

Российская академия наук
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт электрофизики
Уральского отделения Российской академии наук
(ИЭФ УрО РАН)

«Утверждаю»
Врио директора ИЭФ УрО РАН



В.Л. Шпак
2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
03.06.01 – «Физика и астрономия»
Направленность 01.04.13 – «Электрофизика,
электрофизические установки»

Б1.В.ОД.1

Екатеринбург
2015

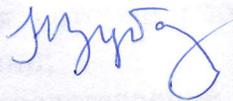
Программу составил:

зав. лаб. НД ИЭФ УрО РАН
д.ф.-м.н., с.н.с.



Волков Н.Б.

в.н.с. ЛНД ИЭФ УрО РАН
д.ф.-м.н.



Зубарев Н.М.

СОГЛАСОВАНО:

Зам. директора по НР ИЭФ УрО РАН
к.т.н.

«6» февраля 2015 г.



Иванов М.Г.

Учёный секретарь ИЭФ УрО РАН
к.ф.-м.н.

«6» февраля 2015 г.



Кокорина Е.Е.

Рабочая программа утверждена на заседании Учёного совета ИЭФ УрО РАН.
Протокол № 1 от 06.02.2015 г.

1. Цели и задачи дисциплины.

- расширить кругозор и дать более глубокие знания основных явлений и законов электрофизики, необходимые для проведения научных исследований;
- сформировать у аспирантов представление об электрофизике как современной науке, приложения которой способствуют техническому прогрессу и улучшению качества жизни;
- сформировать у аспирантов представление об основных тенденциях развития электрофизики и её приложений;
- подготовить аспирантов к применению полученных знаний при проведении конкретной научно-исследовательской работы.

2. Требования к уровню освоения содержания дисциплины.

В результате изучения дисциплины аспирант должен:

Знать:

- основные явления и законы электрофизики, включая теорию электромагнитного поля в вакууме и веществе, динамику заряженных частиц и их взаимодействие с веществом, взаимодействие сильных электромагнитных волн с веществом.

Уметь:

- использовать полученные знания для проведения научно-исследовательской работы по конкретной тематике и обосновывать полученные результаты;
- анализировать научные публикации по конкретной проблеме исследований;
- выявлять тенденции развития своего научного направления.

Владеть:

- навыками использования полученных знаний для проведения научно-исследовательской работы по конкретной тематике.

3. Компетенции.

<i>№ п/п</i>	<i>Индекс</i>	<i>Содержание</i>
1.	ОПК-1	Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий.
2.	УК-1	Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.
3.	УК-3	Готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач.
4.	УК-4	Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития.
5.	ПК-1	Способность ставить, формализовать и решать задачи, умением системно анализировать научные проблемы, генерировать новые идеи и создавать новое знание.
6.	ПК-2	Способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы и информационных технологий с учётом отечественного и зарубежного опыта.
7.	ПК-3	Способность пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза информации в избранной области физических исследований.
8.	ПК-4	Способность применять на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, способность самостоятельно организовывать и проводить научные исследования и внедрять их результаты в качестве члена или руководителя коллектива.

4. Объём дисциплины и виды учебной работы.

<i>Вид учебной работы</i>	<i>Всего</i>		<i>Период обучения</i>
	<i>часов</i>	<i>ЗЕТ</i>	
Общая трудоёмкость дисциплины	144	4	четвёртый курс
Аудиторные занятия, в т.ч.:			
Лекции	36	1	
Практические занятия (ПЗ)			
Самостоятельная работа	72	2	
Контроль самостоятельной работы	18	0,5	
Контроль	18	0,5	

5. Содержание дисциплины.

5.1. Разделы дисциплин и виды занятий

<i>№ п/п</i>	<i>Раздел дисциплины</i>	<i>Лекции</i>	<i>ПЗ</i>	<i>Сам. раб.</i>	<i>Контр. сам. раб.</i>	<i>Контр- роль</i>
1	Основы электродинамики.	9		18	4,5	4,5
2	Основы теории электрических цепей.	9		18	4,5	4,5
3	Строение вещества.	9		18	4,5	4,5
4	Вещество в сильных электро-магнитных полях.	9		18	4,5	4,5
Всего час.		36		72	18	18

5.2. Содержание разделов дисциплины.

5.2.1. Основы электродинамики.

5.2.1.1. Математический аппарат электродинамики.

1. Основные понятия. Четырёхмерное пространство – время (ВИП), векторы и их компоненты. Координаты вектора в основном и взаимном базисах. Линейные преобразования систем отсчёта. Преобразования Лоренца.

2. Тензоры. Алгебра тензоров. Сложение и умножение. Подстановка индексов. Симметрирование и альтернирование. Свёртывание тензоров. Псевдотензоры. Алгебраические инварианты тензоров второго ранга.

3. Плоскости m-го порядка. Представление её в виде m-вектора. Скалярное произведение двух m-векторов. Мера m-вектора. Объём

и ориентация пространственного элемента. Единичный вектор m -плоскости. Дуальные тензоры. Проекции на плоскости m -го порядка.

4. Дифференцирование тензоров. Дифференцирование по параметру, локальные характеристики кривой. Производные тензорного поля по координатам и направлению. Типы дифференциальных операций. Ковариантное дифференцирование в криволинейных координатных системах.

5. Интегрирование тензорных функций и полей. Интегрирование тензорной функции по скалярному параметру. Интегрирование тензорных полей. Интегральные теоремы и их разновидности. Обобщение формул Грина.

6. Интегральные преобразования и представления тензорных полей. Представление скалярного поля в виде интеграла Фурье. Интегральные преобразования тензорных полей.

5.2.1.2. Уравнения релятивистской физики.

1. Электромагнитное поле в вакууме. Уравнения Максвелла в тензорной форме. Интегральная форма уравнений электродинамики. Законы преобразования. Инварианты. Электромагнитные волны. Уравнение фронта электромагнитной волны.

2. Электромагнитные поля в материальной среде. Поведение заряженных частиц среды при воздействии внешнего поля. Поляризация среды во внешнем поле. Материальные уравнения движущейся среды. Свойства тензора электромагнитной восприимчивости. Граничные условия.

3. Релятивистская механика частиц. Кинематика точечных частиц. Сферические координаты в 4-мерном пространстве. Измерение характеристик движущихся объектов. Релятивистские эффекты. Динамика материальной точки. Электромагнитное поле движущегося заряда. Энергия-импульс частицы. Упругие соударения. Неупругие соударения.

4. Релятивистская кинетическая теория. Статистическая ковариантная функция распределения. Равновесная функция распределения. Релятивистское кинетическое уравнение. Свойства интеграла столкновений. Уравнения релятивистской гидродинамики. Гидродинамические характеристики среды при равновесном распределении частиц по скоростям. Уравнение диффузионных процессов в слабо неравновесной среде. Электромагнитное поле потока заряженных частиц.

5.2.1.3. Экстремальные принципы электродинамики.

1. Методы математического анализа экстремальных свойств физических процессов. Основная задача вариационного исчисления. Вариационная формулировка краевых задач. Вариационные задачи с дополнительными условиями. Метод динамического программирования. Канонические уравнения динамики. Характеристики состояния и динамические потенциалы. Модификация вариационных задач и краевых условий.

2. Вариационные принципы электродинамики и механики. Экстремальные принципы электродинамики. Вариационные принципы механики точечных частиц. Вариационное представление законов гидродинамики. О методах теоретического изучения процессов в физических средах. Экстремальные принципы теории волновых полей. Самосогласованные задачи и их вариационные формулировки.

3. Характеристики и свойства реальных движений. Функции Лагранжа и функционалы действия реальных движений. Уравнение Гамильтона-Якоби в релятивистской механике точечных частиц. Инвариантность физических величин. Инвариантность действия частицы и закон сохранения энергии. Законы сохранения для полей в ВИПе. Калибровочная инвариантность и закон сохранения заряда.

5.2.2.4. Электромагнитные волны в плазме и плазмоподобных средах.

1. Диэлектрическая проницаемость плазмы и плазмоподобных сред при конечных частотах. Вычисление диэлектрической проницаемости электронного газа при конечных значениях частоты и волнового вектора. Продольные и поперечные колебания бесстолкновительного невырожденного электронного газа. Ионно-звуковые колебания. Гидродинамическое описание волн в однородной изотропной плазме.

2. Магнитогидродинамическое описание электромагнитных волн в плазме в магнитном поле. Система уравнений магнитной гидродинамики. Магнитогидродинамические волны.

3. Нелинейные явления в плазме в сильном электромагнитном поле. О нелинейных эффектах в плазме со столкновениями и без столкновений. Условие слабости поля в плазме. Постановка задачи в случае сильного поля. Элементарная теория. Применимость результатов элементарной теории. Кинетическая теория. Сильно ионизованная плазма. Слабо ионизованная плазма. Изменение концентрации электронов в результате нагрева плазмы в неоднородном поле.

5.2.2.5. Основы электродинамики.

1. Электростатика. Закон Кулона. Теорема Гаусса. Проводники в электрическом поле. Работа электрических сил, потенциал электрического поля. Уравнение Пуассона и Лапласа. Потенциал объёмных и поверхностных зарядов. Двойной электрический слой. Энергия взаимодействия электрических зарядов. Энергия электрического поля. Пондеромоторные силы.

2. Диэлектрики. Поляризация диэлектриков. Свободные и связанные заряды. Уравнение электрического поля в произвольной среде. Пондеромоторные силы в диэлектриках. Энергия электрического поля в диэлектриках. Тензор напряжений электрического поля. Пьезоэлектрики. Сегнетоэлектрики.

3. Магнитостатика. Магнитное поле постоянных токов. Сила Лоренца. Векторный потенциал магнитного поля. Уравнения магнитного поля.

Потенциальные и соленоидальные магнитные поля. Граничные условия в магнитном поле токов. Пондеромоторные силы в магнитном поле. Взаимная индукция и самоиндукция линейных проводников.

4. Магнитное поле в веществе. Намагниченность магнитов. Уравнения макроскопического магнитного поля в магнетиках. Механизмы намагничивания магнетиков. Теорема Лармора. Диамагнетизм. Парамагнетизм. Ферромагнетизм.

5. Электромагнитное поле в неподвижной среде. Электромагнитные волны. Уравнения Максвелла. Теорема Пойнтинга. Уравнение для потенциалов электромагнитного поля. Решение волнового уравнения. Запаздывающие и опережающие потенциалы. Скорость распространения электромагнитных возмущений.

6. Квазистационарное электромагнитное поле. Глубина проникновения магнитного поля в проводник. Скин-эффект.

7. Распространение электромагнитного поля в волноводах. Критическая длина волны. Фазовая и групповая скорости. Дисперсия. Электромагнитные колебания в полых резонаторах.

8. Численные и аналитические методы решения краевых задач электродинамики. Метод Фурье. Метод интегральных преобразований. Метод конечных разностей. Быстрое преобразование Фурье, методы прогонки и циклической редукции. Метод конечных элементов. Вариационные разностные методы. Функция Грина. Метод конечных элементов.

5.2.2. Основы теории электрических цепей.

1. Линейные цепи. Методы расчёта линейных электрических цепей в стационарном режиме. Уравнения Кирхгофа. Метод комплексных амплитуд. Метод контурных токов. Метод узловых напряжений. Метод эквивалентного генератора. Цепи с зависимыми источниками. Цепи с взаимными индуктивностями.

2. Методы расчёта линейных цепей в нестационарных режимах. Классический метод. Операторный метод (преобразование Лапласа). Метод переменных состояний. Спектральный метод (преобразование Фурье). Интеграл Дюамеля. Цепные схемы, передаточные функции. Обратная связь, электрические фильтры.

3. Цепи с распределёнными параметрами. Длинные линии. Телеграфные уравнения. Решение телеграфных уравнений в стационарном режиме. Падающие и отраженные волны. Распределение токов и напряжений в линии. Входное сопротивление линии. Согласование длинных линий. Решение телеграфных уравнений в нестационарном режиме. Переходные процессы при коммутации предварительно заряженных линий.

4. Синтез линейных электрических цепей. Синтез пассивных двухполюсников. Свойства входных функций пассивных двухполюсников. Положительные вещественные функции. Критерии физической

реализуемости. Алгоритм Кауэра. Алгоритм Фостера. Элементы синтеза четырёхполюсника. Синтез четырёхполюсников по трём заданным Z - или Y -параметрам, по передаточной функции в виде Γ -образного звена из rC - или rL -элементов. Синтез неуравновешенных четырёхполюсников в виде каскадного соединения.

5. Нелинейные цепи. Методы расчёта нелинейных цепей постоянного тока. Метод условной линеаризации. Графические методы – лестничная структура, схемы с двумя узлами. Метод кусочно-линейной аппроксимации. Трансформатор с ферромагнитным сердечником. Цепи с ферромагнетиками. Феррорезонанс. Методы расчёта нелинейных цепей в нестационарном режиме. Метод интегрируемой аппроксимации. Метод кусочно-линейной аппроксимации. Метод медленно меняющихся амплитуд. Метод малого параметра. Метод интегральных уравнений. Вариационные методы. Цепи с инерционными элементами, параметрические цепи.

5.2.3. Строение вещества.

1. Газы. Основы кинетической теории газов. Давление газа, уравнение состояния идеального газа. Распространение звуковых волн в идеальном газе. Ударные волны в идеальном газе. Эффективное сечение и средняя длина свободного пробега. Процессы переноса.

2. Плазма. Основные понятия. Кинетическая теория плазмы, распределение частиц по скоростям, эффективные сечения и частоты столкновений. Механизмы ионизации и рекомбинации в плазме. Термическая ионизация, уравнение Саха. Дебаевский радиус. Плазменная частота. Испускание и поглощение фотонов. Диффузия и дрейф частиц. Амбиполярная диффузия. Соотношение между подвижностью и коэффициентами диффузии. Проводимость низкотемпературной плазмы. Проводимость полностью ионизированного газа (формула Спитцера). Образование непрерывного спектра в плазме. Свободно-связанные и свободно-связанные переходы в нагретом ионизированном газе.

3. Жидкости. Макроскопические свойства жидкостей. Силы взаимодействия молекул. Явление переноса в жидкостях.

4. Твёрдые тела. Кристаллическая решётка. Силы связи в решётке. Электронный газ, модель потенциальной ямы Шоттки. Зонная модель. Проводники, полупроводники, диэлектрики. Работа выхода. Явление сверхпроводимости.

5.2.4. Вещество в сильных электромагнитных полях.

1. Эмиссия заряженных частиц с поверхности вещества. Эмиссия электронов из твёрдого тела. Термоэлектронная эмиссия, автоэлектронная эмиссия, фотоэмиссия, вторичная электронная эмиссия, взрывная эмиссия, ионная эмиссия.

2. Газовый разряд. Формы разряда в газах. Самостоятельный и несамостоятельный разряды. Лавинный разряд. Закон Пашена. Стримерная форма разряда, переход от стримера к канальной форме разряда. Коронный и тлеющий разряды. Дуговой разряд. Пробой газов в переменных электромагнитных полях. Оптический пробой. Изоляционные свойства газовых диэлектриков. Сильноточный газовый разряд в плотных средах.

3. Прохождение тока через жидкость. Проводимость электролитов. Топливные элементы. Технический электролиз. Проводимость жидких изоляторов. Диэлектрические потери. Электрическая прочность и пробой жидких диэлектриков. Ударные волны, генерируемые в конденсированной среде. Разряд в жидкостях.

4. Проводники, твёрдые диэлектрики, полупроводники в сильных полях. Проводимость. Криопроводимость. Сверхпроводимость. Эффект Холла. Термоэлектричество. Сильные электромагнитные волны в плазме полупроводников. Электрический взрыв проводников. Диэлектрические потери, электрическая прочность, пробой в твёрдом диэлектрике. Поверхностный разряд. Механическая прочность диэлектриков в сверхсильных магнитных полях. Магнитные материалы. Сверхпроводимость в постоянных и высокочастотных полях. Эффект Мейснера. Остаточное сопротивление.

5.3. Самостоятельная работа аспирантов.

5.3.1. Проработка лекционного материала по конспектам и учебной литературе (48 ч.).

5.3.2. Подготовка к контролю по дисциплине (6 ч.).

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

6.1. Рекомендуемая литература.

а) основная литература:

1. Ландау, Л.Д., Лифшиц, Е.М. Теоретическая физика. Т.1. Механика / [Под ред. Л.П. Питаевского]. – М.: Физматгиз, 1988.
2. Ландау, Л.Д., Лифшиц, Е.М. Теоретическая физика. Т.2. Теория поля / [Под ред. Л.П. Питаевского]. – М.: Физматгиз, 1988.
3. Ландау, Л.Д., Лифшиц, Е.М. Теоретическая физика. Т.5. Статистическая физика. Ч. 1 / [Под ред. Л.П. Питаевского]. – М.: Физматгиз, 1995.
4. Ландау, Л.Д., Лифшиц, Е.М. Теоретическая физика. Т.8. Электродинамика сплошных сред / [Под ред. Л.П. Питаевского]. – М.: Физматгиз, 2005.
5. Лифшиц, Е.М., Питаевский, Л.П. Теоретическая физика. Т.10. Физическая кинетика / [Под ред. Л.П. Питаевского]. – М.: Физматгиз, 2001.
6. Хрюнов, А.В. Основы релятивистской физики. – М.: Физматкнига, 2003.

7. Батыгин, В.В., Топтыгин, И.Н. Современная электродинамика. Ч. 1. Микроскопическая теория. – Москва, Ижевск: ИКИ, 2003.
8. Топтыгин, И.Н. Современная электродинамика. Ч. 2. Теория электромагнитных явлений в веществе. – Москва, Ижевск, 2005.
9. Окунь, Л.Б. Понятие массы (масса, энергия, относительность) // УФН, 1989. Т. 158. № 3. С. 511–530.
10. Формула Эйнштейна: $E_0=mc^2$. «Не смеётся ли Господь Бог?» // УФН, 2008. Т. 178. № 5. С. 541–555.
11. Теория относительности и теорема Пифагора // УФН, 2008. Т. 178. № 6. С. 653–663.
12. Алешкевич, В.А. О преподавании специальной теории относительности на основе современных экспериментальных данных // УФН, 2012. Т. 182. № 12. С. 1301–1318.
13. Энциклопедия низкотемпературной плазмы. Т. 1–4 / [Под ред. В.Е. Фортова]. – М.: Наука, 2000.
14. Энциклопедия низкотемпературной плазмы / [Под ред. В.Е. Фортова]. Серия Б. Справочные приложения, базы и банки данных. Т. IX-2. Высокоэнергетическая плазмодинамика / [Под ред. А.С. Кингсепя]. – М.: Янус-К, 2007.
15. Чукбар, К.В. Лекции по явлениям переноса в плазме. – Долгопрудный: Интеллект, 2008.
16. Фортов, В.Е., Храпак, А.Г., Якубов, И.Т. Физика неидеальной плазмы. – М.: Физматлит, 2004.
17. Биттенкорт, Ж.А. Основы физики плазмы. – М.: Физматлит, 2009.
18. Бойко, В.И., Скворцов, В.А., Фортов, В.Е., Шаманин, И.В. Взаимодействие импульсных пучков заряженных частиц с веществом. – М.: Физматлит, 2003.
19. Морозов, А.И. Введение в плазмодинамику. – М.: Физматлит, 2006.
20. Демирчян, К.С., Нейман, Л.Р., Коровкин, Н.В. Теоретические основы электротехники. В 3-х томах. – Санкт -Петербург: Питер, 2003.
21. Поршневу, С.В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB. – М.: Горячая линия – Телеком, 2003.
22. Мартынов, Г.А. Классическая статистическая механика. Теория жидкостей. – Долгопрудный: Интеллект, 2011.
23. Райзер, Ю.П. Физика газового разряда. – Долгопрудный: Интеллект, 2009.
24. Кузелев, М.В., Рухадзе, А.А. Методы теории волн в средах с дисперсией. – М.: Физматлит, 2007.
25. Райзер, Ю.П. Введение в гидрогазодинамику и теорию ударных волн для физиков. – Долгопрудный: Интеллект, 2011.
26. Зельдович, Я.Б., Райзер, Ю.П.. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. – М.: Физматлит, 1966.
27. Вершинин, Ю.Н. Электронно-тепловые и детонационные процессы при электрическом пробое твёрдых диэлектриков. – Екатеринбург: УрО РАН, 2000.

28. Фурсей, Г.Н. Автоэлектронная эмиссия. – Санкт-Петербург, Москва, Краснодар: Лань, 2012.
29. Месяц, Г.А. Взрывная электронная эмиссия. – М.: Физматлит, 2011.
30. Федоренко, Р.П. Введение в вычислительную физику. – Долгопрудный: Интеллект, 2008.
31. Булавин, Л.А., Выгорницкий, Н.В., Лебовка, Н.И. Компьютерное моделирование физических систем. – Долгопрудный: Интеллект, 2011.
32. Соковнин, С.Ю. Наносекундные ускорители электронов и радиационные технологии на их основе. – Екатеринбург: УрО РАН, 2007.

б) дополнительная литература:

1. Гринберг, Г.А. Избранные вопросы математической теории электрических и магнитных явлений. – Москва, Ленинград: Изд. АН СССР, 1948.
2. Капцов, Н.А. Электрические явления в газах и вакууме. – Москва, Ленинград: ГТТИ, 1947.
3. Лёб, Л. Основные процессы электрических разрядов в газах. – Москва, Ленинград: ГТТИ, 1950.
4. Грановский, В.Л. Электрический ток в газе. Т. 1. Общие вопросы электродинамики газов. – Москва, Ленинград: ГТТИ, 1952.
5. Лёб, Л. Статическая электризация. – Москва, Ленинград: ГЭИ, 1963.
6. Спитцер, Л. Физика полностью ионизованного газа. – М.: Мир, 1965.
7. Сливков, И.Н., Михайлов, В.И., Сидоров, Н.И., Настюха, А.И. Электрический пробой и разряд в вакууме / [Под ред. д.ф.-м.н. Б.М. Гохберга]. – М.: Атомиздат, 1966.
8. Гинзбург, В.Л. Распространение электромагнитных волн в плазме. – М.: Наука, 1967.
9. Шкаровский, И., Джонстон, Т., Бачинский, М. Кинетика частиц плазмы. – М.: Атомиздат, 1969.
10. Колесников, П.М. Введение в нелинейную электродинамику. – Минск: Наука и техника, 1971.
11. Силин, В.П. Введение в кинетическую теорию газов. – М.: Наука, 1971.
12. Мандельштам, Л.И. Лекции по физическим основам теории относительности // В «Лекции по оптике, теории относительности и квантовой механике». – М.: Наука, 1972. – 83–285 с.
13. Электродинамика плазмы / [Под ред. А.И. Ахиезера]. – М.: Наука, 1974.
14. Басс, Ф.Г., Гуревич, Ю.Г. Горячие электроны и сильные электромагнитные волны в плазме полупроводников и газового разряда. – М.: Наука, 1975.
15. Ушаков, В.Я. Импульсный электрический пробой жидкостей. – Томск: Изд. ТГУ, 1975.
16. Голант, В.Е., Жилинский, А.П., Сахаров, И.Е. Основы физики плазмы. – М.: Атомиздат, 1977.
17. Арцимович, Л.А., Сагдеев, Р.З. Физика плазмы для физиков. – М.: Атомиздат, 1961.
18. Матвеев, А.Н. Электродинамика. – М.: Высшая школа, 1980.

19. Климонтович, Ю.Л. Статистическая физика. – М.: Наука, 1982.
20. Де Гроот, С.З., Сатторп, Л.Г. Электродинамика. – М.: Наука, 1982.
21. Королёв, Ю.Д., Месяц, Г.А. Автоэмиссионные и взрывные процессы в газовом разряде. – Новосибирск: Наука, 1982.
22. Галицкий, В.М., Ермаченко, В.М. Макроскопическая электродинамика. – М.: Высшая школа, 1988.
23. Седов, Л.И., Цыпкин, А.Г. Основы макроскопических теорий гравитации и электромагнетизма. – М.: Наука, 1989.
24. Киттель, Ч. Введение в физику твёрдого тела. – М.: МедиаСтар, 2006.
25. Королёв, Ю.Д., Месяц, Г.А. Физика импульсного пробоя газов. – М.: Наука, 1991.

в) методическое обеспечение:

<http://iep7.iep.uran.ru/iep/aspir.htm>

6.2. Информационное обеспечение.

№ п/п	Ссылка на информационный ресурс	Наименование разработки в электронной форме	Доступность
	http://elibrary.ru/	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	доступ свободный
	http://www.phys.msu.ru/rus/research/vmuphys/archive/	Вестник Московского университета. Серия 3. Физика и астрономия представляет работы, написанные на материалах диссертаций, выполненных и защищаемых в МГУ, публикуется информация о научной жизни факультетов МГУ, о книгах, учебниках и учебных пособиях МГУ. Полнотекстовый архив научного журнала с 1997 по 2008 гг.	доступ свободный
	http://journals.ioffe.ru/	Полнотекстовые версии изданий: «Журнал технической физики», «Физика и техника полупроводников» и «Физика твёрдого тела». Учредитель проекта: Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН. Глубина архива публикаций с 1997 г. Журналы выходят ежемесячно.	доступ свободный
	http://ufn.ru/	Электронная версия ежемесячного научного журнала «Успехи физических наук». Глубина архива с 1918 г.	доступ свободный
	http://arxiv.org/	ArXiv.org – полнотекстовая база данных, предоставляющая доступ к 590000 статьям по физике, математике, компьютерным наукам, биологии.	доступ свободный

	http://www.scirus.com/	Поисковая система Scirus , нацеленная на поиск научной информации в Интернете. Это средство позволяет находить информацию в научных журналах, на персональных страницах учёных, университетов и исследовательских центров. Всего в базе около 450 млн. страниц.	
--	---	--	--

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

Для проведения занятий по дисциплине используются: компьютерный класс, аудитория для семинарских занятий, лаборатории Института, оргтехника, оборудование: прибор синхронного ТГ-ДТА/ДСК анализа, анализатор удельной поверхности.

Программа составлена с учётом рекомендаций по формированию основных профессиональных образовательных программ послевузовского профессионального образования для обучающихся в аспирантуре (№ 0160 от 17 июля 2012 г. Серия 90Л01 № 0000173) и на основе Федеральных государственных требований к структуре основной профессиональной образовательной программы послевузовского профессионального образования (аспирантура), утверждённых приказом Министерства образования и науки РФ от 16.03.2011 г. № 1365 (зарегистрирован Министерством юстиции РФ 10.05.2011 г., регистрационный № 20700).