«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. декана инженерно-физического факультета

_____/Алиева М.Ф.

« 16 » марта 2021 г.

Рабочая программа дисциплины

Б1.О.09.01 Электродинамика

Направление подготовки 03.03.02 Физика

Направленность: Фундаментальная физика

РПД адаптирована для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Майкоп, 2021

Факультет: Инженерно-физический

Кафедра: Теоретической физики

Составитель (разработчик) программы: д.ф.-м.н., доцент Тлячев В.Б.

Рассмотрено и одобрено на заседании кафедры теоретической физики,

протокол № 8 от «16» марта 2021 г.

Заведующий кафедрой: д.ф.-м.н., доцент Тлячев В.Б.

Согласовано:
Председатель УМК факультета: ст. преподаватель Плисенко О.А.

Содержание

Пояснительная записка **4**

1. Цели и задачи дисциплины (модуля). **4**

2. Объем дисциплины (модуля) по видам учебной работы **6**

3. Содержание дисциплины (модуля) **6**

4. Самостоятельная работа обучающихся **7**

5. Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля) **15**

6. Образовательные технологии **17**

7. Методические рекомендации по дисциплине (модулю) **18**

8. Обеспечение образовательного процесса для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов **23**

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) **24**

10. Лист регистрации изменений **25**

Пояснительная записка

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 Физика, направленность Фундаментальная физика.

Дисциплина (модуль) «Электродинамика» относится к обязательной части Блока 1 дисциплин учебного плана.

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения и владения, сформированные в ходе изучения следующих дисциплин и прохождения практик: электромагнетизм, теория вероятностей и математическая статистика, ознакомительная практика 2.

Трудоемкость дисциплины: 5 з.е. / 180 ч.;

Контактная работа – 62,3 ч.:

занятия лекционного типа – 30 ч.

занятия семинарского типа (практические занятия) – 30 ч.

контроль самостоятельной работы – 2 ч.

иная контактная работа – 0,3 ч.

Самостоятельная работа – 64 ч.

контроль – 53,7 ч.

Ключевые слова: принцип относительности, СТО, релятивистская кинематика и динамика, четырёхмерный формализм, преобразования Лоренца, заряд, электромагнитное поле, 4-мерный потенциал, калибровочная инвариантность, тензор электромагнитного поля, инварианты поля, преобразование полей, уравнения Максвелла, плотность и поток энергии, тензор энергии-импульса электромагнитного поля, сохранение (заряда, энергии, импульса, момента импульса), ковариантная запись уравнений, электростатика, магнитостатика, электромагнитные волны, запаздывающие потенциалы, волновая зона, излучение, магнито-тормозное излучение, пондемоторные силы, скин-эффект.

1. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Цель дисциплины состоит в формировании следующих общепрофессиональных и профессиональных компетенций:

– способность применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности (ОПК-1),

– способность проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные (ОПК-2).

Задачи дисциплины:

- ознакомление обучающихся с фундаментальными законами и методами в области электродинамики, современными проблемами наук;
- формирование умений и практических навыков для решения прикладных задач.

Таблица 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция (код и наименование)	**Индикаторы достижения компетенций** (код и наименование)	**Результаты обучения**
ОПК 1	ОПК-1.1. Анализирует проблемы, процессы и явления в области физики, использует на практике базовые знания и методы физических исследований.	*Знает:* основные понятия, принципы и законы электродинамики, на основе которых анализируются проблемы, процессы и явления в области физики. *Умеет:* анализировать проблемы, процессы и явления в физических системах с электромагнитным взаимодействием. *Владеет:* навыками практического анализа электродинамических проблем, процессов и явлений, применения общих методов электродинамики к решению конкретных задач.
	ОПК-1.4. Использует математический аппарат для описания, анализа теоретического и экспериментального исследования и моделирования физических систем, явлений и процессов, использования в обучении и профессиональной деятельности.	*Знает:* основные математические методы (дифференциального и интегрального исчисления), применяемых для теоретического исследования и моделирования электродинамических явлений и процессов, использования их в обучении и профессиональной деятельности. *Умеет:* применять основные математические методы при теоретическом описании и исследовании электродинамических процессов. *Владеет:* математическим аппаратом для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования электродинамических процессов, использования в обучении и профессиональной деятельности.
ОПК 2	ОПК-2.1. Разрабатывает математические модели физических объектов, систем и процессов. Осваивает современное физическое оборудование различного назначения, работает на нем.	*Знает:* математические модели явлений и процессов электродинамических систем. *Умеет:* разрабатывать математические модели явлений и процессов электродинамических систем. *Владеет:* навыком разработки простых математических моделей электродинамических систем; навыками работы на современном физическом оборудовании.
	ОПК-2.3. Решает стандартные задачи профессиональной деятельности.	*Знает:* знает постановку и методы решения стандартных задач электродинамики. *Умеет:* решать стандартные задачи электродинамики. *Владеет:* навыком решения стандартных задач электродинамики.

2. Объем дисциплины (модуля) по видам учебной работы

Таблица 2. Объем дисциплины (модуля) общая трудоемкость: _5_ з.е. / _180_ ч.
Форма обучения _очная

Виды учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах			
		VI			
Общая трудоемкость дисциплины	180	180			
Контактная работа:					
занятия лекционного типа	30	30			
занятия семинарского типа (практические занятия)	30	30			
контроль самостоятельной работы	2	2			
иная контактная работа	0,3	0,3			
контролируемая письменная работа					
контроль	53,7	53,7			
Самостоятельная работа (СР)	64	64			
Курсовая работа (проект)					
Вид промежуточного контроля	**экзамен**				

3. Содержание дисциплины (модуля)

Таблица 3. Распределение часов по темам и видам учебной работы
Форма обучения *очная*
Семестр _VI_

Номер раздела	Наименование разделов и тем дисциплины (модуля)	Объем в часах					
		Всего	Л	ПЗ	Контроль	КСР	СР и иная работа
1.	Модуль 1. Принцип относительности.	26	5	5	5,5	0,5	10
2.	Модуль 2. Постоянное электромагнитное поле.	26	5	5	5,5	0,5	10
3.	Модуль 3, Уравнения Максвелла.	30	5	5	7,5	0,5	12
4.	Модуль 4. Излучение электромагнитных волн.	38,5	5	5	15,7	0,5	12,3
5.	Модуль 5. Уравнения Максвелла в среде.	30	5	5	10		10
6.	Модуль 6. Электромагнитные волны в среде.	29,5	5	5	9,5		10
Итого:		180	30	30	53,7	2	64,3

Содержание лекций (модулей)

Модуль 1. Принцип относительности

Релятивистская кинематика и динамика. Четырёхмерный формализм.

Преобразования Лоренца. Заряд в электромагнитном поле. Уравнение движения заряда в поле в СТО.

Калибровочная инвариантность.

Модуль 2. Постоянное электромагнитное поле.

Движение заряда в постоянных и однородных электрическом и магнитном полях. Тензор электромагнитного поля.

Законы преобразования для напряженностей электрического и магнитного полей. Инварианты поля.

Модуль 3, Уравнения Максвелла Микроскопические уравнения Максвелла. Плотность и поток энергии.

Тензор энергии-импульса электромагнитного поля.

Уравнения электростатики. Закон Кулона. Электростатическая энергия зарядов. Поле равномерно движущегося заряда.

Интегрирование уравнения Пуассона.

Уравнения магнитостатики. Векторный потенциал. Постоянный электрический ток и постоянное магнитное поле в вакууме. Закон Био - Савара - Лапласа.

Электромагнитная индукция. Взаимная индукция, самоиндукция. Энергия магнитного поля.

Электромагнитные волны в вакууме. Волновое уравнение. Плоские волны. Монохроматические плоские волны. Законы преобразования для частоты и волнового вектора электромагнитной волны.

Модуль 4. Излучение электромагнитных волн.

Поле движущихся зарядов. Решения уравнений для потенциалов (запаздывающие потенциалы).

Потенциалы Лиенара-Вихерта.

Электрическое и магнитное поле произвольно движущегося заряда.

Поле излучения в волновой зоне.

Излучение релятивистского заряда. Магнито-тормозное излучение.

Модуль 5. Уравнения Максвелла в среде.

Усреднение уравнений Максвелла в среде. Поляризация и намагниченность среды. Индукция электрического поля D. Напряжённость магнитного поля H.

Электростатика проводников и диэлектриков. Пондеромоторные силы. Граничные условия для векторов D и E.

Постоянное магнитное поле. Механические силы в магнитном поле. Закон Ампера. Граничные условия для векторов B и H. Ферромагнетизм. Кривая намагничения. Доменная структура ферромагнетиков. Сверхпроводимость. Магнитные свойства сверхпроводников. Квазистационарное электромагнитное поле. Скин-эффект.

Модуль 6. Электромагнитные волны в среде.

Волновое уравнение и его решение. Дисперсия диэлектрической проницаемости. Поглощение. Фазовая и групповая скорости в диспергирующей среде. Отражение и преломление волн. Распространение электромагнитных волн в неоднородной среде. Электромагнитные плоские волны в анизотропных средах.

4. Самостоятельная работа обучающихся

Цели самостоятельной работы – освоить те разделы дисциплины, которые не были затронуты в процессе аудиторных занятий, но предусмотрены рабочей программой, а также расширить границы получаемых знаний, умений и навыков (владений) в процессе дополнительного изучения отдельных тем, решении практических задач, исследования

отдельных вопросов дисциплины с помощью учебно-методической литературы; подготовиться к занятиям лекционного и семинарского типа.

Таблица 4. Содержание самостоятельной работы обучающихся

№ п/п	Вид самостоятельной работы	Разделы или темы	Форма отчетности
1	Изучение теоретического материала по конспектам лекций. конспектирование по учебной литературе вопросов, оговоренных на лекции.	**Модуль 1, 2**	Опрос по карточкам на лекции; коллоквиум; конспекты лекций.
2	Подготовка к практическому занятию. Решение домашних заданий. Подготовка доклада с презентацией по отдельным вопросам тем.	**Модуль 1, 2**	Проверка правильности решения заданий, опрос по карточкам и у доски. Отчет по домашним заданиям (по индивидуальному графику). Доклад и презентация.
3	Контрольная работа. Коллоквиум (КСР).	**Модуль 1, 2**	Письменный и затем устный оп рос.
4	Изучение теор. материала по конспектам лекций. Конспектирование по учебной литературе вопросов, оговоренных на лекции, доведение до конца выводов, начатых на лекции.	**Модуль 3, 4**	Опрос по карточкам на лекции; проверка конспекта преподавателем, опрос по карточкам на лекции.
5	Подготовка к практическим занятиям. Решение домашних заданий. Подготовка рефератов.	**Модуль 3, 4**	Проверка правильности решения заданий, опрос по карточкам и у доски. Отчет по домашним заданиям (по индивидуальному графику).
6	Контрольная работа. Коллоквиум (КСР)	**Модуль 3,4**	Собеседование по реферату Коллоквиум (письменный опрос)
7	Изучение теоретического материала по конспектам лекций, конспектирование по учебной литературе вопросов, оговоренных на лекции	**Модуль 5, 6**	Опрос по карточкам на лекции; коллоквиум. Проверка конспекта преподавателем.
8	Подготовка к практическому занятию. Решение домашних заданий. Подготовка рефератов.	**Модуль 5, 6**	Проверка правильности решения заданий, опрос по карточкам и у доски. Отчет по домашним заданиям (по индивидуальному графику). Текст реферата.

4.1. Типы семестровых заданий:

Вопросы проверки остаточных знаний

1.Система уравнений Максвелла в дифференциальной и интегральной форме.
2.Уравнения электромагнитного поля в потенциалах и их решение
3. Поле движущейся заряженной частицы. Потенциалы Лиенара-Вихерта

4.Усреднение уравнений Максвелла в среде. Уравнения Максвелла-Лоренца для поля в веществе.

5.Электрическое поле в диэлектрике. Уравнения Пуассона и Лапласа.

6. Граничные условия для вектора напряжённости и вектора индукции электрического поля.

7.Магнитное поле постоянных линейных токов. Закон Биосавара-Лапласа. Закон Ампера.

8. Уравнение Пуассона. Граничные условия для вектора $\vec{B}$ и $\vec{H}$.

9. Коэффициент индукции. Энергия магнитного поля.

10.Волновое уравнение и его решение в непроводящей среде.

11.Неизменность частоты при отражении и преломлении.

12.Законы отражения и преломления.

Содержание и объем практических занятий

№ п/п	Тема практического занятия	Количество часов
1.	Уравнения Максвелла	2
2.	Энергия электромагнитного поля	2
3.	Потенциалы электромагнитного поля. Электромагнитное поле системы зарядов	2
4.	Релятивистская механика	2
5.	Ковариантные уравнения электромагнитного поля	2
6.	Тензор электромагнитного поля	2
7.	Сила Лоренца в релятивистской электродинамике	2
8.	Поле движущейся частицы. Уравнения Максвелла-Лоренца	2
9.	Поляризация и намагниченность вещества.	2
10.	Электростатика диэлектриков	2
11.	Проводники в электрическом поле	2
12.	Постоянное магнитное поле. Магнетики.	2
13.	Сверхпроводимость.	2
14.	Квазистационарное электромагнитное поле. Магнитная гидродинамика	2
15.	Электромагнитные волны. Поведение волны на границе сред. Дисперсия	2

Примеры задач с решениями для домашнего исполнения

Задача.

Определить напряженность электрического поля, создаваемого положительным зарядом плотностью λ, распределенным по кольцу радиуса R, в точке на высоте Z от центра кольца, рис. 1

Решение.

Так как соотношение $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r^3}\vec{r}$ для точечного заряда, а в данном случае заряд распределен непрерывно, то выберем некоторый малый элемент дуги dl с зарядом dq,

тогда $d\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{dq}{r^3}\vec{r}$, где $dq = \lambda dl$.

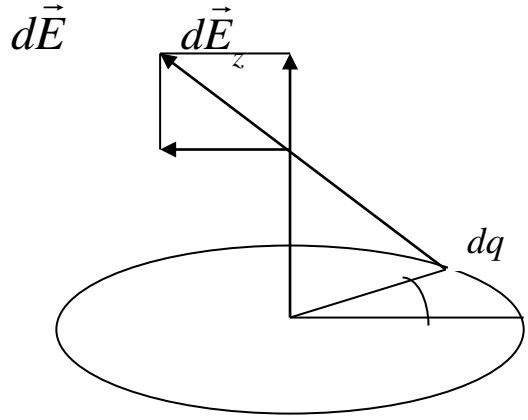

Рис. 1

Однако данное выражение проинтегрировать нельзя, так как интегрирование – это алгебраическое суммирование бесконечно малых величин, а в данном случае для нахождения $\vec{E}$ необходимо геометрическое суммирование векторных величин $d\vec{E}_i$, которые при переходе от направление.

В связи с этим найдем проекции вектора $d\vec{E}$ на ось Z и на горизонтальную плоскость.

В силу осевой симметрии сумма горизонтальных проекций будет равна нулю, а величина $\vec{E}$ будет определяться алгебраической суммой проекций $d\vec{E}_z$, то есть интегралом $E_z = \int dE\cos\alpha$, где $\cos\alpha = \frac{z}{r} = \frac{z}{\left(R^2+z^2\right)^{1/2}}$, а $dl = Rd\varphi$, тогда $E_z = \int_0^{2\pi}\frac{\lambda Rzd\varphi}{4\pi\varepsilon_0(R^2+z^2)^{3/2}} = \frac{\lambda Rz}{2\varepsilon_0(R^2+z^2)^{3/2}}$

Из последнего соотношения следует, что при $Z = 0$ $E_z = 0$, т.е. в центре кольца поле отсутствует. Исследуя формулу на экстремум, получаем

$$\frac{dE_z}{dz} = \frac{\lambda R}{2\varepsilon_0}\frac{(R^2+z^2)^{1/2}(R^2-z^2)}{(R^2+z^2)^3} = 0$$

Равенство возможно, если $Z = R$. При $Z < R$, первая производная $\frac{dE_z}{dz} > 0$, при $Z > R$, $\frac{dE_z}{dz} < 0$, откуда следует, что значение $Z = R$, соответствует максимуму напряженности электрического поля.

Задача.

В среде с диэлектрической проницаемостью ε_2 находится шар радиуса *R,* с распределенным внутри него зарядом, плотностью ρ. Диэлектрическая проницаемость внутри шара ε_1. Определить напряженность электрического поля $E_в$ внутри шара, в точке *A* и напряженность электрического поля E_n вне шара, в точке *B,* рис. 2.

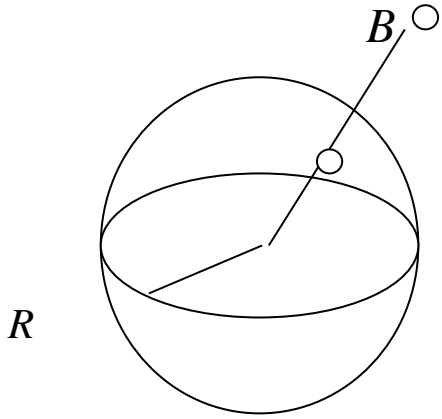

Рис. 2.

Решение.

Для нахождения значений напряженности электрического поля воспользуемся уравнением Максвелла в дифференциальной форме

$$div\vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon\varepsilon_0}.$$

В силу центральной симметрии распределения заряда, воспользуемся сферической системой координат для $div\vec{E}$. (*См. приложение*). Так как электрическое поле в случае шара не зависит от углов, то последнее соотношение примет вид

$$\frac{1}{r^2}\frac{d}{dr}(r^2E_в) = \frac{\rho}{\varepsilon\varepsilon_0}.$$

Интегрируя данное уравнение для области внутри шара, получим

$$E_в = \frac{\rho}{3\varepsilon\varepsilon_0} r + \frac{C_1}{r^2}$$

Вне шара уравнение (4.3) примет вид

$$\frac{1}{r^2}\frac{d}{dr}(r^2 E_н) = 0$$

Тогда $E_н = \frac{C_2}{r^2}$.

Исследование $E_в$ и $E_н$ на конечность значений этих величин показывает, что при $r \to 0$ $E_в = \frac{C_1}{0}$, то есть в центре шара $E_в$ бесконечно, тогда следует положить $C_1 = 0$, при $r=R$ $E_н = \frac{C_2}{R}$, а при $r \to \infty$ $E_н = 0$, то есть $E_н$ всюду конечно.

Так как в силу центральной симметрии вектор $\vec{E}$ перпендикулярен поверхности шара, то есть $\vec{E} = \vec{E}_n$, то для определения C_2 воспользуемся граничными условиями:

$$\varepsilon_1 E_{1n} = \varepsilon_2 E_{2n} \text{ или } \varepsilon_1 \frac{\rho R}{3\varepsilon_1\varepsilon_0} = \varepsilon_2 \frac{C_2}{R^2}, \text{ откуда } C_2 = \frac{\rho R^3}{3\varepsilon_2\varepsilon_0}.$$

В результате $E_в = \frac{\rho r}{3\varepsilon_1\varepsilon_0}$ $E_н = \frac{\rho R^3}{3\varepsilon_2\varepsilon_0 r^2}$

Задача. Определить векторный потенциал внутри цилиндра радиуса R и вне его, если по поверхности цилиндра течет ток плотностью i. Магнитная проницаемость цилиндра μ_1, а вне цилиндра – μ_2.

Решение.

Для решения задачи воспользуемся уравнением Пуассона. В силу осевой симметрии используем цилиндрическую систему координат. С учетом того, что $\vec{A}$ не зависит от φ и z (ось выберем вдоль оси цилиндра) общий вид уравнения Пуассона:

$$\frac{1}{r}\frac{d}{dr}\left(r\frac{d\vec{A}_z}{dr}\right) = -\mu\mu_0\vec{j} \tag{1}$$

(Лапласа) внутри цилиндра примет вид:

$$\frac{1}{r}\frac{d}{dr}\left(r\frac{dA_{вz}}{dr}\right) = 0 \tag{2}$$

и соответственно вне цилиндра:

$$\frac{1}{r}\frac{d}{dr}\left(r\frac{dA_{нz}}{dr}\right) = 0 \tag{3}$$

Интегрируя уравнения (2) и (3), находим:

$$\frac{dA_{вz}}{dr} = \frac{c_1}{r} \tag{4}$$

и

$$\frac{dA_{нz}}{dr} = \frac{c_2}{r} \tag{5}$$

Повторяя интегрирование, получим:

$$A_{вz} = c_1 \ln z + c_3 \tag{6}$$

$$A_{нz} = c_2 \ln z + c_4 \tag{7}$$

Величина $\frac{dA}{dr}$ соответствует индукции B магнитного поля, поэтому чтобы величина индукции была конечна при $r \to 0$, следует положить $C_1 = 0$.

Для определения C_2 воспользуемся граничными условиями для тангенциальной составляющей вектора $\vec{B}$ и уравнениями (4) и (5). В результате при $r = R$

$$\frac{1}{\mu_2}\frac{dA_{н}}{dr} - \frac{1}{\mu_1}\frac{dA_{в}}{dr} = \mu_0 i,$$

или $\frac{1}{\mu_2}\frac{C_2}{R} = \mu_0 i$, тогда $C_2 = \mu_0\mu_2 iR$.

Аналогично, используем граничное условие для векторного потенциала $A_н = A_в$. В результате

$$\mu_0\mu_2 iR\ln R + C_4 = C_3 \ .$$

Так как в одном уравнении две неизвестных C_3 и C_4, то в силу неоднозначности $\vec{A}$, примем $C_3 = A_0$ (калибровка векторного потенциала) и получим:

$$C_4 = A_0 - \mu_0\mu_2 iR\ln R$$

и $A_{в} = A_0$ $\qquad A_{н} = \mu_0\mu_2 iR\ln r + A_0 - \mu_0\mu_2 iR\ln R$.

Задача. К системе состоящей из цилиндрического катода радиуса R_1, по которому течёт ток I и концентрично расположенного с ним анода радиуса R_2 приложено напряжение U. Определить при каком напряжении электроны, вылетающие из катода, не будут попадать на анод и чему при этом будет равна скорость электрона.

Решение

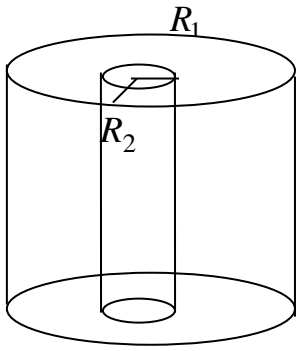

Рис. 3.

На электроны, разгоняемые электрическим полем вдоль радиуса цилиндров действует сила магнитного поля создаваемого электрическим током, направленная вдоль оси цилиндров (случай скрещенных полей). В некоторый момент скорость электрона под действием этой силы может оказаться вдоль оси цилиндров и электрон не попадёт на внешний электрод.

Выясним, при каком напряжении это произойдёт.

Для решения данной задачи воспользуемся функцией Лагранжа .

Как видно из функции Лагранжа она не зависит явно от времени, это связано с однородностью времени, поэтому её полная производная по времени не включает частную производную по времени

$$\frac{dL}{dt} = \frac{\partial L}{\partial q}\dot{q} + \frac{\partial L}{\partial \dot{q}}\ddot{q} \qquad (1)$$

Здесь q, $\dot{q}$ и $\ddot{q}$ соответственно обобщённая координата, обобщённая скорость и обобщённое ускорение. Из уравнения Лагранжа следует

$$\frac{\partial L}{\partial q} = \frac{d}{dt}\frac{\partial L}{\partial \dot{q}}$$

тогда

$$\frac{dL}{dt} = \frac{d}{dt}\frac{\partial L}{\partial \dot{q}}\dot{q} + \frac{\partial L}{\partial \dot{q}}\ddot{q} = \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}}\dot{q}\right)$$

или

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}}\dot{q} - L\right) = 0 \qquad (2)$$

Величина, стоящая в скобках представляет собой энергию, а то, что производная по времени равна нулю, говорит о том, что энергия со временем не изменяется, то есть

$$E = \frac{\partial L}{\partial \dot{q}} \dot{q} - L = Const \tag{3}$$

Последнее соотношение представляет собой закон сохранения энергии.

Из однородности пространства следует, что все точки пространства эквивалентны и, следовательно, при перемещении замкнутой системы на величину δq

$$\delta L = \frac{\partial L}{\partial q} \delta q = 0 \tag{4}$$

Так как δq не равно нулю, то отсюда следует, что

$$\frac{\partial L}{\partial q} = 0 . \tag{5}$$

Тогда на основании уравнения Лагранжа

$$\frac{dL}{dq} = \frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}} = 0 \quad . \tag{6}$$

то есть

$$\frac{\partial L}{\partial \dot{q}} = Const \ , \tag{7}$$

но

$$\frac{\partial L}{\partial \dot{q}} = p$$

следовательно, соотношение (7) представляет собой закон сохранения импульса.
Закон сохранения импульса может выполнятся не только для замкнутой системы, но и в потенциальных полях, для некоторых компонент импульса, если вдоль этих компонент не действует сила.

В цилиндрическом конденсаторе скалярный потенциал определяется соотношением

$$\varphi = \frac{U}{\ln \frac{R_2}{R_1}} \ln r + \varphi_o ,$$

а векторный потенциал для проводника с током равен

$$A_z = -\frac{\mu_o I}{2\pi} \ln r + A_o$$

В данном случае ось z выбрана вдоль оси цилиндров.

В силу осевой симметрии рассматриваемой системы представим функцию Лагранжа в цилиндрической системе координат

$$L = \frac{1}{2} m(\dot{\rho}^2 + \rho^2 \dot{\psi}^2 + \dot{z}^2) + \frac{e\mu_o I}{2\pi} \dot{z} \ln \rho + e \frac{U}{\ln \frac{R_2}{R_1}} \ln \rho \tag{8}$$

В нашем случае, как было показано ранее, выполняется закон сохранения энергии, то есть

$$E = \dot{\rho} \frac{\partial L}{\partial \dot{\rho}} + \dot{\psi} \frac{\partial L}{\partial \dot{\psi}} + \dot{z} \frac{\partial L}{\partial \dot{z}} - L = \frac{1}{2} m(\dot{\rho}^2 + \rho^2 \dot{\psi}^2 + \dot{z}^2) - e \frac{U}{\ln \frac{R_2}{R_1}} \ln \rho \tag{9}$$

Так как приложенная разность потенциалов создаёт поле вдоль радиуса ρ, то

должен выполнятся закон сохранения для компонент импульса p_z и p_ψ

$$p_z = \frac{\partial L}{\partial \dot{z}} = m\dot{z} + \frac{e\mu_o I}{2\pi}\ln\rho = C_1 \tag{10}$$

и соответственно

$$p_\psi = \frac{\partial L}{\partial \dot{\psi}} = m\rho^2\dot{\psi}^2 = C_2 \tag{11}$$

Константы E, C_1 и C_2 определим из начальных условий, полагая, что при $\rho = R_1$ $\vartheta_o = 0$ и соответственно $\vartheta_{o\rho} = \vartheta_{o\psi} = \vartheta_{oz} = 0$

Тогда

$$C_1 = \frac{e\mu_o I}{2\pi}\ln R_1, \quad C_2 = 0, \text{ а } \quad E = -e\frac{U}{\ln\frac{R_2}{R_1}}\ln R_1$$

В результате получим систему уравнений

$$m\rho^2\dot{\psi}^2 = o \tag{12}$$

$$\dot{z} = -\frac{e\mu_o I}{2\pi m}\ln\frac{\rho}{R_1} \tag{13}$$

$$-e\frac{U}{\ln\frac{R_2}{R_1}}\ln R_1 = \frac{1}{2}m\dot{\rho}^2 + \frac{e^2\mu^2{}_o I^2}{8\pi^2}(\ln\frac{\rho}{R_1})^2 - e\frac{U}{\ln\frac{R_2}{R_1}}\ln\rho \tag{14}$$

Из первого равнения следует

$$m\rho^2\dot{\psi}^2 = m\rho\vartheta_\psi = 0 \tag{15}$$

Так как m и ρ не равны нулю, то, следовательно $\vartheta_\psi = 0$, а это значит, что движение частицы происходит в плоскости проходящей через ось цилиндров.

Частица не попадёт на внешний цилиндр если её скорость, при $\rho = R_2$, не будет иметь составляющую вдоль направления ρ, то есть, $\dot{\rho} = 0$.

Второе уравнение определяет скорость частицы вблизи внешнего электрода

$$\vartheta_z = -\frac{e\mu_o I}{2\pi m}\ln\frac{R_2}{R_1} \tag{16}$$

Разрешая третье уравнение относительно U, при $\rho = R_2$, получим ответ на поставленный вопрос задачи.

$$U = -\frac{e\mu^2{}_o I^2}{8\pi^2 m}(\ln\frac{R_2}{R_1})^2 \tag{17}$$

<u>Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся</u>

1. Аринштейн, Э.А. Основы теоретической физики: опорные конспекты по курсам теоретической физики по организации самостоятельной работы студентов II-IV курсов направления 03.03.02. «Физика» / Э.А. Аринштейн. – Тюмень: Тюменский государственный университет, 2016. – 73 с. **ЭБС** Режим доступа: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=571839

2. Иванов, А.В. Динамика заряженных частиц и интенсивных пучков в стационарных полях: учебное пособие / А.В. Иванов. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2011. – 211 с. **ЭБС** Режим доступа: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229345
3. Электромагнитные поля и волны: сборник задач и упражнений / Л.А. Боков, А.Е. Мандель, Ж.М. Соколова, Л.И. Шангина. – Томск : ТУСУР, 2013. – 271 с. **ЭБС** Режим доступа: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480510
4. Алтунин, К.К. Электродинамика, специальная теория относительности и электродинамика сплошных сред: учебно-методическое пособие / К.К. Алтунин. – 2-е изд. – Москва : Директ-Медиа, 2014. – 109 с. **ЭБС** Режим доступа: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=240549

5. Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля)

Таблица 5.1. Основная литература

№ п/п	Наименование, библиографическое описание
1	Ландау Л.Д. Теоретическая физика. В 10 тт. Т. 2. Теория поля: учебное пособие / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – М.: Физматлит, 2006.- 504 с. **ЭБС:** Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82966
2	Лифшиц, Е.М. Теоретическая физика. В 10 тт. Т. 8. Электродинамика сплошных сред: учебное пособие/Е.М. Лифшиц, Л.Д. Ландау.- М.: Физматлит, 2005.- 652 с. **ЭБС:** Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=84180
3	Тамм, И.Е. Основы теории электричества: учебное пособие/ И.Е. Тамм.- М.: Физматлит, 2003.- 616 с. **ЭБС:** Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69243
4	Джексон, Д. Д. Классическая электродинамика/ Д. Д. Джексон.- М.: Издательство "МИР", 1965.- 701 с. **ЭБС** Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=213805
5	Левич, В.Г. Курс теоретической физики / В.Г. Левич, Ю.А. Вдовин, В.А. Мямлин ; под ред. В.Г. Левич. – Изд. 2-е, перераб. – Москва : Наука, 1971. – 936 с. **ЭБС** Режим доступа: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=494683

Таблица 5.2. Дополнительная литература

№ п/п	Наименование, библиографическое описание
1	Попов, Н.А. Уравнения Максвелла: учебное пособие/ Н. А. Попов. - М.: "Прометей", 2012. - 34 с. **ЭБС** Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=212101
2	Пейсахович, Ю.Г. Классическая электродинамика: учебное пособие / Ю.Г. Пейсахович. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013. – 634 с. **ЭБС** Режим доступа: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=436255
3	Электродинамика: Специальная теория относительности. Теория электромагнитного поля / сост. Е.А. Памятных. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2014. – 73 с. **ЭБС** Режим доступа: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275799
4	Поспелов, Е.А. Пакеты прикладных программ в научных исследованиях: учебно-методическое пособие / Е.А. Поспелов, И.С. Попов. – Омск: Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, 2019. – 78 с. **ЭБС** Режим доступа: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=614059

Таблица 5.3. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

№ п/п	Название (адрес) ресурса
1	EqWorld МИР МАТЕМАТИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ http://eqworld.ipmnet.ru/
2	Словари и энциклопедии https://dic.academic.ru/
3	Краткий справочник по физике http://www.physics.vir.ru
4	Сайт кафедры теоретической физики физического факультета МГУ http://theorphys.phys.msu.ru/education/education.html

Таблица 5.4. Периодические издания

№ п/п	Наименование
1.	Ежемесячный теоретический и научно-практический журнал «Электричество» https://etr1880.mpei.ru/index.php/electricity/about
2.	Журнал «Успехи физических наук». www.ufn.ru
3.	Физическое образование в Вузах. / М.: Издательский дом МФО (Московское физическое общество). **ЭБС и** http://pinhe.lebedev.ru/
4.	Журнал Экспериментальной и Теоретической Физики (ЖЭТФ) http://www.jetp.ac.ru/
5.	Журнал «Труды Физического Общества Республики Адыгея» http://fora.adygnet.ru/

Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Базы данных ИНИОН РАН http://inion.ru/resources/bazy-dannykh-inion-ran/

ЭБС «Университетская библиотека онлайн» www.biblioclub.ru

Ресурс содержит учебники, учебные пособия, монографии, периодические издания, справочники, словари, энциклопедии. В настоящее время включает более 130 тыс. наименований. Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.

ЭБС АГУ на платформе аппаратно-программного комплекса ООО КДУ **http://adygnet.bibliotech.ru**

Ресурс содержит электронные аналоги трудов преподавателей АГУ. Обеспечивает доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям. Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.

ООО «Научная электронная библиотека» (НЭБ) www.elibrary.ru

Российский информационно-аналитический портал в области науки, технологии и образования, в том числе электронные версии более 3900 российских научно-технических журналов, из которых более 2800 журналов в открытом доступе.

Международные базы данных научных изданий

Web of Science https://apps.webofknowledge.com Наукометрическая реферативная база данных журналов и конференций. Режим доступа: IP адреса университета

Scopus https://www.scopus.com/search/ – это наукометрическая реферативная база данных, входящая в базу данных SciVerse компании Elsevier. SciVerse объединяет в себе материалы из коллекции рецензированной литературы SciVerse Scopus, собрания полнотекстовых статей SciVerse ScienceDirect. Режим доступа: IP адреса университета.

zbMATH https://zbmath.org/ Реферативная база данных по чистой и прикладной математике.

Интернет-ресурсы открытого доступа (Open Access)

(Информационно-поисковые (справочные) системы)

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»

http://window.edu.ru/ Ресурс обеспечивает свободный доступ к интегральному каталогу образовательных интернет-ресурсов, к электронной библиотеке учебно-методических материалов для общего и профессионального образования и к ресурсам системы федеральных образовательных порталов, объединяет в единое информационное пространство электронные ресурсы свободного доступа для всех уровней образования в России.

Университетская информационная система Россия uisrussia.msu.ru

6. Образовательные технологии

Таблица 6. Образовательные технологии

№ п/п	Наименование раздела (модуля)	Виды учебных занятий	Образовательные технологии
1	**2**	**3**	**4**
1.	**Модуль 1. Принцип относительности.**	Лекции 1-2. Семинары 1-2. Самостоятельная работа	Лекции с использованием видеоматериалов. Информационно – коммуникационная технология. Беседы с обсуждением вопросов. Консультирование и проверка домашних заданий посредством электронной почты.
2	**Модуль 2. Постоянное электромагнитное поле.**	Лекции 3-4. Семинар 3-4. Самостоятельная работа	Лекции с использованием видеоматериалов. Информационно – коммуникационная технология. Беседы с обсуждением вопросов. Технология развития критического мышления. Консультирование и проверка домашних заданий посредством электронной почты.
3	**Модуль 3, Уравнения Максвелла Микроскопические уравнения Максвелла.**	Лекции 5-6. Семинар 5-6. Самостоятельная работа	Лекции с использованием видеоматериалов. Информационно – коммуникационная технология. Технологии групповых дискуссий и развития критического мышления. Консультирование и проверка домашних заданий посредством электронной почты.

4	**Модуль 4. Излучение электромагнитных волн.**	Лекции 7-8. Семинар 7-8. Самостоятельная работа	Лекции с использованием видеоматериалов. Информационно – коммуникационная технология. Беседы с обсуждением вопросов. Консультирование и проверка домашних заданий
5	**Модуль 5. Уравнения Максвелла в среде.**	Лекции 9-10. Семинар 9-10. Самостоятельная работа	Лекции с использованием видеоматериалов. Информационно – коммуникационная технология. Беседы с обсуждением вопросов. Консультирование и проверка домашних заданий
6	**Модуль 6. Электромагнитные волны в среде.**	Лекции 11-13. Семинар 11-13. Самостоятельная работа	Лекции с использованием видеоматериалов. Информационно – коммуникационная технология. Беседы с обсуждением вопросов. Консультирование и проверка домашних заданий.

7. Методические рекомендации по дисциплине (модулю)

Методические рекомендации преподавателю

Особенности курса и методики преподавания.

Физическая теория выражает связи между физическими явлениями и величинами в математической форме. Главная задача курса- создание фундаментальной базы знаний для дальнейшего профессионального развития студента, он представляет собой физическую теорию в адекватной математической форме и должен научить студента использовать теоретические знания.

В курсе теоретической физики, частью которого является раздел «Электродинамика», необходимо сосредоточить внимание студентов на наиболее общих понятиях, принципах и законах физики, научить студентов применять эти принципы и законы для анализа конкретных физических процессов и явлений. Курс теоретической физики призван играть решающую роль в завершении формирования в процессе обучения целостных представлений о современной физической картине мира.

Изучение курса «Электродинамика» опирается на учебный материал дисциплин:

1. Математический анализ (дифференциальное и интегральное исчисление функции одной переменной; дифференциальное и интегральное исчисление функции нескольких переменных (частные производные, интегралы линейные, поверхностные,

объемные); ряды);

2. Аналитическая геометрия (векторы и координаты на плоскости и в пространстве, прямые на плоскости и в пространстве, кривые и поверхности второго порядка);
3. Линейная алгебра (матрицы и определители, линейные операторы);
4. Теория вероятностей и математическая статистика: (основные понятия);
5. Векторный и тензорный анализ (скалярное и векторное поле, основные операции векторного анализа, теоремы Гаусса-Остроградского, Стокса, тензоры тензорная алгебра);
6. Теория функций комплексного переменного (комплексные числа);
7. Дифференциальные уравнения (уравнения первого и высших порядков, системы обыкновенных дифференциальных уравнений, краевые задачи для линейных уравнений второго порядка, численные методы решения дифференциальных уравнений, уравнения в частных производных первого порядка);
8. Интегральные уравнения и вариационное исчисление (необходимое и достаточные условия экстремума функционала, задачи на условный экстремум , задачи с закрепленными границами).
9. Общая физика.
10. Общий физический практикум.

И. Теоретическая физика (раздел «Теоретическая механика. Механика сплошных сред»).

На материал дисциплины «Электродинамика» опираются следующие дисциплины: «Физика конденсированного состояния», «Астрофизика», «Термодинамика и статистическая физика», «Физическая кинетика».

Специфика дисциплин, входящих в пакет «Теоретическая физика», состоит в том, что рассмотрение теоретических вопросов здесь тесно связано с решением практических задач. Все указанные дисциплины глубоко математизированы, а рассматриваемые явления, как правило, не могут быть наглядно смоделированы с помощью более доступных для восприятия объектов, что существенно затрудняет усвоение изучаемого материала. Поэтому на лекциях особенно большое значение имеет реализация следующих образовательных и воспитательных задач:

1) не облегчать формальное заучивание правил и приемов, а показывать их в действии;
2) способствовать глубокому осмысливанию основных понятий и положений, введенных в теоретическом курсе;
3) раскрывать фундаментального и прикладного значения теоретических сведений;
4) закреплять полученные знания путем многократного практического использования;
5) способствовать приобретению прочных навыков типовых расчетов;
6) воспитывать настойчивость в достижении конечной цели;
7) воспитывать дисциплину ума, аккуратность, добросовестное отношение к работе;
8) воспитывать критическое отношение к своей деятельности, умение анализировать свою работу, искать оптимальный путь решения, находить свои ошибки и устранять их.

В теоретической физике знания не существуют без умения: только тот понимает предмет, кто в полной мере владеет его методами. Пассивное усвоение здесь невозможно, простое запоминание бесполезно. Именно поэтому роль практических занятий огромна. Эффективность практических занятий в значительной степени определяется правильным подбором задач и упражнений. Могут использоваться задачи следующих видов:

а) задачи алгоритмического характера; приобретение твердых навыков расчетов, а также умения учитывать отдельные специфические особенности конкретных задач возможно лишь за счет решения значительного числа разнообразных примеров, реализующих предлагаемые алгоритмы; следует требовать от студентов доведения решения каждой задачи до правильного результата;
б) задачи на качественный анализ процессов, протекающих в различных физических объектах; эти задачи имеют своей целью развитие сознательного подхода к анализу изучаемых явлений;

в) задачи на сообразительность, для решения которых необходимо выявить специфику задачи и, исходя из нее, найти оригинальный, наиболее простой и короткий путь решения; решение таких задач, как правило, не должно быть сопряжено с большим объемом вычислений и чаще всего связано с симметрией рассматриваемых процессов и объектов, с возможностями использования общих законов и методов (законов сохранения, метода размерности и др.);

г) комбинированные задачи, представляющие собой разновидности типовых задач с усложненными условиями, требующие оригинальных приемов решения.

Соотношение перечисленных выше типов задач в значительной степени определяется спецификой аудитории, хотя при любой аудитории должны использоваться все виды задач, что разнообразит занятие, повышает интерес студентов к изучаемому предмету. При подборе задач для решения на практических занятиях следует исходить из известных дидактических принципов, в частности, из принципов посильности и логической последовательности. Ориентировка на задачи повышенной сложности, самостоятельное решение которых недоступно для основной части аудитории, приводит к необходимости разбора решения на доске преподавателем или наиболее сильными студентами, при этом основная масса студентов воспринимает решение пассивно и, в лучшем случае, лишь формально фиксирует в памяти ход решения. Чтобы обеспечить максимальную активность каждого студента, необходимо подбирать задачи, соответствующие уровню» подготовленности аудитории и логически связанные друг с другом, причем решение задач должно осуществляться в порядке возрастающей их сложности с тем, чтобы решение каждой предыдущей задачи обеспечивало уровень подготовленности, необходимый для решения последующей задачи. Переход от общего случая к частным целесообразен в том случае, когда решение задачи в обобщенном варианте доступно основной части аудитории.

При проведении практических занятий можно использовать различные подходы.

1. Решение задачи на доске преподавателем. Преимущество данного метода - возможность наиболее быстрого и точного разбора решения с четким анализом всех особенностей задачи, возможных вариантов решения, оптимального варианта решения. Основной недостаток - минимальная активность студентов, отсутствие необходимости самостоятельного поиска и, как результат, формальный характер приобретенных знаний, базирующийся на запоминании изложенного преподавателем. Данный метод целесообразен, если алгоритмы решения типовых задач не рассматривались на лекции.
2. Решение задачи на доске одним студентом при активном участии аудитории и преподавателя. Эффективность этого метода в значительной степени зависит от умения преподавателя организовать активность аудитории, а также от студента, решающего задачу на доске. В большинстве случаев организовать интенсивную работу <u>всех</u> студентов не удается, участие части группы оказывается пассивным, а времени на решение затрачивается значительно больше, чем при решении задачи самим преподавателем.
3. Решение задач студентами на местах под общим руководством преподавателя. Метод оказывается весьма эффективным при условии максимальной активности преподавателя в управлении познавательной деятельностью студентов. Преподаватель должен непрерывно держать в поле зрения всех студентов, находящихся в аудитории. В начале решения каждой задачи преподаватель предлагает студентам сформулировать основной ход решения, затем, внимательно следя за работой каждого, с помощью наводящих вопросов помогает в преодолении встретившихся трудностей, отвечает на возникающие в ходе решения вопросы, замечает сделанные ошибки и предлагает их устранить самостоятельно и т. п. При таком методе ведения занятия повышается интенсивность нагрузки преподавателя и требуется весьма тщательная подготовка к проведению занятия: преподаватель, должен прорешать каждую задачу, проанализировать все возможные варианты решения, знать все промежуточные

результаты, получающиеся в ходе решения, быть готовым к ответу на любые возникающие вопросы. Желательно также хорошее знание индивидуальных особенностей каждого студента и специфики коллектива данной группы в целом. Однако затраты труда на организацию занятия в этом случае не пропадают даром, так как каждый студент вынужден сознательно подходить к решению задачи, искать тот или иной путь решения и практически доводить его до конца в полном объеме. При использовании данного метода возможна индивидуализация обучения путем введения дополнительных заданий для более сильных студентов или введения «послаблений» для отстающих.

4. Еще более высокий уровень самостоятельности студентов на практических занятиях достигается при работе по индивидуальным заданиям под руководством преподавателя. В этом случае методика проведения занятия аналогична п. 3, но исключается возможность частичного заимствования решений у товарищей, так как каждый работает по индивидуальному заданию. Преподаватель в этом случае должен быть подготовлен к ответу на любые вопросы, возникающие при решении, вплоть до выявления арифметических ошибок. В этом случае также возможна индивидуализация заданий.

В конце каждого занятия преподаватель сообщает студентам тему следующего занятия и поясняет, какой материал необходимо проработать для подготовки к занятию, дает перечень вопросов по теме. В начале каждого практического занятия преподаватель организует проверку усвоения теоретического материала. По уровню сложности предусматриваются самые различные вопросы, предполагающие воспроизведение и закрепление теоретического материала, проверку его осмысления, вопросы на обобщение, анализ и синтез и др. Обязательно предусматриваются контрольные вопросы на проверку усвоения определений ключевых понятий, на знание фактов, теорий, концепций, то есть всего того, что определяет основное содержание темы.

Контроль подготовленности можно осуществлять как в виде программированного опроса с применением технических средств, так и путем кратковременного устного или письменного опроса. После этого преподаватель дает краткие и четкие методические указания по выполнению задания.

На каждом занятии студентам выдается определенный объем заданий, рассчитанный так, чтобы средний студент в течение урока при интенсивной работе мог выполнить это задание на 75-80%. Оставшаяся часть является текущим домашним заданием. Выполнение аудиторных работ и текущих домашних заданий является обязательным и систематически контролируется преподавателем. Студенты, пропустившие занятия, обязаны выполнить соответствующее задание и устно отчитаться об его выполнении.

Целесообразно первое практическое занятие по дисциплине проводить в виде самостоятельной (или контрольной) работы — это стартовый модуль. Результаты стартового модуля тщательно анализируются; со студентами, допустившими грубые ошибки; проводится индивидуальное собеседование, слабо подготовленным выдается дополнительное индивидуальное задание. Аналогично подводятся итоги всех самостоятельных и контрольных работ.

Все контрольные материалы (фонд оценочных средств) преподаватель выдает из банка индивидуальных заданий и раздаточных материалов.

Цель оценочных средств- определить уровень усвоения теоретического материала:

1 уровень -репродуктивный, предполагающий лишь воспроизведение материала и выполнение заданий по образцу;

2 уровень - репродуктивно-практический, предполагающий осмысление знаний и их использования на практике;

3 уровень - творческий, дающий возможность использовать знания не только в стандартных ситуациях и известных видах деятельности, но и в новых, ранее незнакомых.

Самостоятельная работа студентов является важнейшей формой организации учебного процесса. Она обладает огромными возможностями по формированию интереса к учебной, научно-исследовательской и профессиональной деятельности, закладывает основы развития способностей, помогает углублять теоретические знания, формировать необходимые компетенции. К самостоятельной работе студентов относится конспектирование учебной литературы, проработка учебного материала по конспектам, учебной и научной литературе, изучение учебного материала, перенесенного с аудиторных занятий на самостоятельную проработку, написание рефератов, решение задач и упражнений, подготовка к коллоквиумам, зачетам и экзаменам, выполнение курсовых работ (согласно учебного плана) и другие виды самостоятельной работы.

Для проведения индивидуальной работы по контролю самостоятельной работы студентов (КСР) преподавателю следует выделить время и согласовать его с расписанием студентов. Выделенное время утверждается на кафедре и ею контролируется.

На всех занятиях преподаватель обязан вести учет успеваемости студентов, их подготовленности к занятиям, активности работы и выполнения заданий. На итоговом занятии каждого модуля является контрольное работа (или письменный опрос), содержание которой таково, что ее выполнение достаточно полно характеризует уровень подготовки студента. Работа проводится по индивидуальным заданиям. Критерии оценок объявляются заранее. Студентам предоставляется право переписать контрольную работу на повышенную оценку.

В семестре по графику студенты сдают коллоквиум, на котором выявляются знания по соответствующему разделу программы.

Студенты, выполнившие все текущие задания и самостоятельные работы, успешно защитившие домашние задания и получившие положительные оценки по контрольным работам и коллоквиуму, допускаются к экзамену.

Методические указания обучающимся по дисциплине

Профессиональная подготовка в современных вузах строится по принципу «от теории к практике», что создает базу для формирования умений и навыков на основе усвоения теоретического материала. Именно поэтому следует особое внимание уделять качеству усвоения теоретического материала.

Материал каждой лекции должен быть проработан: должны быть выделены определения, понятия, законы, теоремы и их доказательства. Должна быть усвоена логическая связь элементов изученного материала. Полезно делать опорный конспект каждой лекции.

При параллельной работе с учебной литературой необходимо конспектировать прорабатываемый материал с обязательным указанием источника информации (Автор, название учебника, номер страницы). Все непонятные моменты следует обязательно разобрать с преподавателем на занятии или в рамках КСР.

При подготовке к практическому занятию следует ответить на контрольные вопросы и решить домашние задачи. Затруднение с подготовкой к занятию говорит о недостаточно глубоком понимании теоретического материала.

Приступая к решению задач, следует прочитать соответствующий раздел лекции или учебного пособия, осмыслить основные понятия, выписать основные формулы (формулы- определения и формулы- законы) и постараться осмыслить и запомнить эти понятия и формулы.

Целесообразно решение задачи начинать с анализа условия. Вникнув в смысл задачи, следует установить, все ли данные, необходимые для решения задачи приведены в условии. Недостающие данные можно найти в таблицах.

Следует сформулировать все упрощающие предположения, которые нужно сделать, чтобы решить данную задачу. Часть из этих упрощающих предположений

указана в тексте задачи, часть должна быть непременно сформулирована при ответе.

Решать задачу следует в общем виде, т.е. выразить искомую величину через величины, заданные в условии задачи, а также через фундаментальные константы и величины, взятые из таблиц физических величин. После получения рабочей формулы полезно проверить ее на достоверность следующими способами:

1. с помощью размерностей физических величин (неравенство размерностей левой и правой частей рабочей формулы служит явным признаком неверности решения);
2. проверкой применимости рабочей формулы в частных случаях.

Для получения числового значения искомой величины следует все единицы заданных величины выразить в системе СИ. При записи числового ответа следует руководствоваться правилами приближенных вычислений.

Полезно оценить, где это целесообразно, разумность полученного результата. В ряде случаев такая оценка поможет обнаружить ошибку в рабочей формуле или даже в выбранной физической модели.

8. Обеспечение образовательного процесса для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

- для слепых и слабовидящих:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением, или могут быть заменены устным ответом;
- обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;
- для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
- письменные задания оформляются увеличенным шрифтом;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

- для глухих и слабослышащих:

- лекции оформляются в виде электронного документа, либо предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;
- письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
- экзамен и зачёт проводятся в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.

- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения предусматривается использование технических средств, необходимых в связи с индивидуальными особенностями обучающихся. Эти средства могут быть предоставлены университетом, или могут использоваться собственные технические средства.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

- для слепых и слабовидящих:
  - в печатной форме увеличенным шрифтом;
  - в форме электронного документа;
  - в форме аудиофайла.
- для глухих и слабослышащих:
  - в печатной форме;
  - в форме электронного документа.
- для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
  - в печатной форме;
  - в форме электронного документа;
  - в форме аудиофайла.

Учебные аудитории для всех видов контактной и самостоятельной работы, научная библиотека и иные помещения для обучения оснащены специальным оборудованием и учебными местами с техническими средствами обучения.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Лекционные занятия проводятся в аудиториях, предоставляемых деканатом факультета в соответствии с расписанием. Лекции сопровождаются презентациями, представляемыми через медиапроектор и интерактивную доску или телевизор с выходом в сеть Интернет.

Отдельные занятия проводятся в специализированных лабораториях - лабораториях кафедры теоретической физики:

- ✓ лаборатория механики и молекулярной физики;
- ✓ лаборатория компьютерного моделирования;

Программное обеспечение ПК ауд. 323б, 329 и ноутбука для презентаций:

Лицензионное программное обеспечение

– операционная система Microsoft Windows Professional 7 Russian Upgrade Academic OPEN. Microsoft Open License No 48824880;

– офисный пакет программ Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN. Microsoft Open License No 45084044.

Свободно-распространяемое программное обеспечение:

– TeXworks - рабочая среда системы компьютерной верстки физико-математических текстов;

– Free Pascal - универсальный компилятор Pascal с открытым исходным кодом;

– Python (x, y) - бесплатное программное обеспечение для научных и инженерных разработок, численных расчетов;

– OpenOffice Impress пакет офисных приложений.

Для аналитического и численного решения задач могут быть использованы компьютерные программы Maple, Scilab, Matlab.

10. Лист регистрации изменений

Номер изменения	Номера листов			Основание для внесения изменения	Подпись	Расшифровка подписи	Дата	Дата введения изменения
	замененных	новых	аннулированных					