

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
ФИЛИАЛ МГУ В Г. ДУБНЕ

УТВЕРЖДАЮ
И.о. директора
филиала МГУ в г.Дубне
/ Э.Э. Боос /
«01» сентября 2024 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:
Введение в ядерную астрофизику

Уровень высшего образования:
Магистратура

Направление подготовки:
03.04.02 Физика

Направленность (профиль) ОПОП:
Фундаментальная и прикладная ядерная физика

Форма обучения: Очная форма обучения

Дубна 2024 г.

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки программы магистратуры 03.04.02 «Физика».

Год (годы) приема на обучение _____

Авторы–составители:

1. кандидат физико-математических наук, Кондратьев Владимир Николаевич, почасовик МГУ

Руководитель магистерской программы:

Доктор физ.-мат. наук, академик РАН Г.В. Трубников, по совместительству заведующий кафедрой физического факультета МГУ

Аннотация к рабочей программе дисциплины

Задачами данного курса являются: формирование базовых знаний в области теоретической ядерной физики и астрофизики; обучение студентов современным методам теоретического описания различных процессов сильного взаимодействия и навыкам решения сопутствующих задач; формирование подходов к выполнению студентами исследований в области теоретической ядерной физики и астрофизики в рамках итоговой аттестации. Рассматриваются физические основы теории, механизмы и модели описания ядерных реакций и нуклеосинтеза. Целями дисциплины является изучение студентами основных процессов и возможных сценариев образования атомных ядер (т.е. химических элементов), наблюдаемых в видимой части Вселенной, модели звезд и основных направлений лабораторных исследования по синтезу новых элементов и изотопов.

1. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина реализуется на 1-ом курсе во 2-ом семестре и входит в состав вариативной части, является обязательной дисциплиной.

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

Курсы математического анализа, линейной алгебры и дифференциальных уравнений, методов математической физики, разделы оптика и атомная физика из курса общей физики, электродинамика, термодинамика и статистическая физика, квантовая механика из курса теоретической физики, физика атомного ядра и частиц, молекулярная физика в объеме классических университетских курсов.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников

В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы:

| Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю) | |
|--|---|
| ОПК-1 | <p>Знать основные законы, научные концепции и методы исследований в области современной ядерной физики</p> <p>Уметь применять на практике результаты актуальных научных исследований в области современной ядерной физики</p> <p>Владеть навыками применения современных научных принципов и методов исследования в области ядерной физики для решения профессиональных задач</p> |
| МПК-1 | <p>Знать основные разделы и направления в области фундаментальной и прикладной ядерной физики в приложении к астрофизике.</p> <p>Уметь структурировать явления фундаментальной и прикладной ядерной физики в приложении к астрофизике, создавать или подбирать физическую модель для их описания.</p> |

Владеть методами оценки границы применимости физических моделей в ядерной астрофизике, определять их недостатки и несоответствия.

4. Объем дисциплины (модуля) составляет 3 з.е., в том числе: 34 академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 74 академических часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся.

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

| № темы | | Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, часы | | | | | Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации |
|---------------|--|---|-----------|-----------|---|------------------------|---|
| | | Всего часов | Лекции | Семинары | Учебно-практические занятия (лабораторные или практические занятия) | Самостоятельная работа | |
| 1 | Введение | 12 | 4 | 4 | | 4 | ДЗ |
| 2 | Основные положения ядерной астрофизики | 14 | 4 | 4 | | 6 | КР |
| 3 | Нуклеосинтез в звездах и солнечная модель | 16 | 6 | 6 | | 4 | ДЗ |
| 4 | Нуклеосинтез в сверхновых | 15 | 6 | 6 | | 3 | ДЗ |
| 5 | Управляемые термоядерные реакции | 16 | 6 | 6 | | 4 | ДЗ |
| 6 | Синтез сверхтяжелых элементов | 15 | 4 | 4 | | 7 | ДЗ |
| 7 | Получение экзотических ядер и реакции с ними | 14 | 4 | 4 | | 6 | ДЗ |
| | Промежуточная аттестация | 6 | | | | 6 | экзамен |
| ИТОГО: | | 108 | 34 | 34 | | 40 | |

ДЗ- домашнее задание, Оп- опрос, КР- контрольная работа, Т- тестирование

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

6.1. Типовые задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения:

| № | Тема задания |
|-----|--|
| Д1 | Эволюция Вселенной, начиная с первовзрыва. |
| Д2 | Расширение Вселенной, темная материя. |
| Д3 | Эволюция звезд различной массы. |
| Д4 | Оценка времени жизни Солнца. |
| Д5 | Сценарий взрыва сверхновой. |
| Д6 | Методы определения распространенности элементов в природе. |
| Д7 | Управляемый термоядерный синтез, методы решения проблемы. |
| Д8 | Принцип работы и история развития ТОКОМАКов. |
| Д9 | История синтеза тяжелых и сверхтяжелых элементов. |
| Д10 | Методы получения экзотических ядер. |

Контрольные работы

1. Эволюция Вселенной, начиная с первовзрыва.
2. Расширение Вселенной, темная материя.
3. Эволюция звезд различной массы.
4. Оценка времени жизни Солнца.
5. Сценарий взрыва сверхновой.
6. Методы определения распространенности элементов в природе.
7. Управляемый термоядерный синтез, методы решения проблемы.
8. Принцип работы и история развития ТОКОМАКов.
9. История синтеза тяжелых и сверхтяжелых элементов.
10. Методы получения экзотических ядер.

Вопросы к экзамену:

1. Карта ядер, границы стабильности. Распространенность элементов в природе.
2. Характеристики основных термоядерных процессов. Горячая плазма и критерий Лоусона.
3. Модель «большого взрыва». Возможные реакции нуклеосинтеза и их основные характеристики.
4. Гравитационный, инерционный, магнитный, пузырьковый и мюонный термоядерный синтез. Принципиальная схема ТОКАМАКа.
5. Расширение Вселенной. Соотношение гелия и водорода в природе и нуклеосинтез «большого взрыва».
6. Основные исторические этапы лабораторного синтеза тяжелых элементов. Остров стабильности.
7. Образование звезд, их систематика. Эволюция звезд и взрыв сверхновых. Образование тяжелых элементов в природе.
8. Постановка эксперимента по синтезу сверхтяжелых элементов.
9. Термоядерные реакции, общие положения. Астрофизический S-фактор. Гамовский пик.
10. «Холодные» и «горячие» реакции слияния. Сечение выхода испарительных остатков.
11. Скорость термоядерных реакций, резонансные реакции, примеры.

12. Конкуренция слияния и квазиделения в реакциях слияния тяжелых ядер. Конкуренция деления и испарения легких частиц из составного ядра.
13. Стандартная солнечная модель. Основной процесс сгорания водорода. Солнечные нейтрино, проблемы.
14. Последние экспериментальные результаты по синтезу сверхтяжелых элементов. Дальнейшие перспективы синтеза сверхтяжелых элементов.
15. CNO-цикл сгорания водорода. Сгорание гелия, углерода и других ядер.
16. гр-процесс. Гамма-процесс.
17. Завершение звездного цикла, красные гиганты и сверхновые. s-процесс.
18. Извлечение ядерных астрофизических S-факторов в лабораторных опытах.
19. r-процесс и образование тяжелых элементов в сверхновых.
20. Получение пучков радиоактивных ядер, сепарация, эксперименты.

6.2. Шкала и критерии оценивания

| Результат освоения дисциплины | Критерии оценивания знаний, умений и навыков | | | |
|-------------------------------|--|---|---|--|
| | 2/ не зачтено | 3/ зачтено | 4/ зачтено | 5/ зачтено |
| Знания | Отсутствие знаний | В целом успешные, но не систематические знания | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знания | Успешные и систематические знания |
| Умения | Отсутствие умения применять знания фундаментальных и актуальных проблем. | В целом успешное, но не систематическое умение применять знания | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение применять знания | Успешное и систематическое умение применять знания |
| Навыки | Отсутствие/фрагментарные навыки в решении задач | В целом успешные, но не систематические навыки в решении задач | В целом успешные, но содержащее отдельные пробелы навыки в решении задач | Успешные и систематические навыки в решении задач |

7. Ресурсное обеспечение

Основная литература

1. Ишханов Б.С. Частицы и атомные ядра: Учебник для вузов / Ишханов Борис Саркисович, Капитонов Игорь Михайлович, Юдин Николай Прокофьевич. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Издательство ЛКИ, 2007. - 584с.

Дополнительная литература

1. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: Учебник для вузов: В 2 кн. Кн.1 : Физика атомного ядра. Ч.1. Свойства нуклонов, ядер и радиоактивных излучений / Мухин Константин Никифорович. - 5-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1993. - 376с.
2. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: Учебник для вузов: В 2 кн. Кн.2 : Физика элементарных частиц / Мухин Константин Никифорович. - 5-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1993. - 408с.
3. Шкловский, И. Звезды: их рождение, жизнь и смерть / И. Шкловский. - Новгород : Наука, 1984. - 306 с. [Электронный ресурс - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=44304> (29.06.2016)].
4. Ишханов Б.С., Нуклеосинтез во Вселенной : Учебное пособие для студентов вузов / Б. С. Ишханов, И. М. Капитонов, И. А. Тутынь; МГУ им.М.В.Ломоносова. Физический факультет. Кафедра общей ядерной физики; Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В.Скобельцына. - 3-е изд. - М. : Либроком, 2013. - 208с. - Лит.:с.201

При реализации дисциплины может быть использовано следующее программное обеспечение:

- ЭБС Университетская библиотека онлайн
- ЭБС Znanium.com
- Национальная электронная библиотека
- Электронная библиотека диссертаций РГБ

Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

- Elibrary.ru. Научная электронная библиотека (РУНЭБ)
- Google Scholar
- ArXiv.org
- Math-Net.Ru
- <http://jinr.ru> –Объединенный институт ядерных исследований
- <http://inspirehep.net/>
- <https://www.wolframalpha.com/> - база знаний и набор вычислительных алгоритмов
- <https://home.cern/> - European Organization for Nuclear Research
- <https://postnauka.ru/courses>
- <http://pdg.lbl.gov/> - Particle Data Group

Материально-техническое обеспечение:

В соответствии с требованиями п. 5.3. образовательного стандарта МГУ по направлению подготовки 03.04.02 «Физика», курс может быть прочитан в обычной аудитории при наличии: работающих электрических розеток, компьютера, проектора, экрана, учебной доски.

8. Язык преподавания: русский