

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО
Директор физтех-школы
аэрокосмических технологий
С.С. Негодяев

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Введение в физику плазмы
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Пучково-плазменные системы и технологии Физтех-школа Аэрокосмических Технологий кафедра логистических систем и технологий
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 45 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Программу составил: Н.Л. Александров, д-р физ.-мат. наук, профессор

Программа обсуждена на заседании кафедры логистических систем и технологий 04.06.2020

Аннотация

В курсе рассматриваются основные понятия и свойства низкотемпературной плазмы, ее отличие от нейтрального и слабоионизованного газов, ее проявления в природе и приложения в современных технологиях.

Курс содержит в себе обсуждение генерации и существования плазмы в атмосфере Земли, в космосе и лаборатории. Значительное внимание уделяется основным свойствам плазмы, включая ее квазинейтральность. Рассматриваются элементарные процессы в плазме и их описание на основе сечений рассеяния при столкновении частиц. Большое внимание уделяется процессам переноса в плазме и описывающим эти процессы коэффициентам. Изучаются источники плазмы, в том числе – на основе газового разряда, пучков заряженных частиц и пучков лазерного излучения. Демонстрации приложений плазмы включают в себя источники излучения, плазмохимию, обработку и очистку газов и жидких сред, озонаторы, плазменные методы в микроэлектронике, нанесение тонких слоев, обработку поверхности, плазму в медицине, плазму в сельском хозяйстве, стимулированное плазмой горение и плазменную аэродинамику.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

ознакомление студентов с основами физики плазмы, ее проявлениями в природе и приложениями в современных технологиях.

Задачи дисциплины

- ознакомление студентов с фундаментальными основами физики плазмы и ее отличиями от других состояний вещества;
- демонстрация студентам примеров существования плазмы в природе;
- демонстрация студентам примеров приложения плазмы в современных технологиях;
- формирование навыков количественных оценок основных параметров, характеризующих свойства плазмы.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности

решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основы физики плазмы и ее отличия от других состояний вещества;
- примеры существования плазмы в естественных условиях;
- примеры современных плазменных технологий;
- параметры и целевые характеристики плазменных систем технологического назначения.

уметь:

- применять на практике основные понятия, используемые в физике плазмы;
- выполнять оценки основных параметров, характеризующих плазму в природных условиях;
- выполнять оценки основных параметров, характеризующих плазму в современных технологиях;
- выполнять физическое и компьютерное моделирование простейших явлений в плазме.

владеть:

- навыками освоения большого объема междисциплинарной и специальной информации;
- культурой постановки задач в области физики плазмы; навыками оценок параметров и свойств плазменных систем.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Введение. Примеры плазмы в природе и лаборатории.	3	3		5
2	Что такое плазма. Ее определение.	3	3		5
3	Квазинейтральность плазмы. Дебаевский радиус экранирования.	4	4		5
4	Сечение рассеяния и средняя длина пробега частиц в плазме.	4	4		6
5	Процессы ионизации и возбуждения частиц в плазме.	4	4		6
6	Введение в процессы переноса в плазме.	4	4		6
7	Источники плазмы. Разрядная и пучковая плазма.	4	4		6
8	Современные приложения плазмы.	4	4		6
Итого часов		30	30		45
Подготовка к экзамену		30 час.			

Общая трудоёмкость	135 час., 3 зач.ед.
--------------------	---------------------

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 1 (Осенний)

1. Введение. Примеры плазмы в природе и лаборатории.

Предмет, цели и задачи курса. Плазма в атмосферном электричестве, ионосфере и космосе. Использование плазмы в лаборатории.

2. Что такое плазма. Ее определение.

Определение плазмы и ее отличие от ионизованного газа. Слабоионизованная, частично ионизованная и полностью ионизованная плазма. Плазмоподобные среды: слабоионизованный газ, электролиты, плазма полупроводников и металлов.

3. Квазинейтральность плазмы. Дебаевский радиус экранирования.

Обязательность выполнения квазинейтральности плазмы. Временной и пространственный масштабы нарушения электронейтральности в ней. Теория Дебая-Хюккеля. Дебаевский радиус экранирования и его зависимость от параметров плазмы. Неидеальность плазмы. Параметры неидеальности.

4. Сечение рассеяния и средняя длина пробега частиц в плазме.

Сечение рассеяния, частота столкновений и средняя длина пробега для электронов, ионов и нейтральных частиц в плазме. Короткодействующие и далекодействующие взаимодействия.

5. Процессы ионизации и возбуждения частиц в плазме.

Механизмы ионизации в плазме при столкновении электронов, ионов, атомов и молекул. Возбуждение вращательных, колебательных и электронных состояний нейтральных частиц.

6. Введение в процессы переноса в плазме.

Перенос заряда, частиц, импульса и энергии в плазме. Электропроводность, диффузия, подвижность, вязкость и теплопроводность плазмы и вклад в эти характеристики отдельных компонентов.

7. Источники плазмы. Разрядная и пучковая плазма.

Самостоятельные и несамостоятельные разряды. Разряды в постоянных электрических полях, ВЧ и СВЧ разряды, лазерная искра. Плазма, создаваемая электронными и ионными пучками. Фотоплазма.

8. Современные приложения плазмы.

Лазеры, источники света, плазмохимия, обработка и очистка газов и жидких сред, озонаторы, плазменные методы в микроэлектронике, нанесение тонких слоев, обработка поверхности, плазма в медицине, плазма в сельском хозяйстве, стимулированное плазмой горение, плазменная аэродинамика.

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Fridman A., Kennedy L.A. Plasma Physics and Engineering. Boca Raton: CRC Press, 2011. - 873 p.
2. Chen F.F., Chang J.P. Principles of Plasma Processing. New York: Plenum Publishers, 2002. - 249 p.
3. Piel A. Plasma Physics. New York: Springer, 2010. – 396 p.
4. Fridman A. Plasma Chemistry. Cambridge: Cambridge University Press, 2008. – 978 p.

Дополнительная литература

1. Райзер Ю.П. Физика газового разряда. М.: Наука, 1987. - 592 с.
2. Смирнов Б.М. Свойства газоразрядной плазмы. Санкт-Петербург: Изд-во Политехнического университета, 2010. – 362с.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. http://www.maik.ru/contents/plasphys/plasphys_1_5v31cont.htm
2. http://mipt.ru/study/net_libr/.
3. Российская государственная библиотека - www.rsl.ru, www.leninka.ru
4. Университетская библиотека ONLINE <http://biblioclub.ru/>

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

пакет Microsoft (Word, Microsoft Power Point).

В образовательном процессе могут использоваться при необходимости дистанционные занятия и вебинары с использованием коммуникационного программного обеспечения Zoom, сервиса видеотелефонной связи GoogleMeet, веб-сервиса Google Класс.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Успешное освоение курса «Введение в физику плазмы» требует большой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала (по конспектам лекций и семинаров, учебной и научной литературе);
- подготовку к контрольным, самостоятельным работам и тестам.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в результате анализа итогов контрольных, самостоятельных работ и тестов, а также индивидуальных консультаций.

Показателем владения материалом служит умение решать задачи. Для формирования умения применять теоретические знания на практике студенту необходимо решать как можно больше задач.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению: Прикладные математика и физика
профиль подготовки: Пучково-плазменные системы и технологии
Физтех-школа Аэрокосмических Технологий
кафедра логистических систем и технологий
курс: 1
квалификация: магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Экзамен

Разработчик: Н.Л. Александров, д-р физ.-мат. наук, профессор

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Введение в физику плазмы» обучающийся должен:

знать:

- основы физики плазмы и ее отличия от других состояний вещества;
- примеры существования плазмы в естественных условиях;
- примеры современных плазменных технологий;
- параметры и целевые характеристики плазменных систем технологического назначения.

уметь:

- применять на практике основные понятия, используемые в физике плазмы;
- выполнять оценки основных параметров, характеризующих плазму в природных условиях;
- выполнять оценки основных параметров, характеризующих плазму в современных технологиях;
- выполнять физическое и компьютерное моделирование простейших явлений в плазме.

владеть:

- навыками освоения большого объема междисциплинарной и специальной информации;
- культурой постановки задач в области физики плазмы; навыками оценок параметров и свойств плазменных систем.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

Текущий контроль осуществляется в форме самостоятельных работ или тестов в письменной форме по каждой теме.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в результате анализа итогов контрольных, самостоятельных работ, а также индивидуальных консультаций.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Итоговая аттестация проводится в форме экзамена (в устной форме).

Перечень вопросов для подготовки к экзамену:

1. Примеры плазмы в природе и лаборатории. Космическая и ионосферная плазма. Ее основные параметры. Главные отличия космической плазмы от плазмы лабораторной.
2. Понятие плазмы и ее отличие от ионизованного газа. Слабоионизованная, частично ионизованная и полностью ионизованная плазма. Плазмopodobные среды: слабоионизованный газ, электролиты, плазма полупроводников и металлов.
3. Квазинейтральность плазмы и длина экранирования. Временной и пространственный масштабы нарушения электронейтральности в ней. Теория Дебая-Хюккеля. Понятие неидеальности плазмы. Параметры неидеальности
4. Сечение рассеяния, частота столкновений и средняя длина пробега для электронов, ионов и нейтральных частиц в плазме. Короткодействующие и далекодействующие взаимодействия.
5. Механизмы ионизации в плазме при столкновении электронов, ионов, атомов и молекул. Возбуждение вращательных, колебательных и электронных состояний нейтральных частиц.
6. Перенос заряда, частиц, импульса и энергии в плазме. Электропроводность, диффузия, подвижность, вязкость и теплопроводность плазмы и вклад в эти характеристики отдельных компонентов.
7. Электрические разряды. Самостоятельные и несамостоятельные разряды. Разряды в постоянных электрических полях, ВЧ и СВЧ разряды, лазерная искра.
8. Плазма, создаваемая электронными и ионными пучками, а также светом. Отличие пучковой плазмы от плазмы газового разряда.
9. Применения плазмы в современных технологиях. Источники света, обработка поверхности, нанесение покрытий, плазменные методы в микроэлектронике, синтез наноматериалов, очистка газов и жидкостей, озонаторы, плазменная аэродинамика, стимулированное плазмой горение, плазменная медицина, плазма в сельском хозяйстве.

Примеры экзаменационных билетов:

Экзаменационный билет № 1

1. Примеры плазмы в природе и лаборатории. Космическая и ионосферная плазма. Ее основные параметры. Главные отличия космической плазмы от плазмы лабораторной.
2. Понятие плазмы и ее отличие от ионизованного газа. Слабоионизованная, частично ионизованная и полностью ионизованная плазма. Плазмopodobные среды: слабоионизованный газ, электролиты, плазма полупроводников и металлов.

Экзаменационный билет № 2

1. Механизмы ионизации в плазме при столкновении электронов, ионов, атомов и молекул. Возбуждение вращательных, колебательных и электронных состояний нейтральных частиц.
2. Перенос заряда, частиц, импульса и энергии в плазме. Электропроводность, диффузия, подвижность, вязкость и теплопроводность плазмы и вклад в эти характеристики отдельных компонентов.

Экзаменационный билет № 3

1. Плазма, создаваемая электронными и ионными пучками, а также светом. Отличие пучковой плазмы от плазмы газового разряда.

2. Применения плазмы в современных технологиях. Источники света, обработка поверхности, нанесение покрытий, плазменные методы в микроэлектронике, синтез наноматериалов, очистка газов и жидкостей, озонаторы, плазменная аэродинамика, стимулированное плазмой горение, плазменная медицина, плазма в сельском хозяйстве.

Критерии оценивания

оценка «отлично (10)» выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины при ответе экзаменационного билета и ответе на вопросы по программе дисциплины, а также по результатам контрольных работ;

оценка «отлично (9)» выставляется студенту, показавшему систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины при ответе экзаменационного билета и ответе на вопросы по программе дисциплины, а также по результатам контрольных работ;

оценка «отлично (8)» выставляется студенту, показавшему систематизированные, знания учебной программы дисциплины при ответе экзаменационного билета и ответе на вопросы по программе дисциплины, а также по результатам контрольных работ;

оценка «хорошо (7)» выставляется студенту по результатам контрольных работ, если он твердо знает материал экзаменационного билета, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности;

оценка «хорошо (6)» выставляется студенту по результатам контрольных работ, если он знает материал экзаменационного билета, по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе много неточностей;

оценка «хорошо (5)» выставляется студенту по результатам контрольных работ, если он знает материал экзаменационного билета, излагает его, умеет применять полученные знания на практике, не допускает в ответе грубых ошибок;

оценка «удовлетворительно (4)» выставляется студенту по результатам контрольных работ, а также, если во время ответа экзаменационного билета он показал фрагментарный, характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, но при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения;

оценка «удовлетворительно (3)» выставляется студенту по результатам контрольных работ, а также, если во время ответа экзаменационного билета он показал разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушение логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации;

оценка «неудовлетворительно (2-1)» выставляется студенту по результатам контрольных работ, а также, если во время ответа экзаменационного билета, он показал что не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и не умеет использовать полученные знания при решении типовых практических задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

При проведении устного экзамена обучающемуся предоставляется до 40 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном экзамене не должен превышать один астрономический час.

Преподавателю предоставляется право, помимо теоретических вопросов студентам дополнительные вопросы, уточняющие понимание содержания курса.

Во время проведения экзамена при подготовке ответов на билеты, обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, конспектами лекций и любой другой литературой.

Во время проведения экзамена при ответе обучающегося на вопросы по билету или по программе дисциплины, он не может пользоваться конспектами лекций и любой другой литературой.