Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ АСТРОНОМИИ

УТВЕРЖДАЮ
Декан физического факультета
МГУ
_____/ Н.Н. Сысоев /
«___» _____20 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

НЕСТАЦИОНАРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ПЛАЗМЫ

Уровень высшего образования:
Специалитет

Направление подготовки:

03.05.01 Астрономия

Направленность (профиль) ОПОП:

Общая специальность

Квалификация «Специалист»

Форма обучения: Очная форма обучения

Рабочая программа рассмотрена и одобрена

Ученым советом физического факультета МГУ

(протокол №_____,)

Москва 20___

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по специальности 03.05.01 Астрономия.

Год (годы) приема на обучение_____

Авторы–составители:
К.ф.-м.н. ассистент Белова Оксана Михайловна

Заведующий кафедрой
Д.ф.-м.н. профессор Расторгуев Алексей Сергеевич

Аннотация к рабочей программе дисциплины
«Нестационарное излучение космической плазмы»

В рамках специального курса «Нестационарное излучение космической плазмы» излагаются вопросы, касающиеся формирования излучения небесных тел. На лекциях студенты знакомятся с основными процессами, определяющими состояние космической плазмы, представлениями о высвечивании ударных волн в атмосферах звёзд и межзвёздной среды. Курс сопровождается семинарскими занятиями, на которых студенты получают практические навыки по расчёту скоростей реакций, оценки состояния газа.

Разделы рабочей программы

1. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОПОП ВО).
2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (при наличии)
3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с формируемыми компетенциями
4. Форма обучения.
5. Язык обучения.
6. Содержание дисциплины.
7. Объем дисциплины
8. Структурированное по темам (разделам) содержание дисциплины (модуля) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий
9. Текущий контроль и промежуточная аттестация.
10. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).
11. Шкала оценивания.
12. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.
13. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.
14. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Нестационарное излучение космической плазмы» реализуется на 4-ом курсе в 7-ом семестре и является составной частью профессионального блока вариативной части.

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

Дисциплины и практики, которые должны быть освоены до начала освоения данной дисциплины:

- дисциплины «Математический анализ», «Дифференциальные уравнения» из блока Б–ОМК базовой части ООП ВПО;
- дисциплины «Курс общей физики» из блока Б–ПРОФ базовой части ООП ВПО;
- дисциплины «Общая астрономия», «Галактическая астрономия», «Общая астрофизика» из модуля «Астрономия» из блока Б–ПРОФ базовой части ООП ВПО.

Компетенции, необходимые для освоения дисциплины: УК-1.С, ОПК–1.С, ОПК–2.С.

3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с формируемыми компетенциями

В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы:

Формируемые компетенции (код компетенции)	**Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)**
ПК-1.С	***З-1 Знать:*** основные процессы, ответственные за состояние космической плазмы ***У-1Уметь:*** строить теоретические модели, используя критический анализ данных ***В-1 Владеть:*** методами теоретического исследования явлений и процессов в космической плазме

1. **Форма обучения:** очная.

2. **Язык обучения:** русский.

3. **Содержание дисциплины**

Тема 1. Термодинамика.
Понятие полного термодинамического равновесия. Формула Планка. Диаграмма (U–B)–(B–V). Распределение Максвелла. Формула Больцмана. Бальмеровский декремент. Формула Саха. Спектральная классификация. Частичное термодинамическое равновесие. Модель фотосферы и обращающего слоя. Гипотеза ЛТР.

Тема 2. Неравновесные стационарные процессы.
Сечения реакций, скорости процессов, коэффициенты излучения и поглощения. Связь между сечениями взаимообратных процессов. Закон Кирхгофа. Форма закона Кирхгофа для случаев свободно–связанных и свободно–свободных переходов. Корональный предел. Формула

Эльверта. Зоны Стрёмгрена. Бальмеровский декремент ионизованного водорода. Определение температуры и электронной плотности по относительным интенсивностям небулярных линий. Дельта–электроны. Вспышки звёзд, космические лучи в межзвёздной среде, области нейтрального водорода в Галактике.

Тема 3. Нестационарные процессы.
Время релаксации. Масштабы: фотоионизация, фоторекомбинация, ударная ионизация и ударное возбуждение. Время рекомбинации донора и не донора электронов, реликтовые зоны ионизации водорода. Двухтемпературная плазма, время обмена. Квазистационарные процессы как следствие большого различия в масштабах.

Тема 4. Ударные волны.
Понятие об ударной волне. Ударная адиабата. Ударная волна в газе с постоянной теплоёмкостью. Приближение сильной ударной волны. Толщина фронта ударной волны. Головная ударная волна солнечного ветра. Магнитогидродинамические разрывы. Ударные волны в сильном поле излучения. Приближение лучистой теплопроводности. Вспышки сверхновых. Ионизационные разрывы. Газовые туманности. Автомодельные движения. Статистика остатков вспышек сверхновых. Высвечивание прозрачной чисто водородной частично ионизованной плазмы. Спектры излучения остатков сверхновых. Приближение Бибермана–Холстейна и приближение Соболева для вероятности выхода кванта. Приложение к излучению ядер активных галактик и ветра горячих звёзд. Высвечивание плазмы, непрозрачной в спектральных линиях. Пульсирующие переменные и вспышки красных карликовых звёзд.

7. Объем дисциплины

НАЗВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	Трудоемкость в зачетных единицах	объем учебной нагрузки в ак. часах				
		Общая трудоемкость	в том числе ауд. занятий			Самостоятельная работа студентов
			Общая аудиторная нагрузка	Лекций	Семинаров	
Нестационарное излучение космической плазмы	3	108	72	36	36	36

8. Структурированное по темам (разделам) содержание дисциплины (модуля) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

Изучение курса «Нестационарное излучение космической плазмы» включает в себя лекции, на которых рассматривается теоретическое содержание курса; семинарские занятия, предусматривающие углубленное изучение и обсуждение вопросов, обозначенных в темах дисциплины; самостоятельную работу, заключающуюся в подготовке к лекционным и семинарским занятиям. Темы, рассматриваемые на лекциях и изучаемые самостоятельно, закрепляются на семинарских занятиях, по вопросам, вызывающим затруднения, проводятся консультации.

№ темы	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, часы					Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
		Всего часов	Лекции	Научно-практические занятия	Семинары	Самостоятельная работа	
1	Термодинамика	**10**	**4**	**-**	**4**	**2**	Собеседование, опрос
2	Неравновесные стационарные процессы	**28**	**10**	**-**	**10**	**8**	
3	Нестационарные процессы	**22**	**8**	**-**	**8**	**6**	
4	Ударные волны	**42**	**14**	**-**	**14**	**14**	
	Промежуточная аттестация	**6**				**6**	Экзамен в устной форме
ИТОГО:		**108**	**36**	**-**	**36**	**36**	

9. Текущий контроль и промежуточная аттестация.

Текущий контроль по дисциплине «Нестационарное излучение космической плазмы» осуществляется на лекциях и семинарских занятиях и заключается в оценке активности и качества участия в опросах и собеседованиях по проблемам, изучаемых в рамках тем лекционных занятий, аргументированности позиции; оценивается широта используемых теоретических знаний.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Нестационарное излучение космической плазмы» проводится в седьмом семестре в форме устного экзамена.

Результаты сдачи экзамена оцениваются по шкале «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично». Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

10. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).

Требования к структуре и содержанию фонда оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Перечень оценочных средств, применяемых на каждом этапе проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине, представлены в таблице

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
Оценочные средства текущего контроля		
Тематический опрос (в форме ответов на вопросы)	Средство контроля, организованное как специальная беседа по тематике предыдущей лекции и рассчитанное на выяснение объема и качества знаний, усвоенных обучающимися по определенному разделу, теме, проблеме.	Перечень тем, изучаемых в рамках дисциплины
Собеседование (в форме беседы, дискуссии по теме)	Средство контроля, организованное как свободная беседа, дискуссия по тематике изучаемой дисциплины, рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по всем изученным разделам, темам; свободного использования терминологии для аргументированного выражения собственной позиции.	Перечень тем, изучаемых в рамках дисциплины
Оценочные средства промежуточной аттестации		
Устный экзамен	Средство, позволяющее оценить сформированность систематических представлений о методах научно-исследовательской деятельности.	Перечень вопросов к экзамену

11. Шкала оценивания.

Планируемые результаты обучения	**Критерии оценивания результатов обучения**			
	2	**3**	**4**	**5**
ЗНАТЬ: основные процессы, ответственные за состояние космической плазмы ПК-1.С	Отсутствие знаний основных процессов, ответственных за состояние космической плазмы	В целом успешные, но не систематические знания основных процессов, ответственных за состояние космической плазмы	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знания основных процессов, ответственных за состояние космической плазмы	Успешные и систематические знания основных процессов, ответственных за состояние космической плазмы
УМЕТЬ: строить теоретические модели, используя	Отсутствие умения строить теоретические модели механики,	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные	Успешное и систематическое умение строить теоретические модели

критически анализ данных ПК-1.С	используя критически анализ данных	строить теоретические модели механики, используя критически анализ данных	пробелы умение строить теоретические модели механики, используя критически анализ данных	механики, используя критически анализ данных
ВЛАДЕТЬ: методами теоретического исследования явлений и процессов в космической плазме ПК-1.С	Отсутствие/фрагментарное владение методами теоретического исследования явлений и процессов в космической плазме	В целом успешное, но не систематическое методами теоретического исследования явлений и процессов в космической плазме	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение методами теоретического исследования явлений и процессов в космической плазме	Успешное и систематическое владение методами теоретического исследования явлений и процессов в космической плазме

12. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.

Материалы текущего контроля успеваемости обучающихся

Пример: Определить температуру, при которой тормозное излучение водородной плазмы доминирует над рекомбинационным.

13. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.

Полный перечень вопросов к экзамену.

1. Понятие полного термодинамического равновесия.
2. Определение частичного термодинамического равновесия. Спектральная классификация.
3. Процессы, отвечающие за состояние атомно–ионной плазмы. Сечения и скорости реакций.
4. Коэффициенты излучения и поглощения. Закон Кирхгофа.
5. Корональный предел. Формула Эльверта. Зоны Стрёмгрена.
6. Бальмеровский декремент ионизованного водорода.
7. Дельта–электроны.
8. Небулярные линии. Определение параметров зон ионизованного водорода.

9. Нестационарность. Время релаксации. Масштабы времён процессов: фотоионизация, фоторекомбинация, ударная ионизация и ударное возбуждение.
10. Время рекомбинации донора и не донора электронов. Реликтовые зоны ионизации водорода.
11. Двухтемпературная плазма. Время обмена энергией между компонентами.
12. Квазистационарные процессы как следствие большого различия в масштабах.
13. Ударная адиабата. Ударная волна в газе с постоянной теплоёмкостью. Толщина фронта ударной волны. Магнитогидродинамические разрывы.
14. Ударные волны в сильном поле излучения. Приближение лучистой теплопроводности.
15. Ионизационные разрывы.
16. Автомодельные движения.
17. Высвечивание прозрачной чисто водородной частично ионизованной плазмы.
18. Приближение Бибермана–Холстейна и приближение Соболева для вероятности выхода кванта. Высвечивание плазмы, непрозрачной в спектральных линиях.

14. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы

Основная литература:

1. Я.Б. Зельдович, Ю.Л. Райзер. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. «Наука», 1966, 686 с.
2. В.Г. Горбацкий. Космическая газодинамика. «Наука». 1977, 360 с.
3. С.А. Каплан, С.Б, Пикельнер. Физика межзвёздной среды. «Наука», 1979, 591 с.
4. Н.Г.Бочкарёв. Основы физики межзвёздной среды. Изд-во Московского Университета, 1992, 352 с.
5. А. Унзольд. Физика звёздных атмосфер. ИЛ, 1949, 630 с.
6. Л. Аллер Астрофизика. Атмосферы Солнца и звёзд. ИЛ, 1955, 455 с.
7. С.Б. Пикельнер. Основы космической электродинамики Физматлит, 1961, 296 с.
8. Л. Спитцер. Физика полностью ионизованного газа. ИЛ. 1957, 110 с.

Материально-техническое обеспечение

В соответствии с требованиями п. 5.3. образовательного стандарта МГУ по направлению подготовки «Физика».

Курс может быть прочитан в поточной аудитории при наличии: работающих электрических розеток, компьютера, проектора, экрана, учебной доски.