фотона при Комптон-эффекте. Для какого излучения наиболее характерно изменение длин волн?

3.4. Какую минимальную (пороговую) энергию необходимо сообщить протону, чтобы при бомбардировке неподвижной мишени образовалась протон-антипротонная пара. Энергию покоя протона $M_p c^2$ принять известной и равной 0,938 ГэВ.

4.1. Доказать, что запаздывающие электромагнитные потенциалы

$$A(\bar{\mathbf{r}}, t) = \frac{1}{c} \int \frac{\mathbf{j}\left(\bar{\mathbf{r}}', t - \frac{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|}{c}\right)}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|} dV, \quad \varphi(\bar{\mathbf{r}}, t) = \int \frac{\rho\left(\bar{\mathbf{r}}', t - \frac{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|}{c}\right)}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|} dV$$

удовлетворяют условию Лоренца $\text{div} \mathbf{A} + \frac{1}{c} \frac{\partial \varphi}{\partial t} = 0$. Предполагается, что написанные объектные интегралы сходятся.

4.2. В покоящейся системе отсчета напряженности $\mathbf{E}$ и $\mathbf{H}$ однородного электромагнитного поля заданы, причем $\mathbf{E} \cdot \mathbf{H} > 0$. Определить скорости тех инерциальных систем координат, в которых векторы электрического и магнитного полей параллельны.

4.3. Определить релятивистское движение заряда в параллельных однородных электрическом и магнитном полях.

4.4. Частица с зарядом e и массой m движется с произвольной скоростью в однородном постоянном электрическом поле $\mathbf{E}$. В начальный момент времени $t=0$ частица находится в начале координат и имеет импульс $\mathbf{p}_0$. Определить трехмерные координаты и время t частицы в лабораторной системе, в функции ее собственного времени τ . Исключив τ , представить трехмерные координаты частицы в зависимости от t .

4.5. Релятивистская частица с зарядом e и массой m движется в однородном постоянном магнитном поле $\mathbf{H}$. В начальный момент времени $t=0$ частица находится в точке с радиус вектором $\mathbf{r}_0$, обладая

5.1. Найти закон преобразования плотности энергии, плотности потока энергии и компонент тензора напряжений при преобразовании Лоренца.

5.2. В цилиндрических координатах компоненты вектора напряженности магнитного поля в свободном пространстве имеют вид $H_r = H_\varphi = 0$, $H_z = H(r, t)$, где функция $\mathbf{H}(\mathbf{r}, t)$ и ее производные ограничены. Определить вектор напряженности $\mathbf{E}$ вихревого электрического поля, индуцированного данным магнитным.

5.3. Внутри тонкой проводящей оболочки радиуса b находится коаксиальный с ней провод радиуса a . По этим проводам текут постоянные токи одинаковой

величины J в противоположных направлениях. Определить магнитное поле $\mathbf{H}$, создаваемое такой системой во всех точках пространства.

5.4. Найти электромагнитное поле равномерно движущегося со скоростью V точечного заряда q , решая уравнение Максвелла методом преобразования Фурье.

5.5. Найти плотность тока смещения $\mathbf{j}_{\text{см}}$ в плоском конденсаторе, пластины которого раздвигаются со скоростью $\mathbf{u}$, оставаясь параллельными друг другу, если 1) заряды Q на пластинах остаются постоянными; 2) разность потенциалов U между пластинами остается постоянной, расстояние d между пластинами конденсатора остается все время малым по сравнению с линейными размерами пластин; 3) как изменится результат, если пластины будут сближаться, а не раздвигаться.

6.1. Определить магнитное поле $\mathbf{H}$ в цилиндрической полости, вырезанной в бесконечном длинном цилиндрическом проводнике. Радиусы полости и проводника соответственно равны a и b , расстояние между их параллельными осями d ($b > a + d$). Ток J распределен равномерно по сечению.

6.2. Найти магнитный момент однородного шара (сферы), вращающегося вокруг одного из своих диаметров с угловой скоростью ω . Заряд шара – Q , радиус – a .

6.3. Найти поле на оси и в центре кругового витка радиуса A с током J . Используя полученный результат, найти 1) поле на оси круглого соленоида в точке, из которой его края видны под углами α_1 и α_2 ;

2) поле на конце полубесконечного соленоида; 3) поле внутри бесконечного соленоида. Число витков на единицу длины соленоида – n .

6.4. Сфера радиуса R заряжена по поверхности по закону $\sigma = \sigma_0 \cos \theta$. Найти φ поля, используя разложение по мультиполям в сферических координатах.

6.5. Используя теорему Гаусса, найти поле равномерно заряженного шарика радиуса a объемной плотностью ρ .

6.6. Найти потенциал φ и напряженность E электрического поля равномерно заряженного прямолинейного отрезка длиной $2a$, занимающего часть оси z от $-a$ до $+a$, заряд отрезка q .

7.1. Как известно, электромагнитное поле можно представить в виде суперпозиции плоских поперечных гармоник. В произвольный момент времени поле

описывается разложением Фурье $E(x,t) = \int_{-\infty}^{+\infty} E_0(k) e^{i(kx - \omega t)} dk$, где $dk = dk_x dk_y dk_z$

. Найти коэффициент Фурье $E_0(k)$ при условии, что $E(x,0) = e^{-\frac{x^2}{a^2}}$, $a = \text{const}$.

7.2. Дан векторный потенциал плоской монохроматической волны

$\mathbf{A} = \text{Re}\{\mathbf{A}_0 e^{-i\omega\left(t - \frac{x}{c}\right)}\}$, где $\mathbf{A}_0$ – постоянный комплексный вектор. Получить связь между напряженностями электрического и магнитного полей и векторным потенциалом.

7.3. Вычислить вектор Пойнтинга $\mathbf{S}$ и импульс $\mathbf{g}$ плоской монохроматической электромагнитной волны.

7.4. Разложить произвольный частично поляризованный свет на «естественную» и «поляризованную» части.

7.5. Две плоские монохроматические линейно поляризованные волны одной частоты распространяются вдоль оси z . Первая волна поляризована по x и имеет амплитуду a , вторая поляризована по y , имеет амплитуду b и опережает первую по фазе χ . Найти поляризацию результирующей волны.

8.1. Определить фокусное расстояние для отображения с помощью двух аксиально-симметричных оптических систем с совпадающими оптическими осями.

8.2. Определить фокусное расстояние «магнитной линзы» для заряженных частиц, представляющей собой продольное однородное магнитное поле в участке длины l .

(Речь может идти о поле в длинном соленоиде при пренебрежении искажением однородности поля вблизи концов соленоида)

8.3. Определить дифракцию Фраунгофера при нормальном падении плоской волны на бесконечную щель ширины $2a$ с параллельными краями, прорезанную в непрозрачном экране.

8.4. Определить распределение интенсивности по направлениям при дифракции света, падающего в нормальном направлении на круглое отверстие радиуса a .

8.5. Разложить поле равномерно и прямолинейно движущегося заряда на плоские волны.

9.1. Получить потенциалы Лиенара–Вихерта из общих формул для запаздывающих потенциалов.

9.2. Заряд e движется с малой скоростью v и ускорением w в ограниченной области. Найти приближенные выражения электромагнитного поля E , H частицы в точках, расстояние r до которых от частицы велико по сравнению с размерами области движения заряда. Определить положение границы квазистационарной и волновой зон.

9.3. Определить (с точностью до членов второго порядка) центр инерции системы взаимодействующих частиц.

9.4. Разложить поле равномерно и прямолинейно движущегося заряда на плоские волны.

9.5. Написать функцию Гамильтона во втором приближении для системы из двух частиц, исключив из нее движение системы как целого.

10.1. Показать, что при взаимодействии N заряженных частиц с одинаковым отношением заряда к массе $\frac{m_i}{q_i}$ в отсутствие внешних полей электрическое дипольное излучение отсутствует.

10.2. Оценить энергию, излученную электроном за все время его пролета на большем расстоянии ρ от тяжелого ядра с зарядом Ze . Считать его скорость v практически неизменной, и по величине и по направлению, причем $v \ll c$.

10.3. Через конденсатор пролетает частица с массой m и зарядом e . Расстояние между обкладками конденсатора равно l , а напряженность E электрического поля в нем однородна и постоянна. Угол между вектором E и направлением скорости v_0 частицы при влете равнялся α . Знаки заряда e и косинуса угла α одинаковы. Найти энергию E , теряемую частицей на дипольное излучение во время пролета частицы через конденсатор.

10.4. Осциллятор представляет собой частицу с массой m и зарядом e , которая совершает гармонические колебания с частотой ω_0 под действием упругой внешней силы. Начиная с момента времени $t_0 = 0$, покоившийся осциллятор подвергся действию внешнего электрического поля с напряженностью $E = E(t)$, которая описывается непрерывной функцией, обращающейся в нуль по истечении конечного промежутка времени. Принимая во внимание тормозное излучение, найти энергию dE_ω дипольного излучения осциллятора, приходящего на интервал от ω до $\omega + d\omega$.

10.5. Перпендикулярно однородному постоянному магнитному полю с напряженностью H движется электрон с массой m и зарядом e . В начальный момент времени $t_0 = 0$ энергия электрона — E_0 , а его скорость v_0 по порядку величины равна скорости света. Найти закон убывания энергии E электрона, обусловленный излучением. В полученной формуле сделать предельный переход к малой начальной скорости электрона $v_0^2 \ll c^2$.

11.1. Определить распределение потенциала в проводящей сфере, в которую ток J входит через один полюс и выходит через противоположный.

11.2. Две параллельные плоские пластинки (из одинакового металла A) погружены в раствор электролита AH . Найти зависимость плотности тока от приложенной к пластинкам разности потенциалов.

11.3. Выразить компоненты обратного тензора σ_{ik}^{-1} через компоненты S_{ik} и a .

12.1. Плоскопараллельную пластинку с диэлектрической проницаемостью ε внесли в электростатическое поле перпендикулярно вектору $\mathbf{D}$. Вследствие поляризации на пластинке возникнут поверхностные связанные заряды, создающие дополнительное поле. Определить влияние поляризации вещества на напряженность поля.

12.2. Палочка из сегнетоэлектрика длины l и плотности ρ , обладающая остаточной поляризованностью $\mathbf{P}_r$, направленной вдоль оси палочки, подвешена за середину в горизонтальном положении на тонкой неупругой нити. Определить частоту ω малых колебаний, которые палочка будет совершать в однородном горизонтально направленном электрическом поле с напряженностью E , считая, что это поле не оказывает влияния на поляризацию палочки.

12.3. Бесконечная пластина из изотропного диэлектрика помещена в перпендикулярное к ней однородное внешнее поле с электрической напряженностью E_0 . Толщина пластины a , а диэлектрическая проницаемость изменяется линейно от ε_1 до ε_2 (вне пластины $\varepsilon = 1$). Найти градиент поля внутри пластины и поток энергии через нее.

13.1. В бесконечную проводящую с проводимостью σ и проницаемостью ε среду помещён заряд Q_0 . Найти время релаксации, т. е. время, в течение которого заряд уменьшится в e раз.

13.2. Найти закон преломления линий тока на плоской поверхности раздела двух сред с проводимостями σ_1 и σ_2 .

13.3. Через сечение медной пластинки толщиной $d = 0,2 \text{ мм}$ пропускается ток $I = 6 \text{ А}$. Пластика помещается в однородное магнитное поле с индукцией $B = 1 \text{ Тл}$, перпендикулярное к ребру пластинки и направлению тока. Считая концентрацию электронов проводимости равной концентрации атомов, определите в пластинке возникающую (холловскую) разность потенциалов. Плотность меди $\rho = 8,93 \text{ г/см}^3$

14.1. Вычислить самоиндукцию единицы длины коаксиального кабеля, жила которого имеет радиус R_0 , оболочка – внутренний радиус R_1 , наружный R_2 . Магнитная проницаемость проводов μ_1 , изоляции между ними μ_2 .

14.2. Самоиндукция плоского контура в воздухе ($\mu=1$) равна L_0 . Найти самоиндукцию контура, если его положить на плоскую границу полупространства, заполненного однородным магнетиком с магнитной проницаемостью μ .

14.3. Равномерно намагниченная сфера (идеализированный ферромагнетик) вносится во внешнее однородное магнитное поле $\mathbf{H}_0$. Найти результирующее магнитное поле. Магнитная проницаемость сферы – μ_1 , окружающей среды – μ_2 .

15.1. Система состоит из постоянного магнита и двух полюсов, изготовленных из мягкого железа. Пропусканием сильного тока во внешней обмотке брусок намагничивается до точки $\mathbf{P}$ на кривой зависимости $\mathbf{M}$ от $\mathbf{H}$. Найдите напряженность магнитного поля в зазоре после выключения тока, предполагая, что магнитная проницаемость мягкого железа бесконечна, и пренебрегая утечкой магнитного потока на краях зазора.

15.2. Равномерно намагниченная сфера (идеализированный ферромагнетик) радиуса a вносится во внешнее однородное магнитное поле $\mathbf{H}_0$. Найти результирующее магнитное поле. Магнитная проницаемость сферы – μ_1 , окружающей среды – μ_2 .

16.1. Записать уравнения Максвелла и материальные уравнения, описывающие статическое электромагнитное поле в сверхпроводнике. Вывести уравнения, описывающие в этом случае распределение тока и магнитного поля.

16.2. Сверхпроводник имеет форму кольца произвольного сечения. В нем течет ток, сосредоточенный в тонком поверхностном слое. Показать, что магнитный поток через поверхность, опирающуюся на контур, проведенный внутри проводника, равен нулю, если плотность тока на контуре равна нулю. Исходить из материального уравнения $\frac{\partial j_c}{\partial t} - \frac{1}{\Lambda} \mathbf{E} = 0$ и уравнений Максвелла.

17.1. Определить собственные частоты электрических колебаний в двух индуктивно связанных контурах, содержащих самоиндукции L_1 и L_2 и емкости C_1 и C_2 .

17.2. Определить собственные частоты электрических колебаний для цепи из трех параллельно соединенных сопротивления R , емкости C и самоиндукции L .

17.3. Вывести закон Ома для цепи переменного тока.

17.4. Оценить глубину проникновения электромагнитного поля с частотами $\approx 10^{10} \text{ Гц}$ в серебро с электрической проводимостью $6 \cdot 10^7 \text{ Ом}^{-1}\text{м}^{-1}$, если при этом поле ослабевает в 10 раз.

17.5. Металлический шар помещён в однородное магнитное поле, изменяющееся с частотой ω . Найти результирующее поле и среднюю поглощаемую шаром мощность при больших частотах. Радиус шара a , магнитная проницаемость μ , проводимость σ . Указание: При определении поля вне шара считать, что внутри шара поле равно нулю (т. е. пренебречь глубиной проникновения δ по сравнению с радиусом шара a). При определении поля внутри шара считать его поверхность плоской.

18.1. Ударная волна с числом Маха M распространяется в идеальном газе, имеющем давление p_1 и плотность ρ_1 . Найти давление и плотность газа за ударной волной, считая показатель адиабаты газа γ постоянным.

18.2. Сильная ударная волна с числом Маха $M_0 \gg 1$ отражается от плоской абсолютно жесткой стенки (см. рисунок). Определить число Маха M_1 отраженной ударной волны.

19.1. Диэлектрический шар равномерно вращается (в пустоте) в однородном постоянном магнитном поле $\mathbf{H}$. Определить возникающее вокруг шара электрическое поле.

19.2. В заданный момент времени ($t = 0$) в некоторой области пространства имеется электромагнитное возмущение. Не поддерживаемое внешними источниками, оно будет затухать со временем. Найти условия, определяющие декремент затухания.

19.3. На границу полупространства ($x > 0$), заполненного прозрачной средой $\mu = 0$, падает в нормальном направлении плоская электромагнитная волна с резко обрывающимся передним фронтом. Определить структуру фронта волны, прошедшей внутрь среды.

- 20.1. Найти закон преобразования скорости распространения света в среде (групповой скорости) при преобразовании системы отсчета.
- 20.2. Определить интенсивность теплового излучения (заданной частоты) от плоской поверхности с малым импедансом.
- 20.3. Резонатор заполнен прозрачным диэлектриком с диэлектрической проницаемостью ε . Определить изменение собственной частоты при малом изменении $\delta\varepsilon(\mathbf{r})$ диэлектрической проницаемости.
- 20.4. Плоская монохроматическая волна падает нормально на прорезанную в идеально проводящем плоском экране щель ширины $2a$, большей по сравнению с длиной волны. Определить распределение интенсивности света за щелью на больших расстояниях от нее для больших углов дифракции.
- 21.1. Найти потенциал электрического поля, создаваемого неподвижным точечным зарядом q в одноосном кристалле.
- 21.2. Найти направление необыкновенного луча при нормальном падении света на поверхность одноосного кристалла с произвольно направленной оптической осью.
- 22.1. Определить изменение поляризации электромагнитной волны при ее распространении в среде, тензор диэлектрической проницаемости которой имеет вид $\varepsilon_{\alpha\beta} = \varepsilon(\omega)\delta_{\alpha\beta} + if(\omega)e_{\alpha\beta\gamma}k_\gamma$, где $\mathbf{k}$ – волновой вектор, а ε и f вещественны.
- 22.2. Определить изменение поляризации электромагнитной волны, распространяющейся в изотропной среде без пространственной дисперсии, помещенной во внешнее магнитное поле B_0 (эффект Фарадея).
- 23.1. Рассмотрим пучок радиуса a , находящийся в нелинейной изотропной среде. Рассчитать длину самофокусировки, т.е. путь l_{cf} , при прохождении которого в нелинейной среде пучок сходится к оси (рассмотреть первое приближение). Будем считать амплитуду напряженности электрического поля на оси E_0 , а амплитуду на расстоянии a от оси считаем равной нулю.

23.2. Волна l с законом дисперсии $\omega_l = \omega_0 + \alpha k^2$ распадается по схеме $l \rightarrow l' + s$ на волну l' такого же типа и волну с законом дисперсии $\omega_s = kc_s$. Найти минимальную частоту исходной волны, для которой возможен такой распад.

24.1. Черенковское излучение частицы можно рассматривать как следствие резонанса между собственными колебаниями среды и вынуждающей силой, связанной с движущейся частицей. Получить условие возникновения эффекта Вавилова – Черенкова из сравнения частот собственных колебаний среды и вынуждающей силы.

24.2. Определить сечение рассеяния $d\sigma$ линейно поляризованной волны зарядом e массы m , совершающим малые колебания (так называемым осциллятором).

24.3. Выяснить, при каких условиях дифференциальное сечение рассеяния $d\sigma$ линейно поляризованного рентгеновского излучения на протяженных телах (размеры велики по сравнению с длиной когерентности) принимает вид сечения рассеяния на свободных зарядах. Число атомов в теле N , число электронов в каждом атоме Z .

Рекомендуемое учебно-методическое пособие:

1. Сдобняков Н.Ю., Базулев А.Н. Электродинамика и электродинамика сплошных сред: Учебно-методическое пособие. – Тверь: ТвГУ, 2005. – 160 с.

2. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ТЕСТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Тематическая структура

1. Векторы и тензоры
2. Система уравнений Максвелла-Лоренца
3. Потенциалы поля
4. Энергия и импульс поля

5. Излучение и рассеяние электромагнитных волн

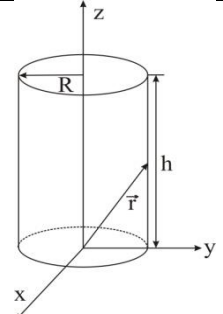
6. Релятивистская механика

7. Релятивистская электродинамика

8. Электродинамика сплошных сред

9. Разное

1. Векторы и тензоры

1. Задание Отметьте правильный ответ Циркуляция вектора $[\vec{a}, \vec{r}]$ по окружности радиуса R равна: ☐ 0 ☐ $2\pi R^2 h$ ☐ $3\pi R^2 h$ ☐ $\pi R^2 h$	2. Задание Отметьте правильный ответ Поток радиуса-вектора $\vec{r}$: ☐ $\pi R^2 h$ ☐ $4\pi R^2 h$ ☐ $3\pi R^2 h$ ☐ $2\pi R^2 h$ 
3. Задание Отметьте правильный ответ Градиент $f(r)$, зависящий только от модуля радиус-вектор a: ☐ 0 ☐ $\frac{\partial f}{\partial r}$ ☐ $\frac{\vec{r}}{r} \frac{df}{dr}$ ☐ $\frac{\vec{r}}{r}$	4. Задание Отметьте правильный ответ Спектральная функции распределения Лоренца выражается формулой: ☐ $J_0 = \int_0^{\infty} J(\omega) d\omega$; ☐ $J_0 = \int_0^{\infty} J dt$ ☐ $J(\omega) = \frac{J_0}{2\pi} \left[\frac{\gamma}{(\omega_0 - \omega)^2 + \gamma^2/4} \right]$ ☐ $J_0 = \frac{2}{3} \frac{e^2}{c^3} \int_{-\infty}^{\infty} \omega^2 dt$
5. Задание Отметьте правильный ответ Излучение осциллятора: ☐ $J = \frac{2\ddot{M}}{3c^3}$ ☐ $J = \frac{e^2 \omega_0^4 \cdot r_0^2}{3c^3}$ ☐ $J = \frac{2}{3} \cdot \frac{e^4}{m^2 c^5} \cdot [\vec{v} \vec{H}]$ ☐ $J = \frac{2e^2}{3c^3} \omega^2$	6. Задание Отметьте правильный ответ Функция Лагранжа для свободной частицы: ☐ $L = mc^2 \sqrt{1 - \beta^2}$ ☐ $L = -mc^2 \sqrt{1 - \beta^2}$ ☐ $L = c^2 \sqrt{1 - \beta^2}$ ☐ $L = mc^2 (1 - \beta^2)$
7. Задание Отметьте правильный ответ	8. Задание Отметьте правильный ответ

Для системы проводников энергия магнитного поля дается формулой: ☐ $W = \frac{1}{8\pi} \int BHdV$ ☐ $W = \frac{1}{2} \int \vec{A} \vec{j} dV$ ☐ $W = \frac{1}{2} \sum_{ik} L_{ik} J_i J_k$ ☐ $W = \vec{\mu} \vec{B}$	Дифференциальным законом Джоуля-Ленца является: ☐ $Q = \sigma \vec{B}$ ☐ $Q = \frac{j^2}{\sigma}$ ☐ $Q = J^2 Rt$ ☐ $Q = \vec{j} \vec{H}$
9. Задание Отметьте правильный ответ Закон сохранения заряда в интегральном виде: ☐ $\int \rho dV = \frac{1}{ic} \int j dV$ ☐ $\frac{\partial}{\partial t} \int \rho dV = \oint j dS$ ☐ $\int \text{div} \rho dV = \oint \rho dS$ ☐ $\text{div} \rho \vec{V} + \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$	10. Задание Отметьте правильный ответ Сечение рассеяния в максимуме равно: ☐ $\sigma = \frac{8\pi}{3} r_0^2$ ☐ $\sigma = \frac{8\pi}{3} r_0^2 \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^4$ ☐ $\sigma = \frac{8\pi}{3} r_0^2 \frac{\omega^2}{\gamma^2}$ ☐ $\sigma = \frac{8\pi}{3} \frac{r_0^2 \omega^4}{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + \omega^2 \gamma^2}$

2. Система уравнений Максвелла-Лоренца

11. Задание Отметьте правильный ответ Отсутствие магнитных зарядов в природе следует из формулы: ☐ $\text{div} \vec{H} = 0$ ☐ $\text{rot} \vec{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{H}}{\partial t}$ ☐ $\text{div} \vec{E} = 4\pi \rho$ ☐ $\text{rot} \vec{H} = \frac{4\pi}{c} \vec{j} + \frac{1}{c} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$	12. Задание Отметьте правильный ответ Уравнением, справедливым не только для статического поля, но и для зависящего от времени электрического поля является: ☐ $\text{rot} \vec{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{H}}{\partial t}$ ☐ $\text{div} \vec{E} = 4\pi \rho$ ☐ $\text{div} \vec{H} = 0$ ☐ $\text{rot} \vec{H} = \frac{4\pi}{c} \vec{j} + \frac{1}{c} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$
--	--

13. Задание Отметьте правильный ответ Уравнением, справедливым не только для стационарного поля, но и для зависящего от времени магнитного поля является: ☐ $\operatorname{rot} \vec{H} = \frac{4\pi}{c} \vec{j} + \frac{1}{c} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$ ☐ $\operatorname{div} \vec{H} = 0$ ☐ $\operatorname{rot} \vec{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{H}}{\partial t}$ ☐ $\operatorname{div} \vec{E} = 4\pi\rho$ 15. Задание Отметьте правильный ответ Ковариантным уравнением Максвелла-Лоренца является: ☐ $F_{ik} = \frac{\partial A_k}{\partial K_i} - \frac{\partial A_i}{\partial x_k}$ ☐ $mc \frac{dU_i}{dS} = \frac{l}{c} F_{ik} U_k$ ☐ $\frac{\partial^2 F_{ik}}{\partial x_k^2} = \frac{4\pi}{c} j_i$ ☐ $\frac{\partial^2 F_{ik}}{\partial x_i \partial x_k} = \frac{4\pi}{c} \frac{\partial j_i}{\partial x_i}$	14. Задание Отметьте правильный ответ Ковариантным уравнением Максвелла-Лоренца является: ☐ $F_{ik} = \frac{\partial A_k}{\partial K_i} - \frac{\partial A_i}{\partial x_k}$ ☐ $\frac{\partial F_{ik}}{\partial x_l} + \frac{\partial F_{kl}}{\partial x_i} + \frac{\partial F_{lk}}{\partial x_i} = 0$ ☐ $\frac{\partial^2 F_{ik}}{\partial x_i \partial x_k} = \frac{4\pi}{c} \frac{\partial j_i}{\partial x_i}$ ☐ $mc \frac{dU_i}{dS} = \frac{l}{c} F_{ik} U_k$ 16. Задание Отметьте правильный ответ Потенциальность электростатического поля следует из уравнения: ☐ $\operatorname{div} \vec{H} = 0$ ☐ $\operatorname{div} \vec{E} = 4\pi\rho$ ☐ $\operatorname{rot} \vec{H} = \frac{4\pi}{c} \vec{j}$ ☐ $\operatorname{rot} \vec{E} = 0$
17. Задание Отметьте правильный ответ Закон сохранения электрического заряда $\operatorname{div} \vec{j} + \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$ можно получить из: ☐ $\operatorname{div} \vec{H} = 0$ ☐ $\operatorname{div} \vec{E} = 4\pi\rho$ ☐ $\operatorname{rot} \vec{H} = \frac{4\pi}{c} \vec{j} + \frac{1}{c} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$ ☐ $\operatorname{rot} \vec{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{H}}{\partial t}$	18. Задание Отметьте правильный ответ Спектральная функция распределения Лоренца: ☐ $J_0 = \int_0^\infty J(\omega) d\omega$ ☐ $J(\omega) = \frac{J_0}{2\pi} \frac{\gamma}{\left[(\omega_0 - \omega)^2 + \frac{\gamma^2}{4} \right]}$ ☐ $J_0 = \frac{2}{3} \frac{e^2}{c^3} \int_{-\infty}^{+\infty} \omega dt$ ☐ $J_0 = \frac{2}{3} \frac{e^2}{c^3} \int_0^\infty \omega^2 dt$
19. Задание Отметьте правильный ответ Закон электромагнитной индукции в	20. Задание Отметьте правильный ответ Энергия магнитного поля тока через

интегральной форме: ☐ $\oint \vec{H} d\vec{l} = \frac{1}{c} \frac{\partial}{\partial t} \int \vec{E} d\vec{S}$ ☐ $\oint \vec{E} d\vec{l} = -\frac{1}{c} \frac{\partial}{\partial t} \int \vec{B} d\vec{S}$ ☐ $\oint \vec{E} d\vec{S} = 4\pi \int \rho dV$ ☐ $\oint \vec{H} d\vec{S} = 0$	магнитный момент выражается: ☐ $W = \frac{1}{8\pi} \int B^2 dV$ ☐ $W = \vec{\mu} \vec{B}$ ☐ $W = \frac{\mu}{8\pi} \int H^2 dV$ ☐ $W = \frac{1}{8\pi} \int H B dV$
--	---

3. Потенциалы поля

21. Задание Отметьте правильный ответ Потенциалы электромагнитного поля: ☐ Не имеют непосредственного физического смысла; ☐ Их значения не могут быть измерены; ☐ Не должны входить в какие-либо окончательные выражения теории поля; ☐ Являются вспомогательными величинами для упрощения уравнения поля	22. Задание Отметьте правильный ответ Выражения, показывающее запаздывание векторного потенциала: ☐ $\text{div} \vec{A} + \frac{1}{c} \frac{\partial \varphi}{\partial t} = 0$ ☐ $\vec{A}(\vec{r}, t) = \frac{1}{c} \int \frac{\vec{j} \left(\vec{r}' t - \frac{ \vec{r} - \vec{r}' }{c} \right)}{ \vec{r} - \vec{r}' } dV'$ ☐ $\text{div} \vec{A} = 0$ ☐ $\Delta \vec{A} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{A}}{\partial t^2} = 0$
23. Задание Отметьте правильный ответ Выражение, показывающее запаздывание скалярного потенциала: ☐ $\Delta \varphi - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} = 0$ ☐ $\varphi(\vec{r}, t) = \int \frac{\rho \left(\vec{r}' t - \frac{ \vec{r} - \vec{r}' }{c} \right)}{ \vec{r} - \vec{r}' } dV'$ ☐ $\Delta \varphi = -4\pi \rho$ ☐ $\text{div} \vec{A} + \frac{1}{c} \frac{\partial \varphi}{\partial t} = 0$	24. Задание Отметьте правильный ответ Выражения векторного потенциала Ленарда-Вихерта: ☐ $\vec{A} = \frac{1}{c} \int \frac{\vec{j} \left(\vec{r}' t - \frac{R}{c} \right)}{R} dV'$ ☐ $\vec{A}(\vec{r}, t) = \frac{e \vec{V}}{c \left(R - \frac{\vec{V} \vec{R}}{c} \right)}$ ☐ $\text{div} \vec{A} + \frac{1}{c} \frac{\partial \varphi}{\partial t} = 0$

	☐ $\Delta \vec{A} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{A}}{\partial t^2} = -\frac{4\pi}{c} \vec{j}$
25. Задание Отметьте правильный ответ Выражения скалярного потенциала Ленарда-Вихерта: ☐ $\Delta \varphi = 0$ ☐ $\varphi(\vec{r}, t) = \frac{e}{\left(R - \frac{\vec{V}\vec{R}}{c}\right)}$ ☐ $\Delta \varphi = -4\pi\rho$ ☐ $\Delta \varphi - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} = 4\pi\rho$	26. Задание Отметьте правильный ответ Запаздывание потенциалов поля следует из: ☐ Поперечного характера электронных волн. ☐ Бесконечности скорости распределения электромагнитных волн. ☐ Конечности скорости распространения электромагнитных волн. ☐ Направленности электромагнитных волн.
27. Задание Отметьте правильный ответ Векторный и скалярный потенциал составляют 4-х мерный вектор: ☐ $f_i = \left(\frac{\vec{F}}{c\sqrt{1-\beta^2}}, i \frac{\vec{v}\vec{F}}{c^2\sqrt{1-\beta^2}} \right)$ ☐ $P_i = \left[P, i \frac{\mathcal{E}}{c} \right]; \quad \square \quad j_i = (\vec{j}, ic\rho)$ ☐ $A_i = (\vec{A}, i\varphi)$	29. Задание Отметьте правильный ответ Интенсивность тормозного излучения электрона в поле неподвижного заряда выражается формулой: ☐ $J = \frac{2e^2}{3c^3} \dot{V}^2$ ☐ $J = \frac{\pi z^2 l^6}{3m^2 c^3 V l}$ ☐ $J = \frac{2\ddot{M}^2}{3c^3}$ ☐ $J = \frac{e^2 w_0^4 r_0^2}{3c^3}$
28. Задание Отметьте правильный ответ Тензор энергии и импульса электромагнитного поля дается формулой: ☐ $F_{ik} = \frac{\partial A_k}{\partial x_i} - \frac{\partial A_i}{\partial x_k}$ ☐ $T_{ik} = \frac{1}{4\pi} \left(F_{i\ell} F_{k\ell} - \frac{1}{4} \delta_{ik} \cdot F_{lm}^2 \right)$ ☐ $\frac{\partial F_{ik}}{\partial x_k} = \frac{4\pi}{c} j_c$ ☐ $T_{\alpha\beta} = \frac{1}{4\pi} \left\{ -E_\alpha E_\beta - H_\alpha H_\beta + \frac{1}{2} \delta_{\alpha\beta} (E^2 + H^2) \right\}$	

4. Энергия и импульс поля

30. Задание Отметьте правильный ответ	31. Задание Отметьте правильный ответ
Энергией электростатического поля	Энергия магнитного поля стационарного

является: ☐ $W = \frac{1}{8\pi} \int (E^2 + H^2) dV$ ☐ $W = \frac{1}{2c} \int \vec{j} \vec{A} dV$ ☐ $W = \frac{1}{8\pi} \int H^2 dV$ ☐ $W = \frac{1}{2} \int \rho \varphi dV$	тока выражается формулой: ☐ $W = \frac{1}{2} \int \rho \varphi dV$ ☐ $W = \frac{1}{8\pi} \int (E^2 + H^2) dV$ ☐ $W = \frac{1}{2c} \int \vec{j} \vec{A} dV$ ☐ $W = \frac{1}{2} \int E^2 dV$
32. Задание Отметьте правильный ответ Энергия взаимодействия токов с внешним полем выражается через магнитный момент токов: ☐ $W = \frac{1}{2} \int \rho \varphi dV$ ☐ $W = \vec{M} \vec{H}$ ☐ $W = \frac{1}{8\pi} \int (E^2 + H^2) dV$ ☐ $W = \frac{1}{2c} \int \vec{j} \vec{A} dV$	33. Задание Отметьте правильный ответ Плотность импульса в плоской волне выражается: ☐ $\vec{S} = cW\vec{H}$. ☐ $W = \frac{1}{4\pi} H^2$. ☐ $\vec{q} = \left(\frac{W}{c}\right)\vec{n}$. ☐ $\vec{q} = \frac{\vec{S}}{c^2}$.
34. Задание Отметьте правильный ответ Поток энергии в плоской волне выражается: ☐ $\vec{S} = \frac{c}{4\pi} [\vec{E}, \vec{H}]$. ☐ $\vec{q} = \frac{1}{4\pi c} [\vec{E}, \vec{H}]$. ☐ $\vec{S} = cW\vec{n}$. ☐ $W = \frac{1}{4\pi} E^2$.	35. Задание Отметьте правильный ответ Выражение, не соответствующее энергии заряженного конденсатора: ☐ $W = \frac{1}{2} eV$ ☐ $W = \frac{1}{2} \int \rho \varphi dV$ ☐ $W = \frac{1}{2} CV^2$ ☐ $W = \frac{e^2}{2C}$
36. Задание Отметьте правильный ответ Формула, не соответствующая энергии диполя во внешнем электрическом поле: ☐ $W = -e\vec{\ell}\vec{E}$ ☐ $W = \frac{1}{8\pi} \int E^2 dV$	37. Задание Отметьте правильный ответ Собственная электрическая энергия поверхностно заряженного зарядом e шара радиуса r: ☐ $W = \frac{e}{2r}$ ☐ $W = \frac{e^2}{2r}$

☐ $W = -(\vec{\rho} \vec{E})$ ☐ $W = -\rho E \cos \theta$	☐ $W = \frac{e^2}{3r}$ ☐ $W = \frac{e^2}{r}$
38. Задание Отметьте правильный ответ Временная T_{44} компонента тензора $T_{ik} = \frac{1}{4\pi} \left(F_{il} F_{lk} + \frac{1}{4} F_{lm}^2 \delta_{ik} \right)$ связана с плотностью энергии электромагнитного поля соотношением: ☐ $W = \frac{1}{2} \int \rho \varphi dV$ ☐ $W = \frac{1}{8\pi} (E^2 + H^2)$ ☐ $W = \frac{1}{8\pi} \int E^2 dV$ ☐ $W = \frac{1}{2} \int \vec{A} j dV$	39. Задание Отметьте правильный ответ Энергия магнитного поля для системы проводников: ☐ $W = \frac{1}{8\pi} \int B H dV$ ☐ $W = \frac{1}{2} \sum_{ik} L_{ik} J_i J_k$ ☐ $W = \frac{1}{2} \int \vec{A} j dV$ ☐ $W = \vec{\mu} \vec{B}$
40. Задание Отметьте правильный ответ Поток энергии в плоской волне: ☐ $\vec{S} = \frac{1}{4\pi c} [\vec{E} \vec{H}]$ ☐ $\vec{S} = \frac{c}{4\pi} [\vec{E}, \vec{H}]$ ☐ $\vec{S} = \frac{c}{4\pi} E^2 \vec{n}$ ☐ $\vec{S} = \frac{c}{4\pi} [\vec{E} [\vec{n} \vec{E}]]$	41. Задание Отметьте правильный ответ Свободная энергия электромагнитного поля единицы объема среды: ☐ $W = \frac{1}{8\pi} \int E^2 dV$ ☐ $W = \frac{\vec{E} \vec{D} + \vec{B} \vec{H}}{8\pi}$ ☐ $W = \frac{1}{8\pi} \int H^2 dV$ ☐ $W = \frac{1}{2} \int \vec{A} j dV$
42. Задание Отметьте правильный ответ Из закона Ампера $d\vec{F} = \frac{J}{c} [d\vec{\ell} \vec{B}]$ следует: ☐ $\vec{F} = e \cdot \left(\vec{E} + \frac{1}{c} [\vec{v}, \vec{B}] \right)$ ☐ $\vec{F} = e \cdot \vec{E}$	43. Задание Отметьте правильный ответ Комплексная диэлектрическая проницаемость есть: ☐ $\hat{K}^2 = \hat{\epsilon} \mu \omega^2 / c^2$ ☐ $\hat{\epsilon} = \epsilon + i \frac{4\pi\sigma}{\omega}$

☐ $\vec{F} = \frac{e}{c} \cdot [\vec{v} \quad \vec{B}]$ ☐ $\vec{F} = -e \operatorname{grad} \varphi$	☐ $\hat{n} = \sqrt{\left(\varepsilon + i \frac{4\pi\sigma}{\omega} \right) \cdot \mu}$ ☐ $\hat{K}^2 = K^2 \left(1 + i \frac{4\pi\sigma}{\varepsilon\omega} \right)$
44. Задание Отметьте правильный ответ Значение $\operatorname{rot} \operatorname{grad} \varphi$ равно: ☐ 0 ☐ 3 ☐ 2 ☐ 4	45. Задание Отметьте правильный ответ Комплексный показатель преломления равен: ☐ $\hat{k}^2 = \frac{\hat{\varepsilon}\mu\omega^2}{c^2}$ ☐ $\varepsilon = \varepsilon + i \frac{4\pi\sigma}{\omega}$ ☐ $n = \sqrt{\varepsilon\mu} = \sqrt{\left(\varepsilon + i \frac{4\pi\sigma}{\omega} \right) \mu}$ ☐ $k = \sqrt{\varepsilon\mu} \frac{\omega}{c}$
46. Задание Отметьте правильный ответ Закон индукции в случае движущихся сред: ☐ $\oint \vec{E} d\vec{l} = -\frac{1}{c} \frac{\partial}{\partial t} \int \vec{B} d\vec{S}$ ☐ $\oint \vec{E} d\vec{l} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \Phi}{\partial t}$ ☐ $\oint \vec{D} d\vec{S} = 4\pi \int \rho dV$ ☐ $\oint \vec{H} d\vec{l} = -\frac{4\pi}{c} \int \vec{j} d\vec{S}$	47. Задание Отметьте правильный ответ Продольный эффект Доплера выражается формулой: ☐ $\omega = \omega_0 \frac{\sqrt{1-\beta^2}}{1-\beta \cos Q}$ ☐ $\omega = \frac{\omega_0}{\sqrt{1-\frac{\beta}{1+\beta}}}$ ☐ $\omega = \omega_0 \sqrt{1-\beta}$ ☐ $\omega = \omega_0 \sqrt{1+\beta}$

5. Излучение и рассеяние электромагнитных волн

48. Задание Отметьте правильный ответ Выражение, показывающее, что электромагнитная волна является плоской волной: ☐ $\Delta f - \frac{1}{c} \frac{\partial^2 f}{\partial t^2} = 0$ ☐ $\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 f}{\partial t^2} = 0$ ☐ $\Delta f = 0$ ☐ $\Delta f - \frac{1}{c} \frac{\partial^2 f}{\partial t^2} = 4\pi\rho$ 50. Задание Отметьте правильный ответ Полное рассеяние электромагнитных волн свободными электронами выражается формулой: ☐ $\sigma = \frac{8\pi}{3} r_0^2 \frac{\omega_0^2}{\gamma^2}$; ☐ $\sigma = \frac{8\pi}{3} r_0^2$; ☐ $\sigma = \frac{8\pi}{3} r_0^2 \frac{\omega^4}{\omega_0^4}$ ☐ $\sigma = \frac{8\pi}{3} r_0^2 \frac{\omega^2}{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + \gamma^2 \omega^2}$	49. Задание Отметьте правильный ответ Выражение, показывающее, что электромагнитная волна является монохроматической плоской волной: ☐ $\Delta f + k^2 f = 0$ ☐ $\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 f}{\partial t^2} = 0$ ☐ $\Delta f - \frac{1}{c} \frac{\partial^2 f}{\partial t^2} = 0$ ☐ $\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + k^2 f = 0$ 51. Задание Отметьте правильный ответ В волновой зоне выполняется условие: ☐ $E > [Bn]$ ☐ $E = [Bn]$ ☐ $E < [Bn]$ ☐ $E = B = const$
52. Задание Отметьте правильный ответ Диполь во внешнем поле обладает энергией: ☐ $W = \frac{1}{2} \sum e_i \cdot \varphi_i$ ☐ $W = e \cdot \varphi$ ☐ $W = -\vec{p} \cdot \vec{E}$ ☐ ☐ $W = -\vec{M} \cdot \vec{B}$	53. Задание Отметьте правильный ответ Объемный заряд $\rho_{связ}$ выражается: ☐ $\vec{\rho} = \rho_{связ} + \rho$ ☐ $\rho_{связ} = -\text{div} \vec{P}$ ☐ $\vec{P} = \rho_{связ} \cdot \vec{E}$
54. Задание Отметьте правильный ответ Уравнение $\text{div} E = 4\pi\rho$ внутри диэлектрика имеет вид: ☐ $\text{div} D = -4\pi\vec{\rho}$ ☐ $\text{div} D = 4\pi\rho$	55. Задание Отметьте правильный ответ "След" единичного четырехмерного тензора равен: ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

☐ $\operatorname{div} D = 4\pi \operatorname{div} \vec{\rho}$ ☐ $\operatorname{div} D = \rho_{\text{связ}}$		☐ 2	
56. Задание Отметьте правильный ответ Тензор энергии-импульса электромагнитного поля: ☐ Антисимметричный. ☐ Симметричный. ☐ Скалярный. ☐ Псевдоскалярный.		57. Задание Отметьте правильный ответ Энергия магнитного поля тока через самоиндукции контура L: ☐ $W = \frac{\mu}{8\pi} \int H^2 dV$ ☐ $W = \frac{1}{2C^2} LJ^2$ ☐ $W = \frac{1}{8\pi} \int B^2 dV$ ☐ $W = \mu B$	
58. Задание Отметьте правильный ответ Магнитный диполь во внешнем поле обладает энергией: ☐ $W = \frac{1}{2} \sum e_i \varphi_i$ ☐ $W = -\vec{\mu} \vec{B}$ ☐ $W = e\varphi$ ☐ $W = -\vec{p} \vec{E}$		59. Задание Отметьте правильный ответ Энергия магнитного поля тока через самоиндукцию контура L: ☐ $W = \frac{\mu}{8\pi} \int H^2 dV$ ☐ $W = \frac{1}{2c^2} LJ^2$ ☐ $W = \frac{1}{8\pi} \int B^2 dV$ ☐ $W = \vec{\mu} \vec{B}$	
60. Задание Отметьте правильный ответ Связь энергии и импульса плоской волны выражается формулой:			
☐ $\vec{q} = \frac{\vec{S}}{c^2}$	☐ $\vec{q} = \frac{W}{c} \vec{n}$	☐ $\vec{S} = cW\vec{n}$	☐ $S = \frac{c}{4\pi} [EH]$

6. Релятивистская механика

61. Задание Отметьте правильный ответ Неинвариантной величиной в релятивистском случае является: ☐ Одновременность событий ☐ Собственное время	62. Задание Отметьте правильный ответ Интервалом между событиями не является: ☐ Светоподобный. ☐ Мнимый
--	---

☐ Скорость света в вакууме ☐ Интервал между событиями	(пространственно-временной) ☐ Вещественный (временеподобный) ☐ Одновременность событий
63. Задание Отметьте правильный ответ Эффект Доплера следует из соотношения: ☐ $X_i = a_{ik} X'_k$ ☐ $K_i = a_{ik} K'_k$ ☐ $P_i = a_{ik} P'_k$ ☐ $K'_4 = \frac{K_4 - i\beta K_1}{\sqrt{1 - \beta^2}}$	64. Задание Отметьте правильный ответ Закон преобразования частоты и волнового вектора выражается формулой: ☐ $P_i = a_{ik} P'_k$ ☐ $K_i = a_{ik} K'_k$ ☐ $X_i = a_{ik} X'_k$ ☐ $A_i = a_{ik} A'_k$
65. Задание Отметьте правильный ответ Закон преобразования энергии и импульса в релятивистской механике следует из соотношения: ☐ $X_i = a_{ik} X'_k$ ☐ $A_i = a_{ik} A'_k$ ☐ $P_i = a_{ik} P'_k$ ☐ $K_i = a_{ik} K'_k$	66. Задание Отметьте правильный ответ Связь энергии, импульса и скорости в релятивистской механике выражается соотношением: ☐ $E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \beta^2}}$ ☐ $\vec{p} = \frac{E\vec{V}}{c^2}$ ☐ $\vec{p} = \frac{m\vec{V}}{\sqrt{1 - \beta^2}}$ ☐ $\frac{d\vec{p}}{dt} = e\vec{E}\vec{V}$
67. Задание Отметьте правильный ответ Уравнение движения частицы в ковариантной форме выражается: ☐ $\frac{d\vec{p}}{dt} = -e\vec{grad}\phi - \frac{e}{c} \frac{\partial \vec{A}}{\partial t} + \frac{e}{c} [\vec{V} \text{rot} \vec{H}]$ ☐ $\frac{d\vec{p}}{dt} = e \left(\vec{E} + \frac{1}{c} [\vec{V} \vec{H}] \right)$ ☐ $m \frac{dU_i}{dt_0} = \frac{1}{c} F_{ik} j_k$ ☐ $\frac{dE}{dt} = e\vec{E}\vec{V}$	68. Задание Отметьте правильный ответ Уравнение движения частицы во внешнем поле в форме Лагранжа: ☐ $\frac{d\vec{p}}{dt} \equiv e\vec{E}$ ☐ $\frac{E}{c^2} \frac{dP}{dt} = \frac{e}{c} [\vec{V} \vec{H}]$ ☐ $\frac{d}{dt} \left(\frac{m\vec{V}}{\sqrt{1 - \beta^2}} \right) = -e\vec{grad}\phi - \frac{e}{c} \frac{\partial \vec{A}}{\partial t} + \frac{e}{c} [\vec{V} \text{rot} \vec{A}]$
69. Задание Отметьте правильный ответ Релятивистским обобщением уравнения динамики Ньютона является:	70. Задание Отметьте правильный ответ Понятию пространство не соответствует: ☐ Протяженность материальных объектов

☐ $\frac{d\vec{P}}{dt} = e\left(\vec{E} + \frac{1}{c}[\vec{V} \vec{H}]\right)$ ☐ $\frac{dP_i}{dt_0} = \frac{d}{dt_0} mu_i = F_i$ ☐ $P_i = mu_i$ ☐ $\frac{dP}{dt} = m \frac{dV}{dt}$	☐ Многообразие их форм и внутренней структуры ☐ Не зависимость материальных объектов друг от друга ☐ Взаимная удаленность объектов
71. Задание Отметьте правильный ответ Связь энергии, импульса и массы свободной частицы в релятивистской механике выражается формулой: ☐ $\vec{p} = \frac{mV}{\sqrt{1-\beta^2}}; \quad \square \quad E = \frac{mc^2}{\sqrt{1-\beta^2}}$ ☐ $\vec{p} = \frac{E\vec{V}}{c^2}; \quad \square \quad E = \sqrt{p^2 c^2 + m^2 c^4}$	72. Задание Отметьте правильный ответ Функция Гамильтона, соответствующая релятивистскому движению частицы в электромагнитном поле: ☐ $H = \frac{mc^2}{\sqrt{1-\beta^2}} + e\varphi; \quad \square \quad \frac{E^2}{c^2} = p^2 + m^2 c^2$ ☐ $H = \sqrt{p^2 c^2 + m^2 c^4}$ ☐ $H = \sqrt{m^2 c^4 + \left(p - \frac{e}{c} A\right)^2} c^2 + e\varphi$
73. Задание Отметьте правильный ответ Релятивистским обобщением четырехмерного импульса является: ☐ $\vec{P} = \frac{m\vec{V}}{\sqrt{1-\beta^2}} \quad \square \quad P_i = mu_i$ ☐ $P_i^2 = mu_i^2 \quad \square \quad \vec{P} = \frac{E\vec{V}}{c^2}$	74. Задание Отметьте правильный ответ Инвариантной величиной в релятивистской механике является: ☐ $P_i = mu_i \quad \square \quad \vec{P} = \frac{E\vec{V}}{c^2}$ ☐ $\vec{P} = \frac{m\vec{V}}{\sqrt{1-\beta^2}} \quad \square \quad P_i^2 = mu_i^2$
75. Задание Отметьте правильный ответ Если линейка длиной $l_0 = 1\text{м}$ движется вдоль оси ОХ в инерциальной системе отсчета К со скоростью $0,8c$, то длина линейки в системе К' равна: ☐ 0,4м.; ☐ 0,6м. ☐ 0,54м.; ☐ 0,7м.	76. Задание Отметьте правильный ответ Космический корабль движется мимо неподвижного наблюдателя со скоростью $v=0.6c$. Сколько времени пройдет по часам наблюдателя, если по часам, находящимся в корабле, прошло 100 часов: ☐ 130ч.; ☐ 125ч.; ☐ 200ч.; ☐ 150ч.
77. Задание Отметьте правильный ответ С помощью 4-х мерного импульса можно показать, что масса покоя фотона равна:	78. Задание Отметьте правильный ответ Отношение массы электрона к его массе покоя, если электрон движется со

☐ $m_\gamma > 0$ ☐ $m_\gamma = 0$ ☐ $m_\gamma \neq 0$	скоростью $v=0,8c$. равно: ☐ 1,46. ☐ 1,66. ☐ 0,99. ☐ 1,56.
79. Задание Отметьте правильный ответ Скорость движения частицы, при которой кинетическая энергия частицы равна ее энергии покоя: ☐ 0,9с. ☐ 0,86с. ☐ 0,79с. ☐ 0,74с.	80. Задание Отметьте правильный ответ Функция Гамильтона свободной релятивистской частицы следует из: ☐ $\vec{P} = \frac{m\vec{V}}{\sqrt{1-\beta^2}}$ ☐ $P_i = mu_i$ ☐ $\varepsilon = \frac{mc^2}{\sqrt{1-\beta^2}}$. ☐ $P_i^2 = mu_i^2$
81. Задание Отметьте правильный ответ Собственное время через время в произвольной системе отсчета можно найти из соотношения: ☐ $dt_0 = \frac{dS}{c}$; ☐ $dS^2 = cdt^2 - dl^2$. ; ☐ $dS = cdt$.	82. Задание Отметьте правильный ответ В релятивистской механике инвариантной из нижеперечисленных величин является: ☐ ρ ☐ ρdV ☐ $\rho \vec{v}$
83. Задание Отметьте правильный ответ Преобразования Галилея инвариантно относительно уравнения: ☐ $m \frac{d\vec{V}}{dt} = \frac{e}{c} [\vec{V} \vec{H}]$ ☐ $\frac{d\vec{V}}{dt} = 0$ ☐ $\frac{d\vec{P}}{dt} = e \left(\vec{E} + \frac{1}{c} [\vec{V} \vec{H}] \right)$ ☐ $\frac{d\vec{V}}{dt} = \frac{e}{mc} [\vec{V} \vec{H}]$	84. Задание Отметьте правильный ответ В преобразованиях Галилея скорость распространения взаимодействий: ☐ конечная ☐ инвариантная ☐ бесконечная ☐ постоянная
85. Задание Отметьте правильный ответ Импульс и энергия частицы образуют 4-х мерный импульс: ☐ $j_i = (\vec{j}, ic\rho)$ ☐ $A_i = (\vec{A}, i\varphi)$ ☐ $P_i = \left[P, i \frac{\varepsilon}{c} \right]$ ☐ $f_i = \left(\frac{\vec{F}}{c\sqrt{1-\beta^2}}, i \frac{\vec{v}\vec{F}}{c^2\sqrt{1-\beta^2}} \right)$	86. Задание Отметьте правильный ответ В случае скин-эффекта коэффициент самоиндукции проводника: ☐ Увеличивается. ☐ Уменьшается. ☐ Остается неизменным. ☐ Не увеличивается.
87. Задание Отметьте правильный ответ Сторонними зарядами в диэлектрике	88. Задание Отметьте правильный ответ Четырехмерный вектор тока есть:

называются: ☐ Внесенные извне заряды. ☐ Индуцированные внешним полем заряды. ☐ Заряды, имеющие флуктуационный характер. ☐ "Изображения" зарядов в диэлектрике.	☐ $\vec{j} = \rho \vec{v}$ ☐ $j_i = \rho_0 v_i$ ☐ $j_i = \rho_0 \frac{dx_i}{dt}$ ☐ $\vec{j} = \rho_0 \vec{v}$
89. Задание Отметьте правильный ответ Максвелловский тензор напряженности поля: ☐ $T_{ik} = \frac{1}{4\pi} (F_{il} F_{kl} - \frac{1}{4} \delta_{ik} F_{lm}^2)$ ☐ $F_{ik} = \frac{\partial A_k}{\partial x_i} - \frac{\partial A_i}{\partial x_k}$ ☐ $\frac{\partial^2 F_{ik}}{\partial x_i \partial x_k} = \frac{4\pi}{c} \frac{\partial j_i}{\partial x_i}$ ☐ $T_{\alpha\beta} = \frac{1}{4\pi} \left\{ -E_\alpha E_\beta - H_\alpha H_\beta + \frac{1}{2} \delta_{\alpha\beta} (E^2 + H^2) \right\}$	90. Задание Отметьте правильный ответ Уравнение Гамильтона-Якоби для свободной частицы выражается: ☐ $\left(\frac{\partial S}{\partial x_i} \right)^2 = m^2 c^4$ ☐ $\left(\frac{\partial S}{\partial x_i} \right)^2 = -m^2 c^2$ ☐ $\left(\frac{\partial S}{\partial x_i} \right)^2 = mc^2$; ☐ $\left(\frac{\partial S}{\partial x_i} \right)^2 = 0$
91. Задание Отметьте правильный ответ Функция Лагранжа для частицы в электромагнитном поле: ☐ $L = -mc^2 \sqrt{1 - \beta^2}$ ☐ $L = c^2 \sqrt{1 - \beta^2}$ ☐ $L = -mc^2 \sqrt{1 - \beta^2} + \frac{e}{c} \vec{A} \vec{V} - e\varphi$ ☐ $L = \frac{mV^2}{2} + \frac{e}{c} \vec{A} \vec{V} - e\varphi$	92. Задание Отметьте правильный ответ Значение $\text{div rot } A$: ☐ 1 ☐ 0 ☐ 4 ☐ 3
93. Задание Отметьте правильный ответ Магнитная восприимчивость парамагнетиков, т.е. закон Кюри:	94. Задание Отметьте правильный ответ Уравнение Гамильтона-Якоби для частицы в электромагнитном поле выражается:

☐ $\vec{J} = \frac{NM^2}{3kT} \vec{B}$ ☐ $\chi = \frac{NM^2}{3kT}$ ☐ $\frac{\chi}{\mu} = \frac{NM^2}{3kT}$ ☐ $\vec{P} = \frac{\varepsilon - 1}{4\pi\varepsilon} \vec{D}$	☐ $\left(\frac{\partial S}{\partial x_i} - \frac{e}{c} A_i \right)^2 + m^4 c^4 = 0$ ☐ $\left(\frac{\partial S}{\partial x_i} - \frac{e}{c} A_i \right)^2 + m^2 c^2 = 0$ ☐ $\left(\frac{\partial S}{\partial x_i} \right)^2 + m^2 c^2 = 0$ ☐ $\left(\frac{\partial S}{\partial x_i} - \frac{e}{c} A_i \right)^2 = 0$				
95. Задание Отметьте правильный ответ Формулой Лоренц-Лоренца, применимой к диэлектрикам любого класса, является: ☐ $\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 2} = \frac{4\pi}{3} N \beta$ ☐ $\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 2} = \frac{4\pi N_0 \tau}{3M} \left(\beta + \frac{P_0^2}{3kT} \right)$ ☐ $\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 2} = \frac{4\pi N_0 \tau}{3M} \beta$ ☐ $\vec{P} = \frac{\varepsilon - 1}{4\pi\varepsilon} \vec{D}$	96. Задание Отметьте правильный ответ Значение rot r равно: ☐ 3 ☐ 0 ☐ 2 ☐ 5				
97. Задание Отметьте правильный ответ Условие Лоренца для потенциалов в четырехмерной форме: <table><tr><td>☐ $\frac{\partial F_{ik}}{\partial x_{ik}} = \frac{4\pi}{c} j_i$</td><td>☐ $\frac{\partial A_i}{\partial x_i} = 0$</td><td>☐ $F_{ik} = \frac{\partial A_k}{\partial x_i} - \frac{\partial A_i}{\partial x_k}$</td><td>☐ $\text{div} A = -\frac{1}{c} \cdot \frac{\partial \varphi}{\partial t}$</td></tr></table>		☐ $\frac{\partial F_{ik}}{\partial x_{ik}} = \frac{4\pi}{c} j_i$	☐ $\frac{\partial A_i}{\partial x_i} = 0$	☐ $F_{ik} = \frac{\partial A_k}{\partial x_i} - \frac{\partial A_i}{\partial x_k}$	☐ $\text{div} A = -\frac{1}{c} \cdot \frac{\partial \varphi}{\partial t}$
☐ $\frac{\partial F_{ik}}{\partial x_{ik}} = \frac{4\pi}{c} j_i$	☐ $\frac{\partial A_i}{\partial x_i} = 0$	☐ $F_{ik} = \frac{\partial A_k}{\partial x_i} - \frac{\partial A_i}{\partial x_k}$	☐ $\text{div} A = -\frac{1}{c} \cdot \frac{\partial \varphi}{\partial t}$		

7. Релятивистская электродинамика

98. Задание Отметьте правильный ответ Инвариант электромагнитного поля:	99. Задание Отметьте правильный ответ Инвариантом электромагнитного поля:
---	---

☐ $(EH)^2 = in\nu$ ☐ $H^2 - E^2 = in\nu$ ☐ $E^2 H = in\nu$ ☐ $EH^2 = in\nu$	☐ $\vec{E}\vec{H} = in\nu$ ☐ $H^2 - E^2 = in\nu$ ☐ $E^2 H = in\nu$ ☐ $EH^2 = in\nu$
100. Задание Отметьте правильный ответ Закон преобразования плотности заряда следует из: ☐ $j_i = a_{ik} j'_k$ ☐ $j_1 = a_{1k} j'_k$ ☐ $j_4 = a_{4k} j'_k$ ☐ $X_i = a_{ik} X'_k$	101. Задание Отметьте правильный ответ Закон преобразования плотности тока следует из формулы: ☐ $X_i = a_{ik} X'_k$ ☐ $j_i = a_{ik} j'_k$ ☐ $P_i = a_{ik} P'_k$ ☐ $A_i = a_{ik} A'_k$
102. Задание Отметьте правильный ответ Пространственные компоненты 4-х мерного тензора энергии-импульса электромагнитного поля ☐ $T_{ik} = \frac{1}{4\pi} \left(F_{il} F_{lk} + \frac{1}{4} F_{lm}^2 \delta_{ik} \right)$ ☐ $T_{\alpha\beta} = \frac{1}{4\pi} \left[E_\alpha E_\beta + H_\alpha H_\beta - \frac{1}{2} (E^2 + H^2) \delta_{\alpha\beta} \right]$ ☐ $F_{ik} = \frac{\partial A_k}{\partial x_i} - \frac{\partial A_i}{\partial x_k}$	103. Задание Отметьте правильный ответ Тензор энергии - импульса электромагнитного поля: ☐ $T_{\alpha\beta} = \frac{1}{4\pi} \left[E_\alpha E_\beta + H_\alpha H_\beta - \frac{1}{2} (E^2 + H^2) \delta_{\alpha\beta} \right]$ ☐ $F_{ik} = \frac{\partial A_k}{\partial x_i} - \frac{\partial A_i}{\partial x_k}$ ☐ $T_{ik} = \frac{1}{4\pi} \left(F_{il} F_{lk} + \frac{1}{4} F_{lm}^2 \delta_{ik} \right)$
104. Задание Отметьте правильный ответ Тензор энергии-импульса электромагнитного поля $T_{ik} = \frac{1}{4\pi} \left(F_{il} F_{lk} + \frac{1}{4} F_{lm}^2 \delta_{ik} \right)$ обладает свойством: ☐ $S_p T_{ii} > 0$ ☐ $S_p T_{ii} = 0$ ☐ $S_p T_{ii} < 0$	105. Задание Отметьте правильный ответ Пространственно-временные компоненты тензора $T_{ik} = \frac{1}{4\pi} \left(F_{il} F_{lk} + \frac{1}{4} F_{lm}^2 \delta_{ik} \right)$ связаны с плотностью импульса электромагнитного поля выражением: ☐ $\vec{g} = \frac{1}{4\pi c} [\vec{E}\vec{H}]$ ☐ $\vec{g} = \left(\frac{W}{C} \right) \vec{n}$ ☐ $T_{\alpha 4} = -icg_\alpha$ ☐ $\vec{g} = \vec{S}/c^2$
106. Задание Отметьте правильный ответ	107. Задание Отметьте правильный ответ

Плотность тока и заряда образуют 4-вектор плотности тока: ☐ $A_i = (\vec{A}, i\varphi)$ ☐ $P_i = \left[P, i \frac{\mathcal{E}}{c} \right]; \quad \square \quad j_i = (\vec{j}, ic\rho)$ ☐ $f_i = \left(\frac{\vec{F}}{c\sqrt{1-\beta^2}}, i \frac{\vec{\partial F}}{c^2\sqrt{1-\beta^2}} \right)$	Диагональные компоненты тензора электромагнитного поля: ☐ Больше нуля. ☐ Равны нулю. ☐ Меньше нуля. ☐ Остаются неизменными.
108. Задание Отметьте правильный ответ Значение $\text{rot } \vec{r}$ равно: ☐ $3r$ ☐ 0 ☐ $2r$ ☐ r	109. Задание Отметьте правильный ответ Уравнение непрерывности в четырехмерной форме: ☐ $j_i = \rho \cdot \frac{dx_i}{dt}$ ☐ $\frac{\partial j_i}{\partial x_i} = 0$ ☐ $F_{ik} = \frac{\partial A_k}{\partial x_i} - \frac{\partial A_i}{\partial x_k}$ ☐ $j_i = \rho_0 \cdot \frac{dx_i}{dt}$
110. Задание Отметьте правильный ответ Поле излучения на больших расстояниях для скалярного потенциала можно положить: ☐ $\varphi(z,t) = -n \frac{\partial}{\partial r} \left[\frac{P(t-r/c)}{r} \right]$ ☐ $\varphi(z,t) = \frac{n\dot{p}(t-r/c)}{cr}$ ☐ $\varphi(z,t) = \frac{np(t-r/c)}{r^2}$ ☐ $\varphi(z,t) = \int \frac{p(r', t-r/c)}{(r-r')} dV'$	111. Задание Отметьте правильный ответ Теорема Остроградского-Гаусса: ☐ $\oint_L \vec{a} d\vec{l} = \int_S \text{rot} \vec{a} d\vec{S}$ ☐ $\int_S \vec{a} d\vec{S} = \int_V \text{div} \vec{a} dV$ ☐ $\oint_L \vec{E} d\vec{l} = -\frac{1}{c} \frac{\partial}{\partial t} \int_S \vec{H} d\vec{S}$ ☐ $\int_S \vec{H} d\vec{S} = 0$
112. Задание Отметьте правильный ответ	

Дисперсионной формулой классической электродинамики является:

☐ $\sigma = \frac{8\pi}{3} \frac{e^4}{m^2 c^4}$	☐ $\sigma = \frac{8\pi}{3} r_0^2 \frac{\omega^4}{\omega_0^4}$
☐ $\sigma = \frac{8\pi}{3} \frac{r_0^2 \omega^4}{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + \omega^2 \gamma^2}$	☐ $\sigma = \frac{8\pi}{3} r_0^2$

8. Электродинамика сплошных сред

113. Задание Отметьте правильный ответ Увличение силовых линий магнитного поля движущейся плазмой выражается формулой: ☐ $\text{rot} \vec{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial B}{\partial t} + \frac{1}{c} \text{rot} [\vec{V} \vec{B}]$ ☐ $\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = \text{rot} [\vec{V} \vec{B}]$ ☐ $\Delta \vec{B} = \frac{4\pi\mu\sigma}{c^2} \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$ ☐ $\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = \frac{c^2}{4\pi\sigma\mu} \Delta \vec{B} + \text{rot} [\vec{V} \vec{B}]$	114. Задание Отметьте правильный ответ Затухание электромагнитных волн в плазме не происходит: ☐ По направлению движения плазмы. ☐ Перпендикулярно движению плазмы. ☐ Перпендикулярно магнитному полю. ☐ По направлению магнитного поля.
115. Задание Отметьте правильный ответ Проводники в сверхпроводящем состоянии являются: ☐ Парамагнетиками. ☐ Идеальными диамагнетиками, т.е. внутри них всегда $B=0$. ☐ Идеальными проводниками или проводниками с бесконечной проводимостью ($\sigma = \infty$).	116. Задание Отметьте правильный ответ Роль диэлектрической проницаемости ϵ в теории магнитного поля выполняет: ☐ $\frac{\epsilon}{\mu}$ ☐ $\frac{1}{\mu}$ ☐ μ ☐ $\frac{\mu - 1}{4\pi\mu}$

117. Задание Отметьте правильный ответ Влияние скин-эффекта на коэффициент самоиндукции проводника: ☐ Увеличение ☐ Уменьшение ☐ Нет влияния	118. Задание Отметьте правильный ответ Влиянию магнитного поля на движущийся в нем заряд не соответствует: ☐ не производит работы над зарядом. ☐ не изменяет кинетической энергии заряда ☐ не изменяет абсолютной величины его скорости. ☐ не изменяет направления скорости заряда.
119. Задание Отметьте правильный ответ Уравнения движения $\frac{d\vec{B}}{dt} = e\vec{E} + \frac{e}{c}[\vec{V}\vec{H}]$ меняются в случае, если произвести замену: ☐ $t \rightarrow -t$ ☐ $\vec{E} \rightarrow \vec{E}$ ☐ $\vec{H} \rightarrow \vec{H}$ ☐ $\vec{H} \rightarrow -\vec{H}$	120. Задание Отметьте правильный ответ Сила, действующая на электрический диполь: ☐ $\vec{F} = e\vec{E}$ ☐ $\vec{F} = \int \rho \vec{E} dV$ ☐ $\vec{F} = (\vec{\rho} \nabla) \vec{E}$ ☐ $\vec{F} = \frac{e}{c}[\vec{v}\vec{H}]$
121. Задание Отметьте правильный ответ Решение уравнения Лапласа в сферической системе координат, зависящее лишь от одной координаты r: ☐ $\varphi = \frac{C_1}{r}$ ☐ $\varphi = C_1$ ☐ $\varphi = \frac{C_1}{r} + C_2$ ☐ $\varphi = \frac{C_1}{r^2} + C_2$	122. Задание Отметьте правильный ответ Емкость цилиндрического конденсатора: ☐ $C = \frac{\varepsilon S}{d}$ ☐ $C = \frac{4\pi\varepsilon R_1 R_2}{R_2 - R_1}$ ☐ $C = \frac{4\pi\varepsilon \ell}{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)}$ ☐ $C = 4\pi\varepsilon \ell \ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)$
123. Задание Отметьте правильный ответ В электростатике незаряженный проводник можно рассматривать как тело: ☐ с бесконечной диэлектрической проницаемостью. ☐ с нулевой диэлектрической	124. Задание Отметьте правильный ответ Электрическая восприимчивость любого тела: ☐ $\chi = 0$. ☐ $\chi > 0$.

проницаемостью. ☐ С конечной диэлектрической проницаемостью. ☐ С неизменной диэлектрической проницаемостью.	☐ $\chi = \text{const.}$ ☐ $\chi < 0.$
125. Задание Отметьте правильный ответ "След" тензора энергии-импульса электромагнитного поля: ☐ $T_{ii} > 0$ ☐ $T_{ii} = 0$ ☐ $T_{ii} < 0$ ☐ $T_{ii} = \text{const}$	126. Задание Отметьте правильный ответ Пьезоэлектрики - кристаллы, внутреннее напряжение, в которых в электрическом поле пропорционально: ☐ E ☐ $E^{1/2}$ ☐ $E^{3/2}$ ☐ E^2
127. Задание Отметьте правильный ответ Диэлектрическая проницаемость вещества: ☐ $\epsilon < 1$ ☐ $\epsilon = \text{const}$ ☐ $\epsilon > 1$ ☐ $\epsilon = 0$	128. Задание Отметьте правильный ответ Пондеромоторными называются силы, действующие на: ☐ Диэлектрики в неоднородном электрическом поле. ☐ Проводники в неоднородном электрическом поле. ☐ Диэлектрики в неоднородном магнитном поле. ☐ Проводники в неоднородном магнитном поле.
129. Задание Отметьте правильный ответ При скин-эффекте омическое сопротивление проводника: ☐ Остается неизменным. ☐ Не увеличивается ☐ Увеличивается.	130. Задание Отметьте правильный ответ Поперечный эффект Доплера выражается: ☐ $\omega = \omega_0 \frac{\sqrt{1-\beta^2}}{1-\beta \cos Q}$ ☐ $\omega = \omega_0 \sqrt{1-\beta^2}$ ☐ $\omega = \omega_0 (1-\beta)$ ☐ $\omega = \frac{\omega_0}{\sqrt{1-\frac{\beta}{1+\beta}}}$

☐ Уменьшается.	
131. Задание Отметьте правильный ответ Значение $\text{rot grad } \varphi$ равно: ☐ 0 ☐ 3 ☐ 5 ☐ 2	132. Задание Отметьте правильный ответ Теорему Стокса выражает формула: ☐ $\int_s \vec{a} d\vec{S} = \int_V \text{div} \vec{a} dV$ ☐ $\oint_L \vec{a} d\vec{\ell} = \oint_S \text{rot} \vec{a} d\vec{S}$ ☐ $\oint_S \vec{E} d\vec{\ell} = 4\pi \int_V \rho dV$ ☐ $\oint_L \vec{E} d\vec{\ell} = \frac{4\pi}{c} \int_S \vec{j} d\vec{S}$
133. Задание Отметьте правильный ответ Энергия системы проводников выражается формулой: ☐ $W = \frac{1}{2} \int \rho \varphi dV$ ☐ $W = \frac{1}{2} \sum e_i \cdot \varphi_i$ ☐ $W = \frac{1}{2} \int \epsilon E^2 dV$ ☐ $W = \frac{1}{2} \int \vec{A} \cdot \vec{j} \cdot dV$	134. Задание Отметьте правильный ответ Закон индукции в случае движущихся сред задается формулой: ☐ $\oint \vec{E} d\vec{\ell} = -\frac{1}{c} \cdot \frac{\partial}{\partial t} \cdot \int B dS$ ☐ $\oint \vec{E} d\vec{\ell} = -\frac{1}{c} \cdot \frac{d\Phi}{dt}$ ☐ $\oint \vec{D} d\vec{S} = 4\pi \int \rho dV$ ☐ $\oint \vec{B} d\vec{S} = 0$
135. Задание Отметьте правильный ответ Уравнение непрерывности в четырехмерной форме: ☐ $\frac{\partial j_i}{\partial x_i} = 0$ ☐ $j_i = \rho \frac{\partial x_i}{\partial t}$ ☐ $F_{ik} = \frac{\partial A_k}{\partial x_i} - \frac{\partial A_i}{\partial x_k}$ ☐ $f_i = \frac{1}{c} F_{ik} j_k$	136. Задание Отметьте правильный ответ Условие Лоренца для потенциалов в среде: ☐ $\text{div} \vec{A} + \frac{1}{c} \frac{\partial \varphi}{\partial t} = 0$ ☐ $\text{div} \vec{E} = 4\pi \rho$ ☐ $\text{div} \vec{A} + \frac{1}{c} \frac{\partial A}{\partial t} = 0$ ☐ $\text{div} \vec{A} + \frac{\epsilon \mu}{c} \frac{\partial \varphi}{\partial t} = 0$
137. Задание Отметьте правильный ответ	138. Задание Отметьте правильный ответ

Уравнение движения заряда в постоянном однородном магнитном поле: ☐ $\frac{\partial \vec{P}}{\partial t} = e\vec{E} + \frac{e}{c}[\vec{V}\vec{H}]$ ☐ $\frac{\partial \vec{P}}{\partial t} = e\vec{E}$ ☐ $\frac{\partial \vec{P}}{\partial t} = \frac{e}{c}[\vec{V}\vec{H}]$ ☐ $\frac{\partial \vec{P}}{\partial t} = e\left(-\frac{1}{c}\frac{\partial A}{\partial t} - \text{grad}\varphi\right)$	Полное тепло, выделившееся в проводнике при прохождении постоянного тока в цепи: ☐ $Q = \int \frac{j^2}{\sigma} dV$ ☐ $Q = \int \vec{j}\vec{E}^{comp} dV$ ☐ $Q = J^2 R t$ ☐ $Q = \int j E dV$
139. Задание Отметьте правильный ответ Глубина скин-слоя дается формулой: ☐ $P = \sqrt{\frac{2\pi\rho\lambda\omega}{c^2}}$ ☐ $\delta = \sqrt{\frac{c^2}{2\pi\mu\lambda\omega}}$ ☐ $\delta_{an} = \left(\frac{c^2 e}{2\pi\mu\lambda\omega}\right)^{\frac{1}{3}}$ ☐ $\delta = 1/P$	140. Задание Отметьте правильный ответ Уравнение движения заряда в постоянном однородном электрическом поле: ☐ $\frac{\partial \vec{P}}{\partial t} = e\vec{E} + \frac{e}{c}[\vec{V}\vec{H}]$ ☐ $\frac{\partial \vec{P}}{\partial t} = \frac{e}{c}[\vec{V}, \vec{H}]$ ☐ $\frac{\partial \vec{P}}{\partial t} = e\vec{E}$ ☐ $m\partial\vec{V}/\partial t = -e\text{grad}\varphi$
141. Задание Отметьте правильный ответ Излучение заряда, движущегося в однородном магнитном поле, выражается формулой: ☐ $J = \frac{2\dot{M}^2}{3c^3}$ ☐ $J = \frac{2}{3} \frac{e^4 V^2 H^2}{m^2 c^5}$ ☐ $J = \frac{2e^2 \omega^2}{3c^3}$ ☐ $J = \frac{2\ddot{P}^2}{3c^3}$	142. Задание Отметьте правильный ответ Уравнение связи в однородной изотропной среде: ☐ $\vec{E} = -\text{grad}\varphi - \frac{1}{c}\frac{\partial \vec{A}}{\partial t}$ ☐ $\rho\vec{V} = \sigma\vec{E} + \alpha\frac{\partial \vec{E}}{\partial t} + \chi\text{crot}\vec{B}$ ☐ $\vec{B} = \text{rot}\vec{A}$ ☐ $\vec{\rho} = \rho_{CB} + \rho$
143. Задание Отметьте правильный ответ Область поля излучения называется волновой зоной, если:	

☐ $r \ll \lambda$	☐ $r = \lambda$	☐ $r = 0$	☐ $r \gg \lambda$
--	--	----------------------------------	--

9. Разное

144. Задание Отметьте правильный ответ Траектория заряженной частицы, влетевшей под углом в продольные друг к другу электрическое и магнитное поля: ☐ прямая вдоль начальной скорости ☐ окружность ☐ парабола ☐ винтовая линия с постоянным шагом ☐ винтовая линия с переменным шагом	145. Задание Отметьте правильный ответ Формула, выражающая закон полного тока: ☐ $\oint \vec{H} d\vec{\ell} = \mu_0 I$ ☐ $\oint \vec{B} d\vec{\ell} = \mu_0 I$ ☐ $\oint \vec{B} d\vec{\ell} = I$ ☐ $\oint \vec{H} d\vec{\ell} = I / \mu_0$ ☐ $\oint \vec{H} d\vec{\ell} = I / 4\pi$
146. Задание Отметьте правильный ответ Коэрцитивная сила для ферромагнетиков: ☐ индукция магнитного поля $\vec{B}$, необходимая для полной ориентации доменов ☐ $\vec{B}$, необходимая для переориентации доменов ☐ $\vec{B}$, необходимая для размагничивания ферромагнетика ☐ $\vec{B}$, обеспечивающая равенство спонтанного и индуцированного намагничиваний	147. Задание Отметьте правильный ответ Зависимость вектора намагниченности парамагнетиков от магнитного момента их молекул: ☐ линейная ☐ квадратичная ☐ кубическая ☐ экспоненциальная ☐ логарифмическая
148. Задание Отметьте правильный ответ Зависимость магнитной восприимчивости парамагнетиков χ_m от температуры: ☐ $\chi_m \sim T$ ☐ $\chi \sim 1/T$ ☐ $\chi \sim T^2$ ☐ $\chi \sim 1/T^2$	149. Задание Отметьте правильный ответ Магнитная проницаемость ферромагнетиков при увеличении вектора индукции магнитного поля: ☐ увеличивается ☐ уменьшается ☐ не меняется ☐ проходит через максимум

☐ $\chi \sim e^{-aT}$	☐ проходит через минимум
150. Задание Отметьте правильный ответ Зависимость магнитной восприимчивости ферромагнетиков (χ_f) от температуры в области выше температуры Кюри (T_0): ☐ $\chi_f \sim 1/(T-T_0)$ ☐ $\chi_f \sim T/T_0$ ☐ $\chi_f \sim T_0/T$ ☐ $\chi_f \sim 1/(T-T_0)^2$ ☐ $\chi_f \sim (T-T_0)$	151. Задание Отметьте правильный ответ Индукция магнитного поля магнитного момента элементарного тока убывает с расстоянием: ☐ $\sim r^{-1}$ ☐ $\sim r^{-2}$ ☐ $\sim r^{-3}$ ☐ $\sim r^{-4}$ ☐ $\sim r^{-5}$
152. Задание Отметьте правильный ответ На элементарный ток с магнитным моментом $\vec{p}_m$ в магнитном поле индукцией $\vec{B}$ действует вращающий момент: ☐ $p_m B \cdot \sin \alpha$ ☐ $p_m B \cdot \cos \alpha$ ☐ $p_m B \cdot I \cdot \sin \alpha$ ☐ $p_m B \cdot S \cdot \sin \alpha$ ☐ $I \cdot B \cdot \sin \alpha$	153. Задание Отметьте правильный ответ Явление Холла возникает под действием: ☐ поперечных друг к другу электрического и теплового (разность температур) полей ☐ продольных друг к другу электрического и магнитного полей ☐ поперечных друг к другу электрического и магнитного полей ☐ продольных друг к другу магнитного и теплового полей ☐ поперечных друг к другу магнитного и теплового полей
154. Задание Отметьте правильный ответ Частота ларморовой прецессии есть: ☐ частота орбитального движения электрона ☐ частота колебаний ионов решетки ☐ частота дополнительной угловой скорости электронов вещества в магнитном поле ☐ частота, обусловленная спином электрона ☐ частота колебаний электронов вещества под действием переменного поля	155. Задание Отметьте правильный ответ Формула, выражающая величину силы, действующей на элемент тока $Id\vec{l}$ в магнитном поле с индукцией $\vec{B}$: ☐ $d\vec{F} = \mu_0 Id\vec{l} \times \vec{B}$ ☐ $d\vec{F} = \frac{\mu_0}{4\pi} Id\vec{l} \times \vec{B}$ ☐ $d\vec{F} = \frac{\mu_0}{2\pi} Id\vec{l} \times \vec{B}$ ☐ $2\pi\mu_0 Id\vec{l} \times \vec{B}$ ☐ $Id\vec{l} \times \vec{B}$

156. Задание Отметьте правильный ответ Индукция магнитного поля кругового тока с радиусом r_0 в его центре: ☐ $\frac{\mu_0 I}{2\pi r_0}$ ☐ $\frac{\mu_0 I}{2r_0}$ ☐ $\frac{\mu_0 I}{\pi r_0}$ ☐ $\frac{\mu_0 I}{4\pi r_0}$ ☐ $\frac{\mu_0 I}{r_0}$	157. Задание Отметьте правильный ответ Формула, не выражающая объемную плотность энергии магнитного поля: ☐ $\frac{1}{2}BH$ ☐ $\frac{B^2}{2\mu_0\mu}$ ☐ $\frac{H^2}{2\mu_0\mu}$ ☐ $\frac{1}{2}\mu_0\mu H^2$
158. Задание. Отметьте правильный ответ Формула, не выражающая закон электромагнитной индукции: ☐ $\varepsilon = -L \frac{dI}{dt}$ ☐ $\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt}$ ☐ $\text{rot}\vec{E} = -\frac{\partial\vec{B}}{\partial t}$ ☐ $\text{rot}\vec{B} = \mu\varepsilon \frac{\partial\vec{E}}{\partial t}$ ☐ $\varepsilon = \oint \vec{B}d\vec{S}$	159. Задание. Отметьте правильный ответ Емкость конденсатора C, образующего с катушкой индуктивности L колебательный контур с собственной частотой f_0: ☐ $C = \frac{1}{2\pi f_0 \sqrt{L}}$ ☐ $C = \frac{1}{2\pi f_0^2 L}$ ☐ $C = \frac{1}{4\pi^2 f_0^2 L}$ ☐ $C = \frac{1}{4\pi^2 f_0 L}$ ☐ $C = \frac{1}{2\pi^2 f_0^2 L}$
160. Задание. Отметьте правильный ответ Логарифмический декремент затухания: ☐ логарифм изменения амплитуды колебаний за единицу времени ☐ логарифм относительного изменения показателя затухания ☐ логарифм показателя затухания колебаний ☐ логарифм относительного изменения амплитуды колебаний за один период	161. Задание. Отметьте правильный ответ Плотность тока смещения в слюдяном конденсаторе, к которому приложено переменное электрическое поле с индукцией $5,3 \cdot 10^{-7}$ Кл/м² и частотой $6,28 \cdot 10^{-6}$ с⁻¹ (е А/м²): ☐ 9,7; ☐ 3,3; ☐ 1,6; ☐ 0,47; ☐ 0,27
162. Задание Отметьте правильный ответ $\text{div}\vec{D}$ равна:	163. Задание Отметьте правильный ответ

☐ объемной плотности связанных зарядов $\rho_{св}$ ☐ объемной плотности своб. зарядов ρ ☐ $\rho + \rho_{св}$ ☐ поверхностной плотности свободных зарядов ☐ поверхностной плотности связанных зарядов	$\operatorname{div}\left(\frac{\vec{B}}{\mu_0}\right)$ равна: ☐ плотности молекулярных токов $\vec{j}_m$ ☐ плотности тока проводимости $\vec{j}$ ☐ $\vec{j} + \vec{j}_m$ ☐ 0 ☐ $\vec{j} - \vec{j}_m$
164. Задание Отметьте правильный ответ Поле диполя, расположенного на оси "y" положительным зарядом вверх, на некотором расстоянии по оси "x" от его середины, направлено: ☐ вверх по оси "y" ☐ вниз по оси "y" ☐ направо по оси "x" ☐ налево по оси "x" ☐ наклонено вниз	165. Задание Отметьте правильный ответ Уменьшение величины сопротивления нагрузки R, подключенного к источнику ЭДС с внутренним сопротивлением $r < R$, приводит в этой нагрузке к: ☐ уменьшению количества выделенной теплоты ☐ увеличению мощности ☐ уменьшению мощности ☐ неизменности мощности ☐ увеличению напряжения
166. Задание Отметьте правильный ответ ЭДС индукции определяется: ☐ скоростью изменения площади, пересекаемой магнитной индукцией ☐ скоростью изменения магнитной индукции ☐ скоростью изменения магнитного потока ☐ магнитной индукцией, пересекающей замкнутый контур ☐ магнитным потоком через замкнутый контур	167. Задание Отметьте правильный ответ Фигура, устанавливающаяся на экране осциллографа при подаче на вертикально и горизонтально отклоняющие пластины соответственно двух гармонических напряжений одной и той же частоты, но отличающиеся по фазе на 90°: ☐ наклонная прямая ☐ синусоида ☐ эллипс вдоль любой оси ☐ эллипс, вытянутый по второму и четвертому квадрантам ☐ эллипс, вытянутый по первому и третьему квадрантам
168. Задание Отметьте правильный ответ Два линейных тока, создаваемых	169. Задание Отметьте правильный ответ Гармонический ток катушки

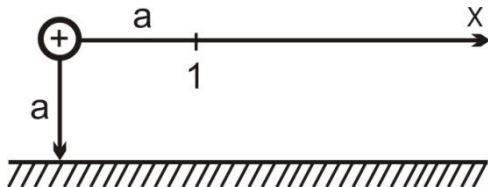
электронными пучками в вакууме: ☐ притягиваются ☐ отталкиваются ☐ электрические и магнитные силы компенсируют друг друга ☐ в зависимости от величины тока отталкиваются или притягиваются	индуктивности, напряжение которой поддерживается неизменным, после подключения параллельно к ней конденсатора с таким же сопротивлением, что и сопротивление катушки: ☐ возрастает; ☐ резко возрастает ☐ уменьшается; ☐ резко уменьшается ☐ не изменяется
170. Задание Отметьте правильный ответ Напряженность электрического поля вне металлической сферы, в центре которой находится заряженный шар, создается: ☐ полем положительного заряда шара ☐ полем индуцированного отрицательного заряда внутренней поверхности сферы ☐ полем индуцированного положительного заряда внешней поверхности сферы ☐ равна нулю	171. Задание Отметьте правильный ответ Траектория заряженных частиц космического пространства, движущихся к поверхности Земли, в ее магнитном поле: ☐ прямая линия ☐ винтовая линия ☐ винтовая линия с раскручивающимся радиусом ☐ винтовая линия с закручивающимся радиусом
172. Задание Отметьте правильный ответ Напряженность электрического поля в средней части безграничного плоского слоя толщиной d с равномерно распределенным зарядом плоскостью ρ, равна: ☐ $\frac{2\rho d}{\epsilon_0}$ ☐ $\frac{\rho d}{\epsilon_0}$ ☐ $\frac{\rho d}{2\epsilon_0}$ ☐ $\frac{\rho d}{4\epsilon_0}$ ☐ 0	173. Задание Отметьте правильный ответ Напряженность электрического поля в центре квадрата, создаваемая чередующимися по знаку одинаковыми зарядами Q, находящимися в его вершинах: ☐ $\frac{Q^2}{\pi\epsilon_0\alpha^2}$ ☐ $\frac{Q^2}{4\pi\epsilon_0\alpha^2}$ ☐ $\frac{Q^2}{2\pi\epsilon_0\alpha^2}$ ☐ $-\frac{Q^2}{2\pi\epsilon_0\alpha^2}$ ☐ 0
174. Задание Отметьте правильный ответ Траектория электрона, влетающего в пространство плоского конденсатора под некоторым углом к плоскости отрицательно заряженной пластины:	175. Задание Отметьте правильный ответ Электрон-вольт: ☐ скорость, приобретаемая электроном при прохождении напряжения в 1В ☐ энергия, приобретаемая электроном в поле напряженностью в 1В/м

☐ прямая линия ☐ парабола ☐ окружность ☐ винтовая линия	☐ скорость, приобретаемая электроном в поле напряженностью в 1В/м ☐ энергия, приобретаемая электроном при прохождении напряжения в 1 В ☐ импульс, приобретаемый электроном в единичном поле
176. Задание Отметьте правильный ответ Электрическая емкость: ☐ заряд единицы объема проводника ☐ заряд единицы поверхности проводника ☐ потенциал проводника, необходимый для изменения его заряда на 1 Кл ☐ количество заряда проводника для изменения его потенциала на 1 В ☐ количество заряда проводника для изменения создаваемой им напряженности на 1 В/м	177. Задание Отметьте правильный ответ Напряженность электрического поля точечного заряда в вакууме в системе СИ: ☐ $\frac{q}{r^2}$; ☐ $\frac{q}{4\pi r^2}$; ☐ $\frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$ ☐ $4\pi\epsilon_0 \frac{q}{r^2}$; ☐ $\frac{q}{\epsilon_0 r^2}$
178. Задание Отметьте правильный ответ Для последовательно соединенных заряженных конденсаторов: ☐ напряжения одинаковы ☐ заряды одинаковы ☐ емкости одинаковы ☐ заряды суммируются ☐ емкости суммируются	179. Задание Отметьте правильный ответ Для параллельно соединенных заряженных конденсаторов: ☐ заряды одинаковы ☐ заряды суммируются ☐ напряжения суммируются ☐ обратные значения емкостей суммируются
180. Задание Отметьте правильный ответ Тангенциальная составляющая напряженности электрического поля у поверхности заряженного проводника определяется: ☐ объемной плотностью зарядов ☐ поверхностной плотностью зарядов ☐ полным зарядом сосредоточенным на поверхности	181. Задание Отметьте правильный ответ Сила взаимодействия между двумя одинаковыми и разноименно заряженными шарами при внесении в пространство между ними диэлектрической палочки: ☐ уменьшается из-за наличия диэлектрической среды ☐ уменьшается из-за поля поляризации ☐ не меняется

☐ равна нулю; ☐ полным зарядом проводника	☐ увеличивается		
<i>182. Задание</i> Отметьте правильный ответ Электрическая мощность потребителя при увеличении его сопротивления: ☐ возрастает; ☐ уменьшается ☐ не изменяется ☐ возрастает при $R > r$ и убывает при $R < r$ ☐ возрастает при $R < r$ и убывает при $R > r$ (r – внутренне сопротивление источника)	<i>183. Задание</i> Отметьте правильный ответ Первый закон (правило) Кирхгофа: ☐ сумма токов в цепи равна нулю ☐ сумма токов контура равна нулю ☐ сумма токов всех ветвей контура равна нулю ☐ сумма токов в узле равна нулю		
<i>184. Задание</i> Отметьте правильный ответ Напряженность электрического поля заряженной бесконечной пластины убывает с удалением от нее согласно: ☐ $\sim r^{-1}$ ☐ $\sim r^{-2}$ ☐ $\sim r^{-3}$ ☐ $\sim r^{-4}$ ☐ не изменяется	<i>185. Задание</i> Отметьте правильный ответ Зависимость вектора поляризации полярных диэлектриков от дипольного момента их молекул: ☐ линейная ☐ квадратичная ☐ кубическая ☐ экспоненциальная ☐ логарифмическая		
<i>186. Задание.</i> Отметьте правильный ответ Глубина проникновения переменного тока в проводник при увеличении частоты в 4 раза: ☐ увеличивается в 4 раза ☐ уменьшается в 4 раза ☐ увеличивается в 2 раза ☐ уменьшается в 2 раза ☐ уменьшается в $\sqrt{2}$ раз	<i>187. Задание.</i> Отметьте правильный ответ Глубина проникновения переменного тока в проводник определяется: ☐ удельным сопротивлением γ , магнитной проницаемостью μ , частотой f , диэлектрической проницаемостью ϵ	<i>188. Задание.</i> Отметьте правильный ответ Дипольный момент молекулы, образованный зарядами $+q$, $+q$, и $-2q$, находящимися в вершинах равностороннего треугольника со стороной a:	<i>189. Задание</i> Отметьте правильный ответ Заряженное тело в поле силы тяжести, попав в горизонтальное электрическое поле, продолжает свой путь: ☐ вертикально вниз; ☐ горизонтально
<i>188. Задание.</i> Отметьте правильный ответ Дипольный момент молекулы, образованный зарядами $+q$, $+q$, и $-2q$, находящимися в вершинах равностороннего треугольника со стороной a:	<i>189. Задание</i> Отметьте правильный ответ Заряженное тело в поле силы тяжести, попав в горизонтальное электрическое поле, продолжает свой путь: ☐ вертикально вниз; ☐ горизонтально		

☐ $\frac{aq}{2}$; ☐ aq ; ☐ $\sqrt{2}aq$; ☐ $\sqrt{3}aq$; ☐ $2aq$	☐ по выпуклой параболе вниз ☐ по вогнутой параболе вниз ☐ по прямой наклонно вниз
190. Задание. Отметьте правильный ответ Напряженность электрического поля в центре тонкой нити в продольном направлении, если на ее длине ℓ равномерно распределен заряд q: ☐ $\frac{q}{\pi\epsilon_0\ell^2}$; ☐ $\frac{q}{2\pi\epsilon_0\ell^2}$; ☐ $\frac{q}{4\pi\epsilon_0\ell^2}$ ☐ $\frac{q}{8\pi\epsilon_0\ell^2}$; ☐ 0	191. Задание. Отметьте правильный ответ Средний поток вектора напряженности электрического поля через одну из граней куба, если заряд q находится в одной из его вершин: ☐ $\frac{q}{24\epsilon_0}$; ☐ $\frac{q}{12\epsilon_0}$; ☐ $\frac{q}{6\epsilon_0}$ ☐ $\frac{q}{3\epsilon_0}$; ☐ $\frac{q}{\epsilon_0}$
192. Задание. Отметьте правильный ответ Напряженность электрического поля положительного точечного заряда на поверхности бесконечно проводящей пластины, находящейся на расстоянии a от заряда: ☐ $\frac{q}{16\pi\epsilon_0a^2}$; ☐ $\frac{q}{8\pi\epsilon_0a^2}$; ☐ $\frac{q}{4\pi\epsilon_0a^2}$ ☐ $\frac{q}{2\pi\epsilon_0a^2}$; ☐ 0	193. Задание. Отметьте правильный ответ Потенциал электрического поля положительного точечного заряда на поверхности бесконечной проводящей пластины, находящейся на расстоянии a от заряда: ☐ $\frac{q}{8\pi\epsilon_0a}$; ☐ $\frac{q}{4\pi\epsilon_0a}$; ☐ $\frac{q}{2\pi\epsilon_0a}$; ☐ $\frac{q}{\pi\epsilon_0a}$; ☐ 0
194. Задание Отметьте правильный ответ Напряженность электрического поля, создаваемая двумя положительно заряженными бесконечными параллельными пластинами с поверхностной плотностью σ_1 и σ_2, соответственно, справа от второй пластины: ☐ $\frac{\sigma_2 + \sigma_1}{\epsilon_0}$; ☐ $\frac{\sigma_2}{\epsilon_0}$; ☐ $\frac{1}{2} \frac{\sigma_2 + \sigma_1}{\epsilon_0}$ ☐ $\frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\epsilon_0}$ ☐ $\frac{-\sigma_1 + \sigma_2}{\epsilon_0}$	195. Задание Отметьте правильный ответ Напряженность электрического поля, создаваемая положительно заряженными бесконечными параллельными пластинами с поверхностной плотностью σ_1 и σ_2, соответственно, слева от первой пластины: ☐ $\frac{\sigma_2 + \sigma_1}{\epsilon_0}$; ☐ $\frac{1}{2} \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{\epsilon_0}$; ☐ $\frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\epsilon_0}$; ☐ $\frac{\sigma_1}{\epsilon_0}$; ☐ $-\frac{\sigma_1 + \sigma_2}{\epsilon_0}$;
196. Задание Отметьте правильный ответ	197. Задание Отметьте правильный ответ

Напряженность электрического поля, создаваемая положительно заряженными бесконечными параллельными пластинами с поверхностной плотностью σ_1 и σ_2, соответственно, в пространстве между пластинами: ☐ $\frac{\sigma_2 + \sigma_1}{\epsilon_0}$; ☐ $\frac{1}{2} \frac{\sigma_2 + \sigma_1}{\epsilon_0}$; ☐ $\frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\epsilon_0}$; ☐ $-\frac{\sigma_1 + \sigma_2}{\epsilon_0}$; ☐ $\frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\epsilon_0}$	Для увеличения дальности радиосвязи с космическими кораблями в два раза требуется увеличение мощности передатчика: ☐ в 1 раз ☐ в 2 раза ☐ в 4 раза ☐ в 8 раз ☐ в 16 раз
198. Задание Отметьте правильный ответ Поверхностная плотность заряда σ_1 и σ_2 на обеих сторонах плоской пластины, несущей заряд σ, если по обе стороны от нее на расстояниях x_1 и x_2 находятся параллельные ей пластины:  ☐ $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma$; ☐ $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma/2$ ☐ $\sigma_1 = \sigma \frac{x_2}{x_1 + x_2}$, $\sigma_2 = \sigma \frac{x_1}{x_1 + x_2}$ ☐ $\sigma_1 = \sigma \frac{x_1}{x_1 + x_2}$, $\sigma_2 = \sigma \frac{x_2}{x_1 + x_2}$	199. Задание Отметьте правильный ответ Поверхностная плотность заряда σ_1 и σ_2 на обеих сторонах плоской пластины, несущей заряд σ, если по обе стороны от нее на расстояниях x_1 и x_2 находятся соединенные друг с другом параллельные ей две пластины: ☐ $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma$ ☐ $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma/2$ ☐ $\sigma_1 = \sigma \frac{x_2}{x_1 + x_2}$, $\sigma_2 = \sigma \frac{x_1}{x_1 + x_2}$ ☐ $\sigma_1 = \sigma \frac{x_1}{x_1 + x_2}$, $\sigma_2 = \sigma \frac{x_2}{x_1 + x_2}$
200. Задание Отметьте правильный ответ Заряд металлического шара во внешнем однородном электрическом поле: ☐ равномерно распределен по его поверхности и положителен ☐ равномерно распределен по его поверхности и отрицателен ☐ всюду равен нулю ☐ полусфера поверхности шара, обращенная к плюсу источника внешнего поля, положительна, а другая полусфера отрицательна	201. Задание Отметьте правильный ответ Время свободного пробега носителей заряда в классической теории металлов есть: ☐ время, в течение которого электрон проводимости, обладающий тепловой скоростью, перемещается от одного столкновения до другого ☐ время существования электрона в свободном состоянии ☐ время, в течение которого электрон проводимости за счет внешнего поля перемещается от одного столкновения до

☐ полусфера поверхности шара, обращенная к плюсу источника внешнего поля, отрицательна, а другая полусфера положительна	другого ☐ время, в течение которого свободный электрон диффундирует от одного электрода до другого			
202. Задание Отметьте правильный ответ Изменение фазы φ гармонического тока участка цепи, содержащего катушку индуктивности с сопротивлением Z_L, после подключения последовательно к ней емкости с сопротивлением $Z_C = \frac{1}{2} Z_L$: ☐ увеличение отставания ☐ уменьшение отставания ☐ опережение ☐ $\Delta\varphi=0$				
203. Задание Отметьте правильный ответ Потенциал в той же точке 1, если на расстоянии a от заряда поместить бесконечную проводимую плоскость (рис.): 				
☐ φ	☐ $\frac{4}{5}\varphi$	☐ $\frac{1}{\sqrt{2}}\varphi$	☐ $\frac{1}{\sqrt{3}}\varphi$	☐ $\frac{1}{2}\varphi$