**Министерство науки и образования Российской Федерации**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение**

**высшего профессионального образования**

**«Московский физико-технический институт (государственный университет)»**

**МФТИ (ГУ)**

**Кафедра «Физика высокотемпературных процессов»**

 **«УТВЕРЖДАЮ»**

 **Проректор по учебной работе**

 **О. А. Горшков**

 **2012 г**.

.

**Рабочая УЧЕБНАЯ Программа**

**по дисциплине:** **Физические свойства плазмы**

**по направлению:** 010900 «Прикладные математика и физика»

**профиль подготовки:** Физика и химия плазмы

**факультет:** **МБФ**

**кафедра: Физика высокотемпературных процессов**

**курс:** 4 (бакалавриат)

**семестры:** 7 **Экзамен: 7 семестр**

**Трудоёмкость в зач. ед.:** вариативная часть – 3 зач. ед.;

**в т.ч.:**

**лекции:** 34 час.;

**практические (семинарские) занятия:** нет;

**лабораторные занятия:** нет;

**мастер классы, индивид. и групповые консультации:** нет;

**самостоятельная работа:** 34 час.;

**курсовые работы:** нет;

**подготовка к экзамену:** 1 зач. ед.

**ВСЕГО часов 98**

**Программу составил:** д.ф-м.н., проф. Василяк Л.М.

**Программа обсуждена на заседании кафедры физики высокотемпературных процессов**

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2012 г.

 Заведующий кафедрой академик, д.ф.-м.н. В.Е. Фортов

**ОБЪЁМ УЧЕБНОЙ НАГРУЗКИ И ВИДЫ ОТЧЁТНОСТИ.**

|  |  |
| --- | --- |
| **Вариативная часть, в т.ч. :** |  \_\_3\_\_ зач. ед. |
| Лекции  |  \_34\_ часа |
| Практические занятия |  \_\_-\_\_ часов |
| Лабораторные работы |  \_\_-\_\_ часов |
| Индивидуальные занятия с преподавателем |  \_\_-\_\_ часов |
| Самостоятельные занятия, включая подготовку курсовой работы |  \_34\_ часа |
| Мастер- классы, индивидуальные и групповые Консультации  |  \_\_-\_\_ часов |
| Самостоятельные занятия (работа над коллективными и индивидуальными проектами, курсовые работы) |  \_\_-\_\_ часов |
| Подготовка к экзамену |  1 зач. ед. |
| **ВСЕГО** | 98 часов (3 зач. ед.) |
| **Итоговая аттестация** | Экзамен: 7 семестр |

1. **ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ**

Целью освоения дисциплины «Физические свойства плазмы» является изучение базовых свойств плазмы как одного из видов агрегатного состояния вещества с дальнодействующим кулоновским взаимодействием между заряженными компонентами плазмы.

**Задачами данного курса являются:**

* формирование представления о плазме в природе и лаборатории, как об отдельном агрегатном состоянии, изложение базовых понятий о плазме, таких как плазменная частота, экранировка зарядов, влияние слабых кулоновских воздействий на процессы переноса в плазме;
* изучение влияния на плазму постоянных и импульсных электрических и магнитных полей;
* рассмотрение возникновения волн и неустойчивостей в плазме;
* рассмотрение примеров низкотемпературной плазмы в газовых разрядах разных типов.
1. **Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата**

Дисциплина **«Физические свойства плазмы»** включает в себя разделы, которые могут быть отнесены к вариативной части профессионального цикла Б.3.

Дисциплина **«Физические свойства плазмы»**базируется на материалах курсов бакалавриата: базовая и вариативная часть кода УЦ ООП Б.2**(**математическийестественнонаучный блок) по дисциплинам«Высшая математика» (математический анализ, высшая алгебра, дифференциальные уравнения и методы математической физики), блока «Общая физика» и региональной составляющей этого блока и относится к профессиональному циклу.Освоение курса необходимо для разносторонней подготовки бакалавров к профессиональной деятельности, включающей как проведение фундаментальных исследований, так и постановку и решение инженерных задач с использованием современной компьютерной техники.

1. **Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины**

Освоение дисциплины «Физические свойства плазмы» направлено на формирование следующих общекультурных и общепрофессиональных интегральных компетенций бакалавра:

*а) общекультурные (ОК):*

* способность к обобщению, анализу, восприятию информации по явлениям в физике плазмы и ее приложениях, постановке целей и выбору путей её достижения при решении научно-исследовательских и прикладных задач, к анализу последствий научной, производственной и социальной деятельности при использовании плазменных технологий;
* cпособность к саморазвитию, повышению квалификации, устранению пробелов в знаниях и самостоятельному обучению в контексте непрерывного образования, способность осваивать новую проблематику, язык, методологию и научные знания в области физики плазмы и плазменных технологий;

*б) профессиональные (ПК):*

* способность применять основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в физике плазмы, химии, экологии;
* способность к выявлению сущности задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности в области физики плазмы и плазменных технологий, и привлечению соответствующего физико-математического аппарата для их решения.
1. **конкретные Знания, умения и навыки, формируемые в результате освоения дисциплины**
	1. **Знать:**
* базовые понятия и законы физики плазмы (плазменная частота, электронейтральность, плазменная экранировка, неизотермическая плазма, амбиполярная диффузия, кулоновское рассеяние, уравнение Саха, расходимость статистической суммы и методы ее ограничения, проводимость плазмы);
* порядки численных величин, характерные для различных плазменных объектов;
* направленное и хаотическое движение частиц в плазме, потери импульса при взаимодействии с нейтральными и заряженными частицами;
* основные каналы рождения и гибели заряженных частиц;
* основные виды волн и неустойчивостей в плазме;
* электрический пробой низкотемпературной плазмы в газовых разрядах разных типов.
	1. **Уметь:**
* производить численные оценки плазменной частоты, длины дебаевской экранировки, степени ионизации в равновесной изотермической плазме, частот рекомбинации и ионизации, длины пробега для потери начального импульса;
* абстрагироваться от несущественного при моделировании физических процессов в плазме, правильно учитывать вклад основных процессов ионизации и потерь заряженных частиц;
* пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных, прикладных и технологических задач.
	1. **Владеть:**
* Методами расчета степени ионизации в изотермической плазме на основе уравнения Саха;
* методами расчета длин свободного пробега и потери импульса;
* методами расчета электропроводности слабоионизованной и полностью ионизованной плазмы,;
* методами нахождения дисперсионных уравнений для волн и инкрементов неустойчивостей для колебаний;
* навыками постановки физических задач в области физики плазмы.
1. **Структура и содержание дисциплины**
	1. **Структура преподавания дисциплины**

**Перечень разделов дисциплины и распределение времени по темам**

|  |  |
| --- | --- |
| № темы и название | Количество часов |
| 1. Общие понятия о плазме. Элементарные процессы в плазме | 22 |
| 2. Кинетическое и гидродинамическое приближения в плазме. Пробой в газах.  | 34 |
| 3. Неустойчивости в плазме  | 12 |
| ВСЕГО (зач. ед. (часов)) | 68 часов (2 зач. ед.) |

**Лекции:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № п.п. | Темы  | Трудоёмкость (количество часов) |
| 1 | Введение. Понятие плазмы. Плазма в природе и лаборатории. Плазменная частота. Экранировка зарядов и дебаевская длина экранирования (Теория Дебая-Хюккеля). Идеальность плазмы, критерии неидеальности. Диаграмма состояний плазмы в различных условиях. Классификация плазмы: высоко- и низко-температурная, изотермическая, разрядная и т.д. Примеры плазмы. Генераторы плазмы. | 2 |
| 2 | Изотермическая (равновесная) плазма. Уравнение Саха. Расходимость статистических сумм атома, методы ограничения статистических сумм в плазме. Снижение потенциала ионизации.  | 2 |
| 3 | Элементарные процессы в плазме. Понятие сечения. Упругие столкновения частиц, частота упругих соударений и транспортная частота. Неупругие столкновения. Возбуждение, метастабильные частицы. Диссоциация. Резонансная перезарядка. Ионизация электронным ударом. Ионизационные процессы при столкновении атомов и молекул в основном и возбужденном состояниях, реакция Пенинга, ассоциативная ионизация. Ступенчатая ионизация атома электронным ударом. Фотоионизация.  | 2 |
| 4 | Парная рекомбинация положительного и отрицательного ионов. Прилипание электрона. Диссоциативная рекомбинация электрона и молекулярного иона. Тройная рекомбинация электронов и ионов. Тройная рекомбинация положительных и отрицательных ионов в газе. Кинетические уравнения образования и гибели. Уравнение диффузии.  | 2 |
| 5 | Кулоновские столкновения. Кулоновский логарифм. Кулоновское сечение и частота потери направленного импульса. Время максвеллизации и выравнивания энергии в при электрон-электронных и электрон-ионных взаимодействиях.  | 3 |
| 6 | Два различных подхода при рассмотрении плазмы: плазма как система взаимодействующих частиц и плазма как сплошная проводящая среда. Основные модели плазмы: кинетическая и гидродинамическая. Двухжидкостная гидродинамическая модель. Примеры применения гидродинамической модели, вывод плазменных колебаний, поляризации плазмы, диэлектрической проницаемости.  | 2 |
| 7 | Плазма во внешнем электрическом поле. Движение электронов и ионов в газе во внешних полях. Дрейф и подвижность электронов и ионов в постоянном электрическом поле. Электропроводность частично и полностью ионизованной плазмы. Средняя энергия электронов в газе, находящемся во внешнем поле. Неизотермическая плазма. Баланс энергий в плазме. Свободная и амбиполярная диффузия заряженных частиц.  | 3 |
| 8 | Плазма как проводящая жидкость. "Вмороженность" магнитного поля в плазму. Дрейф в скрещенных полях. Диффузия магнитного поля в плазме. Волновые свойства плазмы. Альфвеновские волны и магнитный звук. Прохождение поперечных электромагнитных волн через плазму, явление “отсечки”. | 4 |
| 9 | Ионизационное размножение, лавина. Электрический пробой газов. Таунсендовский механизм пробоя, ионизационные коэффициенты. Закон Пашена. Пробой в переменных электромагнитных полях (ВЧ и СВЧ разряды). Самостоятельные и несамостоятельные разряды. Тлеющий разряд. Дуговой разряд.  | 4 |
| 10 | Пробой при высоком давлении газа. Стример. Пробой длинных промежутков. Стример в длинных промежутках, лидер, искровой канал. Линейная молния. Ступенчатый и стреловидный лидер, возвратный удар, гром. Шаровая молния. Прохождение электронного пучка через вакуум, плазму и газ.  | 4 |
| 11 | Нелинейные явления и неустойчивости в плазме. Виды неустойчивостей плазмы. Неустойчивость плазменного шнура в магнитном поле (перетяжки и изгибы), стабилизация внешним магнитным полем. Ионизационно-перегревная неустойчивость газового разряда, контракция газового разряда, методы стабилизации. Роль нелинейных явлений в плазме. Взаимодействие плазменных колебаний с электронами плазмы. Парадокс Ленгмюра, затухание Ландау.  | 3 |
| 12 | Пучковая неустойчивость. Буннемановская (двухпотоковая) неустойчивость. Уединенные волны. Солитоны и автоволны. Уравнение Кортевега-де-Вриза. Ленгмюровский солитон в плазме. Нелинейный ионный звук. Эффект Гана.  | 3 |
| ВСЕГО (зач. ед. (часов)) | 34 часа (1 зач. ед.) |

**Самостоятельная работа:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № п.п. | Темы  | Трудоёмкость (количество часов) |
| 1 | Введение. Понятие плазмы. Плазма в природе и лаборатории. Плазменная частота. Экранировка зарядов и дебаевская длина экранирования (Теория Дебая-Хюккеля). Идеальность плазмы, критерии неидеальности. Диаграмма состояний плазмы в различных условиях. Классификация плазмы: высоко- и низко-температурная, изотермическая, разрядная и т.д. Примеры плазмы. Генераторы плазмы. | 2 |
| 2 | Изотермическая (равновесная) плазма. Уравнение Саха. Расходимость статистических сумм атома, методы ограничения статистических сумм в плазме. Снижение потенциала ионизации.  | 2 |
| 3 | Элементарные процессы в плазме. Понятие сечения. Упругие столкновения частиц, частота упругих соударений и транспортная частота. Неупругие столкновения. Возбуждение, метастабильные частицы. Диссоциация. Резонансная перезарядка. Ионизация электронным ударом. Ионизационные процессы при столкновении атомов и молекул в основном и возбужденном состояниях, реакция Пенинга, ассоциативная ионизация. Ступенчатая ионизация атома электронным ударом. Фотоионизация.  | 2 |
| 4 | Парная рекомбинация положительного и отрицательного ионов. Прилипание электрона. Диссоциативная рекомбинация электрона и молекулярного иона. Тройная рекомбинация электронов и ионов. Тройная рекомбинация положительных и отрицательных ионов в газе. Кинетические уравнения образования и гибели. Уравнение диффузии.  | 2 |
| 5 | Кулоновские столкновения. Кулоновский логарифм. Кулоновское сечение и частота потери направленного импульса. Время максвеллизации и выравнивания энергии в при электрон-электронных и электрон-ионных взаимодействиях.  | 3 |
| 6 | Два различных подхода при рассмотрении плазмы: плазма как система взаимодействующих частиц и плазма как сплошная проводящая среда. Основные модели плазмы: кинетическая и гидродинамическая. Двухжидкостная гидродинамическая модель. Примеры применения гидродинамической модели, вывод плазменных колебаний, поляризации плазмы, диэлектрической проницаемости.  | 2 |
| 7 | Плазма во внешнем электрическом поле. Движение электронов и ионов в газе во внешних полях. Дрейф и подвижность электронов и ионов в постоянном электрическом поле. Электропроводность частично и полностью ионизованной плазмы. Средняя энергия электронов в газе, находящемся во внешнем поле. Неизотермическая плазма. Баланс энергий в плазме. Свободная и амбиполярная диффузия заряженных частиц.  | 3 |
| 8 | Плазма как проводящая жидкость. "Вмороженность" магнитного поля в плазму. Дрейф в скрещенных полях. Диффузия магнитного поля в плазме. Волновые свойства плазмы. Альфвеновские волны и магнитный звук. Прохождение поперечных электромагнитных волн через плазму, явление “отсечки”. | 4 |
| 9 | Ионизационное размножение, лавина. Электрический пробой газов. Таунсендовский механизм пробоя, ионизационные коэффициенты. Закон Пашена. Пробой в переменных электромагнитных полях (ВЧ и СВЧ разряды). Самостоятельные и несамостоятельные разряды. Тлеющий разряд. Дуговой разряд.  | 4 |
| 10 | Пробой при высоком давлении газа. Стример. Пробой длинных промежутков. Стример в длинных промежутках, лидер, искровой канал. Линейная молния. Ступенчатый и стреловидный лидер, возвратный удар, гром. Шаровая молния. Прохождение электронного пучка через вакуум, плазму и газ.  | 4 |
| 11 | Нелинейные явления и неустойчивости в плазме. Виды неустойчивостей плазмы. Неустойчивость плазменного шнура в магнитном поле (перетяжки и изгибы), стабилизация внешним магнитным полем. Ионизационно-перегревная неустойчивость газового разряда, контракция газового разряда, методы стабилизации. Роль нелинейных явлений в плазме. Взаимодействие плазменных колебаний с электронами плазмы. Парадокс Ленгмюра, затухание Ландау.  | 3 |
| 12 | Пучковая неустойчивость. Буннемановская (двухпотоковая) неустойчивость. Уединенные волны. Солитоны и автоволны. Уравнение Кортевега-де-Вриза. Ленгмюровский солитон в плазме. Нелинейный ионный звук. Эффект Гана.  | 3 |
| 13 | Подготовка к экзамену | 1 зач. ед. |
| ВСЕГО (зач. ед. (часов)) | 34 часа (1 зач. ед.) + 1 зач. ед. |

* 1. **Содержание дисциплины**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| №п/п | Название модулей | Разделы и темы лекционных занятий | Содержание | Объем |
| Аудиторная работа (часы) | Самостоятельная работа(часы) |
| 1 | IОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О ПЛАЗМЕ. ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ПЛАЗМЕ | **Общие сведения о плазме** | Введение. Понятие плазмы. Плазма в природе и лаборатории. Плазменная частота. Экранировка зарядов и дебаевская длина экранирования (Теория Дебая-Хюккеля). Идеальность плазмы, критерии неидеальности. Диаграмма состояний плазмы в различных условиях. Классификация плазмы: высоко- и низко-температурная, изотермическая, разрядная и т.д. Примеры плазмы. Генераторы плазмы. | 2 | 2 |
| 2 | **Ионизационное равновесие**  | Изотермическая (равновесная) плазма. Уравнение Саха. Расходимость статистических сумм атома, методы ограничения статистических сумм в плазме. Снижение потенциала ионизации.  | 2 | 2 |
| 3 | **Элементарные процессы в плазме**  | Элементарные процессы в плазме. Понятие сечения. Упругие столкновения частиц, частота упругих соударений и транспортная частота. Неупругие столкновения. Возбуждение, метастабильные частицы. Диссоциация. Резонансная перезарядка. Ионизация электронным ударом. Ионизационные процессы при столкновении атомов и молекул в основном и возбужденном состояниях, реакция Пенинга, ассоциативная ионизация. Ступенчатая ионизация атома электронным ударом. Фотоионизация.  | 2 | 2 |
| 4 | **Рекомбинация в плазме** | Парная рекомбинация положительного и отрицательного ионов. Прилипание электрона. Диссоциативная рекомбинация электрона и молекулярного иона. Тройная рекомбинация электронов и ионов. Тройная рекомбинация положительных и отрицательных ионов в газе. Кинетические уравнения образования и гибели. Уравнение диффузии.  | 2 | 2 |
| 5 | **Процессы релаксации в плазме**  | Кулоновские столкновения. Кулоновский логарифм. Кулоновское сечение и частота потери направленного импульса. Время максвеллизации и выравнивания энергии в при электрон-электронных и электрон-ионных взаимодействиях.  | 3 | 3 |
| 6 | IIКИНЕТИЧЕСКОЕ И ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЕ ПРИБЛИЖЕНИЯ В ПЛАЗМЕ. ПРОБОЙ В ГАЗАХ | Гидродинамическая модель плазмы | Два различных подхода при рассмотрении плазмы: плазма как система взаимодействующих частиц и плазма как сплошная проводящая среда. Основные модели плазмы: кинетическая и гидродинамическая. Двухжидкостная гидродинамическая модель. Примеры применения гидродинамической модели, вывод плазменных колебаний, поляризации плазмы, диэлектрической проницаемости.  | 2 | 2 |
| 7 | **Плазма во внешнем поле**  | Плазма во внешнем электрическом поле. Движение электронов и ионов в газе во внешних полях. Дрейф и подвижность электронов и ионов в постоянном электрическом поле. Электропроводность частично и полностью ионизованной плазмы. Средняя энергия электронов в газе, находящемся во внешнем поле. Неизотермическая плазма. Баланс энергий в плазме. Свободная и амбиполярная диффузия заряженных частиц.  | 3 | 3 |
| 8 | **Магнитогидродинамическая модель плазмы** | Плазма как проводящая жидкость. "Вмороженность" магнитного поля в плазму. Дрейф в скрещенных полях. Диффузия магнитного поля в плазме. Волновые свойства плазмы. Альфвеновские волны и магнитный звук. Прохождение поперечных электромагнитных волн через плазму, явление “отсечки”. | 4 | 4 |
| 9 | **Различные механизмы пробоя в плазме. Пробой при низком давлении**  | Ионизационное размножение, лавина. Электрический пробой газов. Таунсендовский механизм пробоя, ионизационные коэффициенты. Закон Пашена. Пробой в переменных электромагнитных полях (ВЧ и СВЧ разряды). Самостоятельные и несамостоятельные разряды. Тлеющий разряд. Дуговой разряд.  | 4 | 4 |
| 10 | Пробой при высоком давлении | Пробой при высоком давлении газа. Стример. Пробой длинных промежутков. Стример в длинных промежутках, лидер, искровой канал. Линейная молния. Ступенчатый и стреловидный лидер, возвратный удар, гром. Шаровая молния. Прохождение электронного пучка через вакуум, плазму и газ.  | 4 | 4 |
| 11 | IIIНЕУСТОЙЧИВОСТИ В ПЛАЗМЕ | **Неустойчивости плазменного шнура и газового разряда**  | Нелинейные явления и неустойчивости в плазме. Виды неустойчивостей плазмы. Неустойчивость плазменного шнура в магнитном поле (перетяжки и изгибы), стабилизация внешним магнитным полем. Ионизационно-перегревная неустойчивость газового разряда, контракция газового разряда, методы стабилизации. Роль нелинейных явлений в плазме. Взаимодействие плазменных колебаний с электронами плазмы. Парадокс Ленгмюра, затухание Ландау.  | 2 | 2 |
| 12 | Пучковая неустойчивость и нелинейные эффекты  | Пучковая неустойчивость. Буннемановская (двухпотоковая) неустойчивость. Уединенные волны. Солитоны и автоволны. Уравнение Кортевега-де-Вриза. Ленгмюровский солитон в плазме. Нелинейный ионный звук. Эффект Гана.  | 2 | 2 |

1. **Образовательные технологии**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Вид занятия | Форма проведения занятий | Цель |
| 1 | лекция | изложение теоретического материала | получение теоретических знаний по дисциплине |
| 2 | лекция | изложение теоретического материала с помощью презентаций | повышение степени понимания материала |
| 3 | самостоятельная работа студента | подготовка к экзамену и зачету с оценкой | повышение степени понимания материала |

1. **Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

**Контрольно-измерительные материалы**

Перечень контрольных вопросов для сдачи экзамена в 7-ом семестре.

1. Плазма в природе и лаборатории.
2. Плазменная частота.
3. Экранировка зарядов и дебаевская длина экранирования.
4. Уравнение Саха.
5. Расходимость статистических сумм, методы ограничения статистических сумм в уравнении Саха.
6. Упругие столкновения частиц. Сечение и частота упругих соударений и передачи импульса.
7. Кулоновские столкновения.
8. Основные элементарные процессы в плазме: ионизации, рекомбинации, диффузии.
9. Образование и рекомбинация заряженных частиц в плазме.
10. Двухжидкостная гидродинамическая модель плазмы. Примеры.
11. Дрейф и подвижность электронов и ионов в постоянном электрическом поле.
12. Электропроводность частично ионизованной плазмы.
13. Электропроводность полностью ионизованной плазмы.
14. Средняя энергия электронов в газе, находящемся во внешнем поле.
15. Неизотермическая плазма. Баланс энергий в плазме.
16. Амбиполярная диффузия заряженных частиц.
17. Вмороженность магнитного поля в плазму.
18. Диффузия магнитного поля в плазме.
19. Прохождение электронного пучка через газ и плазму.
20. Ионизационное размножение, лавина. Пробой газов низкого давления.
21. Таунсендовский механизм пробоя, ионизационные коэффициенты.
22. Закон Пашена для пробоя газов.
23. Пробой газов при высоком давлении. Самоторможение лавин. Стример.
24. Стример в длинных промежутках, стримерная корона, лидер, искровой канал.
25. Молния. Шаровая молния и ее модели.
26. Пробой в высокочаcтотном поле. Оптический пробой.
27. Тлеющий разряд. Структура тлеющего разряда, катодный слой, положительный столб. Теория Шоттки.
28. Изотермическая (равновесная) плазма. Электрическая дуга.
29. Альфвеновские волны.
30. Ионный звук.
31. Прохождение поперечных электромагнитных волн через плазму, “отсечка”.
32. Виды неустойчивостей плазмы.
33. Ионизационно-перегревная неустойчивость. Контракция газового разряда.
34. Взаимодействие плазменных колебаний с электронами плазмы. Парадокс Ленгмюра. Затухание Ландау.
35. Пучковая неустойчивость.
36. Буннемановская неустойчивость.
37. Солитоны. Уравнение Кортевега-де Вриза.
38. Ленгмюровский солитон в плазме.
39. **Материально-техническое обеспечение дисциплины**
	1. **Необходимое оборудование для лекций и практических занятий:** компьютер и мультимедийное оборудование (проектор), доступ к сети Интернет
40. **Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**
	1. **Основная литература**
41. Райзер Ю.П. Физика газового разряда. М.: Интеллект, 2009.
42. Фортов В.Е., Храпак А.Г., Якубов И.Т. Физика неидеальной плазмы. М.: Физматлит, 2010.
43. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Том VIII. Электродинамика сплошных сред. М.: Физматлит, 2003.

**Дополнительная литература**

1. Райзер Ю.П. Основы современной физики газоразрядных процессов. М.:Наука, 1980.
2. Биберман Л.М., Воробьев В.С., Якубов И.Т. Кинетика неравновесной низкотемпературной плазмы. М: Hаука, 1982.
3. Базелян Э.М., Райзер Ю.П. Искровой разряд. МФТИ, 1997.
4. Диагностика плазмы. Под ред. Хаддлстоуна, 1977, М.: ИЛ, 360 с.

**Электронные ресурсы, включая доступ к базам данных и т.д.**

1. Курс лекций «Физика плазмы», <http://www.inp.nsk.su/chairs/plasma/sk/fpl.ru.shtml>

Программу составил

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ (Василяк Л.М., д.ф.-м.н., профессор)

 «\_\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_2012 г.