

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук
(ИПМех РАН)

«Утверждаю»
Директор ИПМех РАН
д.ф.-м.н.
С.Е. Якуш

«28» сентября 2018 г.

Рабочая программа учебной дисциплины (РПУД)
Аэрофизика и радиационная газовая динамика

Направление подготовки 01.06.01 Математика и механика
Специальность 01.02.05 Механика жидкости, газа и плазмы

Форма подготовки (очная)
Отдел аспирантуры ИПМех РАН

Всего 144 часов, всего зачетных единиц – 4
Аудиторных часов – 36, в том числе:
лекции – 36 часов
Самостоятельная работа – 108 часов

Рабочая программа составлена в соответствии с Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации (Минобрнауки России) от 30 июля 2014 г. № 866 "Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 01.06.01 Математика и механика (уровень подготовки кадров высшей квалификации)".

Составитель: зам. директора, д.ф.-м.н. Якуш С.Е.

Заведующий отделом аспирантуры: Щелчкова И.Н.

АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Аэрофизика и радиационная газовая динамика» предназначена для аспирантов, обучающихся по специальности 01.02.05 Механика жидкости, газа и плазмы, и входит в вариативную часть учебного плана.

При разработке рабочей программы учебной дисциплины использованы Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 01.06.01 Математика и механика, учебный план подготовки аспирантов по специальности 01.02.05 Механика жидкости, газа и плазмы.

Цель - изучение физических основ теории переноса теплового излучения, основанных на подходах квазиклассической и квантовой теории.

Задачи:

1. Освоение студентами базовых знаний в области теории переноса теплового излучения;
2. Приобретение теоретических знаний в области теории переноса селективного теплового излучения;
3. Изучение способов получения уравнения переноса теплового излучения и методах его решения.

Компетенции выпускника, формируемые в результате изучения дисциплины

Универсальные компетенции:

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.

УК -3 Готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач.

Общепрофессиональные компетенции:

ОПК - 1 Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий;

ОПК - 2 Готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования;

Профессиональные компетенции:

ПК – 1 Способность применять в своей профессиональной деятельности знания, полученные в области физических и математических дисциплин, включая дисциплины: общая физика, теоретическая физика, электродинамика, квантовая механика, статистическая физика, высшая математика;

ПК - 2 Способность применять различные методы физических исследований в избранной предметной области: методы теоретической физики, вычислительные методы, методы математического и компьютерного моделирования объектов и процессов;

ПК - 3 Способность понимать сущность задач, поставленных в ходе профессиональной деятельности, использовать соответствующий физико-математический аппарат для их описания и решения;

ПК - 4 Способность использовать знания в области физических и математических дисциплин для дальнейшего освоения дисциплин в соответствии с профилем подготовки;

ПК - 5 Способность работать с современным программным обеспечением, приборами и установками в избранной области.

ПК - 6 Способность представлять результаты собственной деятельности с использованием современных средств, ориентируясь на потребности аудитории, в том числе в форме отчетов, презентаций, докладов.

ПК - 7 Готовность работать на компьютерах и суперкомпьютерах, с исследовательским оборудованием, приборами и установками в избранной предметной области.

Требования к уровню усвоения содержания дисциплины.

Аспиранты должны приобрести следующие знания и умения:

знать:

- фундаментальные понятия, законы, теории классической и современной физики;
- порядки численных величин, характерные для различных разделов физики;
- современные проблемы физики, химии, математики;
- методы физической механики, разработанные на базе квазиклассических и квантовых представлений;
- математический аппарат теории переноса теплового излучения;

уметь:

- абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;
- пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач и технологических задач;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- использовать свои знания для решения фундаментальных и прикладных задач и технологических задач, включающих процессы горения и взрыва;
- производить численные оценки по порядку величины;
- делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
- осваивать новые предметные области, теоретические подходы и методы компьютерной физики;
- получать наилучшие значения измеряемых величин и правильно оценить степень их достоверности;
- работать на современных компьютерах и суперкомпьютерах;
- эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов;

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;
- культурой постановки и моделирования физических задач;
- навыками грамотной обработки результатов численного моделирования и сопоставления с теоретическими данными;
- практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач.

СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (36 час.)**МОДУЛЬ 1. Физические основы теории радиационных процессов (8 час.)****Тема 1. Спектры электромагнитного излучения и классификация уровней энергии атомов и молекул. (2 час.)**

Классификация спектров электромагнитного излучения. Классификация уровней энергии атомов и молекул, Классификация радиационных переходов в газах и плазме.

Тема 2. Вероятности квантовых переходов и правила отбора в дипольном приближении. Время жизни возбужденных состояний. Сила осциллятора. Коэффициенты Эйнштейна. Естественная ширина уровней энергии и спектральных линий. (4 час.)

Введение понятий вероятностей квантовых переходов. Формулировка правил отбора в дипольном приближении. Определение понятия времени жизни возбужденных состояний. Вывод формулы для силы осциллятора. Введение коэффициентов Эйнштейна. Получение формулы для естественной ширины уровней энергии и спектральных линий.

Тема 3. Мощность испускания и поглощения. Заселенности квантовых уровней. Коэффициент поглощения. Неравновесные спектры испускания и их интенсивности. Контуры спектральных линий. Уширение спектральных линий. (4 час.)

Получение соотношений для мощности испускания и поглощения. Формулировка кинетических уравнений для заселенности квантовых уровней. Получе-

ние обобщенной формулы для коэффициента поглощения. Введение понятий неравновесных спектров испускания и их интенсивности. Классификация контуров спектральных линий. Разные типы уширения спектральных линий.

Тема 4. Виды движения в молекулах и типы молекулярных спектров.(4 час.)

Связь квазиклассических и квантовых представлений при описании видов движения в молекулах. Классификация типов молекулярных спектров.

МОДУЛЬ 2. Основные характеристики теории переноса теплового излучения. (8 час.)

Тема 1. Спектральная интенсивность излучения и моменты спектральной интенсивности. (2 час.)

Определение понятия спектральной интенсивности излучения. Физический смысл моментов спектральной интенсивности.

Тема 2. Коэффициенты поглощения, испускания и рассеяния. (2 час.)

Феноменологическое определение коэффициентов поглощения, испускания и рассеяния.

Тема 3. Коэффициенты Эйнштейна. (2 час.)

Определение коэффициентов Эйнштейна. Связь коэффициентов поглощения и испускания с коэффициентами Эйнштейна.

Тема 4. Фундаментальные законы теплового излучения. (2 час.)

Формулировка законов Планка, Кирхгофа, Ламберта, Бугера.

Тема 5. Приближение локального термодинамического равновесия. (2 час.)

Определение принципа детального равновесия. Приближение локального термодинамического равновесия.

Тема 6. Уравнение переноса селективного теплового излучения. (2 час.)

Вывод уравнения переноса селективного теплового излучения.

МОДУЛЬ 3. Методы решения уравнения переноса теплового излучения. (8 час.)

Тема 1. Классификация методов решения уравнения переноса. (2 час.)

Классификация методов решения уравнения переноса.

Тема 2. Методы интегрирования уравнения переноса по угловым переменным. (2 час.)

Простейшие методы. Модель плоского слоя, Метод Шварцшильда-Шустера, диффузионное приближение, метод Эддингтона.

Тема 3. Методы сферических гармоник. (2 час.)

Методы сферических гармоник. Граничные условия Марка и Маршака.

Тема 4. Методы дискретных ординат и дискретных направлений. (2 час.)

Методы дискретных ординат и дискретных направлений.

Тема 5. Проблемы и методы интегрирования уравнения переноса излучения по спектру. (2 час.)

Проблемы и методы интегрирования уравнения переноса излучения по спектру.

Тема 6. Методы стохастического моделирования. (2 час.)

Методы стохастического моделирования.

КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

Вопросы к экзамену

1. Спектры электромагнитного излучения.
2. Классификация уровней энергии атомов и молекул.
3. Классификация радиационных переходов в газах и плазме.
4. Вероятности квантовых переходов
5. Правила отбора в дипольном приближении.
6. Время жизни возбужденных состояний.
7. Сила осциллятора.
8. Коэффициенты Эйнштейна.
9. Естественная ширина уровней энергии и спектральных линий.
10. Мощности испускания и поглощения.
11. Заселенности квантовых уровней.
12. Коэффициент поглощения.

13. Неравновесные спектры испускания и их интенсивности.
14. Контурные спектральных линий.
15. Уширение спектральных линий.
16. Виды движения в молекулах и типы молекулярных спектров.
17. Основные характеристики теории переноса теплового излучения.
18. Спектральная интенсивность излучения
19. Моменты спектральной интенсивности.
20. Феноменологическое определение коэффициентов поглощения, испускания и рассеяния.
21. Связь коэффициентов поглощения с коэффициентами Эйнштейна.
22. Фундаментальные законы теплового излучения.
23. Закон Планка
24. Закон Кирхгофа
25. Закон Ламберта
26. Закон Бугера.
27. Принцип детального равновесия.
28. Приближение локального термодинамического равновесия.
29. Уравнение переноса селективного теплового излучения.
30. Классификация методов решения уравнения переноса.
31. Приближения предельных оптических толщин.
32. Методы интегрирования уравнения переноса по угловым переменным. Модель плоского слоя.
33. Методы интегрирования уравнения переноса по угловым переменным. Метод Шварцшильда-Шустера.
34. Методы интегрирования уравнения переноса по угловым переменным. Диффузионное приближение.
35. Методы интегрирования уравнения переноса по угловым переменным. Метод Эддингтона.
36. Методы сферических гармоник.
37. Граничные условия Марка и Маршака.

38. Методы дискретных ординат.

39. Методы дискретных направлений.

40. Проблемы и методы интегрирования уравнения переноса излучения по спектру.

41. Проблемы интегрирования уравнения переноса излучения по спектру.

42. Методы интегрирования уравнения переноса излучения по спектру.

43. Методы стохастического моделирования.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

(печатные и электронные издания)

1. Ельяшевич М.А. Общие вопросы спектроскопии. М.: КомКнига, 2006, 240 с.
2. Ельяшевич М.А. Молекулярная спектроскопия. М.: КомКнига, 2006, 528 с.
3. Суржиков С.Т. Тепловое излучение газов и плазмы. М.: ИПМех - МГТУ. 2004. 545 с.