

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский
 государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)

Физический факультет



Согласовано, декан ФФ
 Блинов В.Е.

подпись
 «09»

2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ФИЗИКА ПЛАЗМЫ ДЛЯ АСПИРАНТОВ

Научная специальность: 1.3 Физические науки

Направленность (профиль): Физика плазмы

Форма обучения: очная

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)					Промежуточная аттестация (в часах)					
		Контактная работа обучающихся с преподавателем				Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем				
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Консультации в период занятий			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
По выбору	72	32				16	18	4				2
Всего 72 часа / 2 зачетные единицы, в т.ч. - контактная работа 38 часов												

Разработчики:

к.ф-м.н., С.В. Полосаткин

и.о. Зав. кафедрой физики плазмы ФФ

к.ф-м.н., Д.И. Сковородин

Ответственный за образовательную программу:

д.ф-м. н., проф. С.В. Цыбуля

Новосибирск, 2022

Оглавление

Аннотация	3
Введение	4
1. Результаты освоения дисциплины	4
2. Трудоемкость дисциплины по видам учебных занятий	4
3. Содержание дисциплины	5
4. Перечень учебно-методических материалов, необходимых для изучения дисциплины (модуля)	5
5. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины (модуля)	5
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	6
7. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)	6
Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов освоения дисциплины (оценочные материалы)	9

Аннотация

Рабочая программа дисциплины (кандидатский экзамен по специальности) Физика плазмы для аспирантов реализуется на физическом факультете как элективная дисциплина в рамках научной специальности 1.3 Физические науки Направленность (профиль) Физика плазмы и разработана в соответствии с паспортом научной специальности Физика плазмы, федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, сроками освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов).

Настоящая программа знакомит с основными исследованиями в области физики плазмы, которые могут быть условно разделены на следующие блоки "Общие вопросы физики плазмы", "Термоядерный синтез", "Диагностика плазмы и плазменный эксперимент" и "Пучки в плазме".

Для начала обучения данной дисциплине необходима базовая подготовка уровня выпускников физических факультетов высших учебных заведений.

Цель курса: знакомство аспирантов с базовыми основами физики плазмы, систематизация материала по основным разделам физики плазмы, а также формирование умения реферативного изложения научных исследований, осуществляемых аспирантами, и их критической оценки.

Задачи курса:

- систематизировать базовые знания аспирантов по основным разделам физики плазмы, сформировать углубленное представление об основных современных исследованиях в области физики плазмы.

Результат освоения дисциплины:

- формирование способностей к анализу и построению теоретических моделей физических явлений и процессов для решения научных и практических задач;
- формирование способности к критическому анализу и оценке современных научных достижений, формированию новых идей при решении исследовательских и практических задач.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, самостоятельная работа обучающегося.

Общий объем дисциплины – 2 зачетные единицы (72 часа).

Форма промежуточной аттестации – экзамен.

Введение

Рабочая программа дисциплины (кандидатский экзамен по специальности) Физика плазмы для аспирантов реализуется на физическом факультете как элективная дисциплина в рамках научной специальности 1.3 Физические науки Направленность (профиль) Физика плазмы и разработана в соответствии с паспортом научной специальности Физика плазмы, федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, сроками освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов).

Настоящая программа знакомит с основными исследованиями в области физики плазмы, которые могут быть условно разделены на следующие блоки "Общие вопросы физики плазмы", "Термоядерный синтез", "Диагностика плазмы и плазменный эксперимент" и "Пучки в плазме".

Для начала обучения данной дисциплине необходима базовая подготовка уровня выпускников физических факультетов высших учебных заведений.

Цель курса: знакомство аспирантов с базовыми основами физики плазмы, систематизация материала по основным разделам физики плазмы, а также в формировании умения реферативного изложения научных исследований, осуществляемых аспирантами, и их критической оценки.

Задачи курса:

- систематизировать базовые знания аспирантов по основным разделам физики плазмы, сформировать углубленное представление об основных современных исследованиях в области физики плазмы.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, самостоятельная работа обучающегося.

Общий объем дисциплины – 2 зачетные единицы (72 часа).

Форма промежуточной аттестации – экзамен.

1. Результаты освоения дисциплины

Результат освоения дисциплины:

- формирование способностей и навыков выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок;
- формирование способностей и навыков проведения работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований.

2. Трудоемкость дисциплины по видам учебных занятий

Трудоемкость дисциплины – 2 з.е. (72 ч)

Форма промежуточной аттестации: кандидатский экзамен

№	Вид деятельности	Количество часов
1.	Лекции, ч	32
2.	Занятия в контактной форме, ч, из них	38
3.	аудиторных занятий, ч	32
4.	в электронной форме, ч	
5.	консультаций, час.	4
6.	промежуточная аттестация, ч	2
7.	Самостоятельная работа, час.	34
8.	Всего, ч	72

3. Содержание дисциплины

Лекции (32 ч)

Наименование темы и их содержание	Объем, час
1. Термоядерные исследования в мировом масштабе	4
2. Проект ИТЕР	2
3. Физика открытых ловушек	2
4. Термоядерные источники нейтронов и гибридные реакторы на их основе	2
5. Термоядерное материаловедение	2
6. Интерферометрия плазмы	2
7. Лазерное рассеяние и техника оптического эксперимента	2
8. Спектроскопия плазмы	2
9. Активная спектроскопия	2
10. Корпускулярная диагностика плазмы	2
11. Метрология средств АЦ-преобразования	2
12. Особенности систем управления электрофизических установок	2
13. Электронные пучки в плазме	2
14. Мощные атомарные пучки	2
15. Системы высокочастотного нагрева плазмы	2

Самостоятельная работа студентов (34 ч)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Изучение теоретического материала, не освещаемого на лекциях	10
Подготовка презентации доклада	6
Подготовка к экзамену	18

4. Перечень учебно-методических материалов, необходимых для изучения дисциплины

1. Д.А.Франк-Каменецкий, Д. А., Лекции по физике плазмы: [Для инж.-физ. и физ.-техн. вузов и фак.] / Д.А. Франк-Каменецкий .— 2-е изд. — Москва : Атомиздат, 1968 .— 286 с.
2. Ю.П.Райзер Физика газового разряда: [для физических специальностей вузов] / Ю.П. Райзер3-е изд., перераб.и доп.Долгопрудный : ИНТЕЛЛЕКТ, 2009734 с.: ил.; 25 см.ISBN 978-5-91559-019-8.
3. В.Б.Берестецкий, Е.М.Лившиц, Л.П.Питаевский. Теоретическая физика: [Учеб. пособие для физ. спец. ун-тов]: В 10 т. Т.4. Квантовая электродинамика/ В.Б. Берестецкий, Е.М. Лифшиц, Л.П. Питаевский. / Л.Д. Ландау, Е.М. Лившиц; Под ред. Л.П. Питаевского4-е изд., испр.М.: Физматлит, 2001719 с.: ил. ; 22 см.ISBN 5-9221-0053-X
4. Окунь Л.Б. Лептоны и кварки / Л.Б. Окунь2-е изд., перераб.и доп М.: Наука, 1990345 с. : ил.ISBN 5-020140279..

5. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины

5. Л. Д. Ландау, Е.М. Лифшиц; Теоретическая физика: учебное пособие для студентов физических специальностей университетов: в 10 т. / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц; под ред.
6. Л.П. Питаевского Москва: Физматлит, 200 -22 см.ISBN 5-9221-0053-X Т.3: Квантовая механика. Нерелятивистская теорияИзд. 6-е, испр2008800 с.: ил.ISBN 978-5-9221-0530-9.
7. В. В. Батыгин, И. Н. Топтыгин; Сборник задач по электродинамике: [учебное пособие для вузов] / В.В. Батыгин, И.Н. Топтыгин; под ред. М.М. Бредова3-е изд., испр Москва:

8. Регуляр. и хаотич. динамика, 2002639 с.: ил.; 21 см. ISBN 5-93972-155-9.
9. В.М. Галицкий, Б.М. Карнаков, В.И. Коган; Задачи по квантовой механике: [Учеб. пособие для физ. спец. вузов] / В.М. Галицкий, Б.М. Карнаков, В.И. Коган 2-е изд., перераб. и доп. М.: Наука, 1992879 с. : ил. ISBN 5020143650
10. И.А. Котельников, Лекции по физике плазмы: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 011200 - Физика и по специальности 010701 - Физика / И.А. Котельников Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013, 384 с.: ил.; 24 см. ISBN 978-5-9963-1158-3.
11. Б.А. Князев. Низкотемпературная плазма и газовый разряд: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 510400 - Физика / Б.А. Князев; М-во образования Рос. Федерации, Новосиб. гос. ун-т, Физ. фак. Новосибирск: Редакционно-издательский центр НГУ, 2003, 290 с. : ил. ; 29x20 см. (Физика в НГУ) ISBN 5-94356-137-4..

6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации;

2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся;

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для аспирантов из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

7. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Перечень результатов освоения дисциплины представлен в разделе 1.

7.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль успеваемости:

Текущий контроль успеваемости включает контроль посещаемости обучающимися занятий, оценку их активности в ходе дискуссий и представление доклада по тематике, связанной с выполнением научной работы обучающегося.

Промежуточная аттестация:

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена. Требования разработаны в соответствии со следующими документами:

- паспорт научной специальности Физика плазмы,
- федеральные государственные требования к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их

реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов).

Оценка уровня знаний экзаменуемого определяется по пятибалльной шкале: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Описание критериев и шкал оценивания результатов освоения дисциплины

Таблица 7.1 Результаты освоения дисциплины

Результат освоения дисциплины	Оценочное средство
- формирование способностей и навыков выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок;	Экзамен
- формирование способностей и навыков проведения работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований.	Экзамен

Таблица 7.2 Критерии оценивания результатов освоения дисциплины

Критерии оценивания результатов освоения дисциплины	Шкала оценивания
<p><u>Доклады и выступления</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – знает актуальные исследования и критически анализирует результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности, – умеет ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования, – знает возможные направления профессиональной самореализации, - владеет приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач, – точность и полнота выделения, классификации и систематизации основного смыслообразующего компонента из источников и литературы. В докладах и выступлениях обучающийся мог допустить непринципиальные неточности. <p><u>Экзамен:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – демонстрирует углубленные знания базовых понятий, моделей, гипотез и концепций, свободно владеет всеми основными разделами современной физики, – самостоятельность, осмысленность, структурированность, логичность и аргументированность изложения материала, отсутствие затруднений в объяснении процессов и явлений, а также при формулировке собственных суждений, – наличие исчерпывающих ответов на дополнительные вопросы. <p>При изложении ответа на вопрос(ы) экзаменационного билета обучающийся мог допустить непринципиальные неточности.</p>	<i>Отлично</i>
<u>Доклады и выступления</u>	<i>Хорошо</i>

<ul style="list-style-type: none"> – знает актуальные исследования и критически анализирует результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности, – умеет ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования, – знает возможные направления профессиональной самореализации, - владеет приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач, – точность и полнота выделения, классификации и систематизации основного смыслообразующего компонента из источников и литературы. <p>В докладах и выступлениях обучающийся мог допустить неточности, не влияющие на суть доклада.</p> <p><u>Экзамен:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – демонстрирует в основном углубленные знания базовых понятий, моделей, гипотез и концепций, свободно владеет всеми основными разделами современной физики, – самостоятельность, осмысленность, структурированность, логичность и аргументированность изложения материала, отсутствие затруднений в объяснении процессов и явлений, а также при формулировке собственных суждений, – допускает незначительные ошибки при ответах на дополнительные вопросы. <p>При изложении ответа на вопрос(ы) экзаменационного билета обучающийся мог допустить незначительные неточности.</p>	
<p><u>Доклады и выступления</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – не знает направления актуальных исследований, не составляет анализ результатов предшественников и современных достижений в области физики в применении к профессиональной области деятельности, – затрудняется в постановке задач научно-исследовательской деятельности, – затрудняется в выборе возможных направлений профессиональной самореализации, - ограниченно владеет приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач, <p>В докладах и выступлениях обучающийся допускает неточности влияющие на суть доклада.</p> <ul style="list-style-type: none"> – демонстрирует общие знания базовых понятий и моделей в профессиональной области, критичных для понимания основных явлений и экспериментов, но допускает существенные ошибки по содержанию рассматриваемых (обсуждаемых) вопросов, – затрудняется в объяснении процессов и явлений, а также при формулировке собственных суждений, – допускает значительные ошибки при ответах на дополнительные вопросы. 	<p><i>Удовлетворительно</i></p>
<p><u>Доклады и выступления</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – отсутствие теоретического и фактического материала, подкрепленного ссылками на научную литературу и источники, – затрудняется в постановке задач научно-исследовательской деятельности, 	<p><i>Неудовлетворительно</i></p>

- затрудняется в выборе возможных направлений профессиональной самореализации,
- не владеет приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач,
- неподготовленность докладов и выступлений на основе предварительного изучения литературы по темам, неучастие в коллективных обсуждениях в ходе практического (семинарского) занятия.

Экзамен:

- демонстрирует общие знания базовых понятий и моделей в профессиональной области, критичных для понимания основных явлений и экспериментов, но допускает существенные ошибки по содержанию рассматриваемых (обсуждаемых) вопросов,
- затрудняется в объяснении процессов и явлений, а также при формулировке собственных суждений,
- не отвечает на дополнительные вопросы.

Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов освоения дисциплины (оценочные материалы)

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям РПД, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

I. Примерная тематика докладов

1. Термоядерные исследования в мировом масштабе.
2. Проект ИТЕР.
3. Физика открытых ловушек
4. Термоядерные источники нейтронов и гибридные реакторы на их основе.
5. Термоядерное материаловедение
6. Интерферометрия плазмы
7. Лазерное рассеяние и техника оптического эксперимента
8. Спектроскопия плазмы
9. Активная спектроскопия
10. Корпускулярная диагностика плазмы
11. Метрология средств АЦ-преобразования
12. Особенности систем управления электрофизических установок
13. Электронные пучки в плазме
14. Мощные атомарные пучки
15. Системы высокочастотного нагрева плазмы

II. Форма и перечень вопросов экзаменационного билета.

2.1 Форма экзаменационного билета

Новосибирский государственный университет
Физический факультет

научная специальность

направленность (профиль)

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №

1. Вопрос категории 1.
2. Вопрос категории 2.
3. Вопрос категории 3.
4. Вопросы по изложенному аспирантом предмету его исследований.

Составитель _____ И.О.Фамилия
(подпись)

Ответственный за образовательную программу

_____ И.О.Фамилия
(подпись)

« _____ » 20 ____ г.

2.2. Перечень типовых вопросов

Категория	Формулировка вопроса
Категория 1	Понятие плазмы, квазинейтральность, микрополя, дебаевский радиус, идеальная и неидеальная плазма. Условие термодинамического равновесия, термическая ионизация, формула Саха, корональное равновесие, снижение потенциала ионизации. Вырождение плазмы, статистика Больцмана и Ферми-Дирака, модель Томаса-Ферми
	Столкновения заряженных частиц, дальное действие, частоты столкновений, столкновения электронов с атомами (упругие и неупругие), столкновения тяжелых частиц. Ионизация, рекомбинация, перезарядка и прилипание. Возбуждение и диссоциация молекул электронным ударом
	Уравнения Больцмана и Власова, интеграл столкновений, время максвеллизации и скорость выравнивания температур различных компонент плазмы. Скорость ионообразования и рекомбинации электронов и ионов, образование и разрушение возбужденных атомов (ионов). Явления переноса в плазме, электропроводность, диффузия и теплопроводность частиц при наличии и отсутствии магнитного поля. Кинетика возбужденных молекул в плазме.
	Движение в скрещенных электрическом и магнитном полях. Дрейфовое приближение, разновидности дрейфового движения. Заряженная частица в высокочастотном поле. Понятие адиабатического инварианта
	Уравнения движения плазмы в магнитном поле, проникновение магнитного поля в плазму, вмороженность магнитного поля. Законы сохранения в идеальной одножидкостной МГД. Двухжидкостное приближение
	Равновесные конфигурации плазмы в магнитной гидродинамике, пинч. Неустойчивость плазмы, виды неустойчивости, перегреваемая и ионизационная неустойчивости. Энергетический принцип МГД-устойчивости
	Основные типы колебаний и волн в плазме: лэнгмюровские электронные и ионные, электромагнитные, ионно-звуковые, магнитозвуковые,

	<p>альфвеновские. Показатель преломления плазмы, пространственная и временная дисперсия, фазовая и групповая скорости плазменных волн</p> <p>Возбуждение и затухание волн в плазме, черенковское излучение, затухание Ландау. Раскачка плазменных колебаний пучками. Квазилинейное приближение</p> <p>Распространение электромагнитных волн в неоднородной плазме, геометрическая оптика, плазменный резонанс, циклотронный резонанс, линейная трансформация. Основные нелинейные процессы взаимодействия волн, неустойчивость плазмы в сильном электромагнитном поле. Рассеяние и трансформация волн</p> <p>Элементарные радиационные процессы, интенсивность спектральных линий, сплошные спектры, вынужденное испускание. Пробеги излучения, перенос излучения в среде, оптически прозрачная и непрозрачная плазма, лучистая теплопроводность</p> <p>Основные виды разряда: тлеющий разряд, искра, электрическая дуга, ВЧ-, СВЧ- и оптический разряд. Условия стационарности разряда, излучающий разряд в плотной плазме, плазменно-пучковый разряд</p> <p>Ударные волны в плазме, скачок уплотнения, релаксационный слой, излучение ударных волн, нелинейные волны теплопроводности. Токовые слои</p>
Категория 2	<p>Методы получения сильноточных релятивистских электронных пучков (РЭП). Взрывная эмиссия. Плазменный эмиттер электронов. Сильноточные релятивистские диоды. Транспортировка сильноточных пучков в вакууме. Критические токи. Зарядовая и токовая нейтрализация пучков в плазме. Генерация мощных потоков ионов с помощью РЭП. Коллективное ускорение ионов в сильноточных электронных пучках</p> <p>Возбуждение ленгмюровских колебаний в плазме при инъекции РЭП. Квазилинейный и нелинейные механизмы релаксации. Диссипация энергии колебаний в плазме (нагрев плазмы). Влияние магнитного поля на релаксацию. Нагрев плазмы обратным током, аномальное сопротивление</p> <p>Инжекторы пучков быстрых атомов на основе перезарядки положительных ионов. Требования к элементам инжектора. Инжекторы на основе отрицательных ионов. Получение и нейтрализация интенсивных пучков отрицательных ионов.</p> <p>Емкостные накопители энергии. Генераторы высоковольтных импульсных напряжений. Коммутаторы больших токов. Магнитные системы открытых ловушек. Сверхпроводящие соленоиды. Особенности вакуумных систем термоядерных установок.</p> <p>Адиабатическое удержание заряженных частиц в пробкотроне. Оценка времени жизни частиц в пробкотроне. МГД равновесие и устойчивость плазмы в пробкотроне. Стабилизация желобковой неустойчивости «минимумом В». «Конусные» кинетические неустойчивости плазмы: высокочастотная конусная неустойчивость, дрейфово-конусная неустойчивость, альфвеновская анизотропная ионно-циклотронная неустойчивость</p> <p>Амбиполярный потенциал плазмы в пробкотроне. Формирование потенциальных барьеров в амбиполярной ловушке. Формула Пастухова. Процессы переноса в аксиально-несимметричных ловушках.</p> <p>Продольное удержание плазмы в многопробочной ловушке. Стеночное удержание плотной плазмы. Обратный ток. Стабилизация винтовой неустойчивости. Возбуждение ленгмюровской турбулентности пучком</p>

	<p>релятивистских электронов. Турбулентное подавление продольной теплопроводности</p> <p>Газодинамическая ловушка (ГДЛ). Продольные потери частиц и энергии в ГДЛ. Методы стабилизации МГД неустойчивостей плазмы в аксиально-симметричных ловушках. Нейтронный источник на основе ГДЛ. Проект ГДМЛ</p>
Категория 3	<p>Электрические и магнитные зонды. Применение зондов для определения параметров плазмы в открытых ловушках..</p> <p>Измерение диамагнетизма плазмы.</p> <p>Методы исследования потоков частиц: датчики плотности тока, энергоанализаторы, калориметры, болометры.</p> <p>СВЧ диагностика плазмы.</p> <p>Регистрация микроволнового излучения плазмы.</p> <p>Корпускулярная диагностика плазмы (активная и пассивная).</p> <p>Оптические диагностики: интерферометрия и спектроскопия плазмы в инфракрасной и видимой областях, пучково-эмиссионная спектроскопия. Лазерное рассеяние и особенности его применения для диагностики неравновесной плазмы. Рентгеновские методы диагностики плазмы. Нейтронные измерения</p> <p>Лазерное рассеяние и особенности его применения для диагностики неравновесной плазмы. Рентгеновские методы диагностики плазмы. Нейтронные измерения</p> <p>Рентгеновские методы диагностики плазмы. Нейтронные измерения</p> <p>Нейтронные измерения</p>