

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора Института по научной работе

С.В. Лебедев

02 2015 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ГАММА-АСТРОНОМИЯ**

основной образовательной программы подготовки
научно-педагогических кадров в аспирантуре
по направлению 03.06.01 Физика и астрономия

Профиль:

01.03.02 Астрофизика и звездная астрономия

Квалификация: Исследователь. Преподаватель-исследователь.

Принято Ученым советом

Протокол №1 от 20 февраля 2015 г.

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

И.И.И.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями учебной дисциплины являются:

- создание у аспирантов комплекса знаний о фундаментальных физических процессах в космических источниках с экстремальным выделением энергии и сверхсильными магнитными полями, экспериментальных методах их исследования и специфике детектирования высокоэнергичного излучения;
- формирование представлений о природе и наблюдаемых особенностях космических источников высокоэнергичного излучения, физических процессов в экстремальных условиях недостижимых в наземных лабораториях, формах и механизмах конверсии энергии релятивистских течений в окрестности компактных гравитирующих объектов (черных дыр и замагниченных нейтронных звезд) в наблюдаемое гамма-излучение;
- ознакомление аспирантов с последними достижениями в астрофизике высоких энергий и в физике фундаментальных процессов.

Для достижения задач, поставленных при изучении дисциплины, используется набор методических средств: учебная, учебно-методическая литература, информационные ресурсы библиотеки, электронные курсы и др.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Рассматриваемая дисциплина является вариативной в ООП подготовки аспирантов, обучающихся по профилю 01.03.02 «Астрофизика и звёздная астрономия».

При ее изучении используются знания и навыки, полученные аспирантами при изучении курсов общей и теоретической физики и предшествующих курсов специальных дисциплин. Методической основой изучения дисциплины являются курсы теоретической физики, экспериментальной физики и общей астрофизики.

Актуальность изучения дисциплины определяется важной ролью астрофизики и космических исследований в современной науке и технике, необходимостью комплекса знаний и умений, приобретаемых в ходе изучения курса, для практических применений. Тематика курса соответствует приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники Российской Федерации: «Информационно-телекоммуникационные системы».

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины « Гамма-астрономия» направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ООП по направлению подготовки «Физика и астрономия»:

3.1. Универсальные компетенции:

- 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-1).

3.2. Общепрофессиональные компетенции:

- способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1).

3.3. Профессиональные компетенции:

- способность планировать, организовывать работу по проектам, требующим знания астрофизики и звездной астрономии (ПК-1);

- способность к теоретическому расчету необходимых астрофизических и астрономических величин (ПК-2);

- способность к разработке математических моделей, определяющих изучаемые процессы в астрофизике и звездной астрономии (ПК-3);

- способность получать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по теме исследования, выбирать и обосновывать методики и средства решения поставленных задач (ПК-4).

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Приводимая ниже таблица показывает распределение бюджета учебного времени, отводимого на освоение основных разделов курса согласно учебному плану 72 часа, 2 ЗЕ.

| Наименование разделов и тем | Грудоемкость | Объем работы | Всего учебных занятий (в часах) |
|-----------------------------|--------------|--------------|------------------------------------|
|-----------------------------|--------------|--------------|------------------------------------|

| | | | лекции | Лаб. / практ | самостоятельная работа | контроль |
|--|----------|-----------|-----------|--------------|------------------------|----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Раздел 1. Детектирование космического гамма излучения | | | | | | |
| Тема 1.1 Небо в гамма-лучах | | 10 | 5 | | 5 | |
| Тема 1.2. Детектирование гамма-излучения. Гамма-телескопы. | | 10 | 5 | | 5 | |
| Тема 1.3. Механизмы генерации гамма-излучения | | 10 | 5 | | 5 | |
| Тема 1.4 Взаимодействие гамма-излучения с веществом, распространение гамма-излучения | | 10 | 5 | | 5 | |
| Всего по разделу | | 40 | 20 | | 20 | |
| Раздел 2. Физика источников гамма излучения | | | | | | |
| Тема 2.1. Гамма-всплески и блазары | | 10 | 5 | | 5 | |
| Тема 2.2. Сверхновые звезды и пульсары | | 12 | 6 | | 6 | |
| Тема 2.3. Солнечные вспышки | | 10 | 5 | | 5 | |
| Всего по разделу | | 32 | 16 | | 16 | |
| Всего по дисциплине | 2 | 72 | 36 | | 36 | Зачет |

4.2. Содержание разделов и тем

Раздел 1. Детектирование космического гамма излучения

Тема 1.1. Небо в гамма лучах.

Обзор основных наблюдательных данных в историческом контексте с постановкой задач данного курса. История и перспективы развития гамма-астрономии в ФТИ им. Иоффе. Дискретные источники гамма-излучения и крупномасштабные протяженные гамма-источники - сверхкаверны и Ферми-сферы (Fermi-bubble). Гамма-излучение и фундаментальные физические проблемы: поиск темной материи и проверки моделей квантовой гравитации.

Тема 1.2. Детектирование гамма-излучения. Гамма-телескопы.

Взаимодействие гамма и рентгеновского излучения с веществом. Основные квантово-электродинамические процессы: фотоэффект, комптоновское рассеяние и образование электрон-позитронных пар фотоном в поле ядра. Принципы построения гамма-телескопов. Сцинтилляторы, комптоновские, пар-конверсионные, черенковские детекторы и их реализация в современных телескопах. Гамма-детекторы телескопов AGILE, Fermi, Swift, INTE-

GRAL, KONUS-Wind. Наземные детекторы космического гамма-излучения. Черенковские телескопы H.E.S.S., MAGIC, VERITAS проекты HAWK, CTA и ALEGRO.

Тема 1.3. Механизмы генерации гамма-излучения.

Излучение гамма-фотонов возбужденными ядрами. Источники неустойчивых ядер, связанные с процессами нуклеосинтеза в звездах: новые и сверхновые звезды. Механизмы возбуждения устойчивых ядер космическими лучами.

Ускорение релятивистских частиц в космических источниках. Неупругие взаимодействия релятивистских адронов и распад пионов. Тормозное, синхротронное и комптоновское излучение релятивистских электронов и позитронов. Механизмы излучения гамма-пульсаров.

Тема 1.4. Распространение гамма-излучения

Конверсия гамма-фотонов в электрон-позитронные пары при рассеянии на излучении в компактных источниках. Поглощение фотонов в сильных магнитных полях нейтронных звезд.

Раздел 2. Физика источников гамма излучения

Тема 2.1. Гамма-всплески и блазары

Открытие гамма-всплесков, их наблюдательные проявления, временные и спектральные характеристики. Классификация гамма-всплесков. Физические механизмы формирования излучения гамма-всплесков. Модели излучения джетов черных дыр звездных масс. Физические механизмы послесвечения. Космологические гамма-всплески.

Мощные источники гамма-излучения, связанные со сверхмассивными черными дырами в активных ядрах галактик. Сейфертовские галактики и блазары.

Тема 2.2. Сверхновые звезды и пульсары.

Механизмы вспышек сверхновых: коллапс ядра массивной звезды и физика термоядерных сверхновых типа Ia. Сверхновые звезды как источники энергии и химической эволюции газа в галактиках и скоплениях галактик. Гамма излучение сверхновых звезд: линии никеля и кобальта и их детектирование. Детектирование линий ^{44}Ti в остатках сверхновых Кассиопея А и SN 1987А. Ускорение релятивистских частиц в остатках сверхновых и

проюлема происхождения космических лучей. Механизм Ферми ускорения заряженных частиц бесстолкновительными ударными волнами в оболочках сверхновых. Гамма-излучение остатков сверхновых звезд.

Процессы формирования периодической компоненты гамма-излучения пульсаров. Процессы излучения в сверхсильных магнитных полях магнетаров.

Релятивистские ветры пульсаров и формирование пульсарных туманностей. Крабовидная туманность как источник гамма-излучения.

Тема 2.3. Гамма излучение Солнца и солнечные вспышки.

Гамма-излучение спокойного Солнца. Механизмы выделения энергии в солнечных вспышках. Процессы ускорения частиц и гамма излучение солнечных вспышек. Наблюдаемые спектры гамма-излучения Солнца. Излучение в гамма-линиях.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Технология процесса обучения по дисциплине «Гамма-астрономия» включает в себя следующие образовательные мероприятия:

- а) аудиторные занятия (лекционно-семинарская форма обучения) ;
- б) самостоятельная работа обучающихся;
- г) контрольные мероприятия в процессе обучения и по его окончанию.

В учебном процессе используются как активные, так и интерактивные формы проведения занятий: дискуссия, метод поиска быстрых решений в группе, мозговой штурм.

Аудиторные занятия проводятся в интерактивной форме с использованием мультимедийного обеспечения (ноутбук, проектор) и технологии проблемного обучения.

Презентации позволяют качественно иллюстрировать практические занятия схемами, формулами, чертежами, рисунками. Кроме того, презентации позволяют четко структурировать материал занятия.

Электронная презентация позволяет отобразить процессы в динамике, что позволяет улучшить восприятие материала.

Самостоятельная работа организована в соответствие с технологией проблемного обучения и предполагает следующие формы активности:

- самостоятельная проработка учебно-проблемных задач, выполняемая с привлечением основной и дополнительной литературы;
- поиск научно-технической информации в открытых источниках с целью анализа и выявления ключевых особенностей.

Основные аспекты применяемой технологии проблемного обучения:

- постановка проблемных задач отвечает целям освоения дисциплины «Гамма-астрономия» и формирует необходимые компетенции;
- решаемые проблемные задачи стимулируют познавательную деятельность и научно-исследовательскую активность аспирантов.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Цель контроля - получение информации о результатах обучения и степени их соответствия результатам обучения.

Комплект оценочных средств для текущего контроля

Текущий контроль успеваемости, т.е. проверка усвоения учебного материала, регулярно осуществляемая на протяжении семестра. Текущий контроль знаний аспирантов реализуется в виде выступлений на семинарах по индивидуальным домашним заданиям, проведением теоретических зачетов.

Перечень контрольных вопросов к зачету, позволяющих оценить качество усвоения учебного материала:

1. Механизмы генерации гамма-излучения: излучение в линиях возбужденных ядер, неупругие взаимодействия релятивистских адронов, излучение релятивистских электронов и позитронов (тормозное, синхротронное и комптоновское).
2. Взаимодействие гамма и рентгеновского излучения с веществом. Детекторы гамма-излучения.
3. Гамма-телескопы: комптоновские, пар-конверсионные, черенковские.
4. Дискретные галактические источники гамма-излучения: гамма-пульсары и магнетары.
5. Гамма-пульсары (модели). Дискретные галактические источники гамма-излучения: сверхновые и остатки сверхновых.
6. Дискретные галактические источники гамма-излучения: пульсарные туманности, двойные рентгеновские системы.

7. Дискретные внегалактические источники гамма-излучения: активные ядра галактик и блазары.
8. Дискретные внегалактические источники гамма-излучения: нормальные галактики, галактики с активным звездообразованием, скопления галактик.
9. Космические гамма-всплески.
10. Крупномасштабные протяженные гамма-источники сверхкаверны и Ферми-сферы (Fermi-bubble).
11. Внегалактический фон гамма-излучения.
12. Гамма-излучение и фундаментальные физические проблемы: поиск темной материи и проверки моделей квантовой гравитации.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Основная литература

1. Гинзбург В. Л. Теоретическая физика и астрофизика: Доп. главы. – М.: Наука, 1987
2. Хилльер Р. Гамма-астрономия. М.: Мир, 1987.

7.2. Дополнительная литература

1. Железняков В.В. Излучение в астрофизической плазме. М.: "Янус-К", 1997. - 528 с.

7.3. Интернет-ресурсы

Отечественные журналы:

1. Астрономический вестник (http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7665; доступ с 2007 по текущий год)
2. Астрономический журнал (http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7666; доступ с 2007 по текущий год)
3. Письма в астрономический журнал (http://elibrary.ru/title_about.asp?id=79414; доступ с 2007 по текущий год)
4. Геомагнетизм и астрономия (http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7765; доступ с 2007 по текущий год)
5. Исследование Земли из космоса (http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7842; доступ с 2007 по текущий год)
6. Космические исследования (http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7859; доступ с 2007 по текущий год)

7. Вестник МГУ. Часть 3. Физика, астрономия (<http://vmu.phys.msu.ru/toc/list>; доступ с 1985 по 2014)
8. Проблемы передачи информации (http://www.mathnet.ru/php/journal.shtml?jrnid=ppi&wshow=details&option_lang=rus; доступ с 1965 по 2012)
9. Земля и Вселенная (http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7808; доступ с 1965 по 2012)

Отечественные журналы в переводе:

1. Astronomy Reports (<http://link.springer.com/journal/11444>; доступ с 2000 по текущий год,
2. Astronomy Letters (<http://www.springerlink.com/content/119837/>; доступ с 2000 по текущий год)
3. Bulletin of the Crimean Astrophysical Observatory (<http://link.springer.com/journal/11989>; доступ с 2007 по текущий год)
4. Cosmic Research (<http://link.springer.com/journal/10604>; доступ с 2000 по текущий год)
5. Earth and Space Science (<http://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/agu/journal/10.1002/%28ISSN%292333-5084/>; доступ с 2014 по текущий год)
6. Geomagnetism and Aeronomy (<http://link.springer.com/journal/11478>; доступ с 2006 по текущий год)
7. Problems of Information Transmission (<http://link.springer.com/journal/11122>; доступ с 2001 по текущий год)
8. Solar System Research (<http://link.springer.com/journal/11208>; доступ с 2000 по текущий год)
9. Radiophysics and Quantum Electronics (<http://www.springer.com/astronomy/journal/11141>; доступ с 1965 по текущий год)

Международные журналы:

Gravitation and Cosmology (<http://link.springer.com/journal/12267>; доступ с 2008 по текущий год)

Иностранные журналы:

1. Astronomy and Astrophysics (<http://www.aanda.org/>; частичный свободный доступ к отдельным номерам журнала с 2001 по текущий год)
2. Astronomy and Astrophysics Review (<http://link.springer.com/journal/159>; доступ с 1989 по текущий год)
3. Astronomy & Geophysics (<http://astrogeo.oxfordjournals.org/>; доступ с 1997 по текущий год)
4. Astroparticle Physics (<http://www.sciencedirect.com/science/journal/09276505/23/1>; доступ с 2006 по текущий год)
5. Astrophysics (<http://link.springer.com/journal/10511>; доступ с 1965 по текущий год)
6. Astrophysics and Space Science (<http://link.springer.com/journal/10509>; доступ с 1968

по текущий год)

7. Classical and Quantum Gravity (<http://iopscience.iop.org/0264-9381/>; доступ с 1984 по текущий год)
8. Computational Astrophysics and Cosmology (<http://link.springer.com/journal/40668>; доступ с 2014 по текущий год)
9. Experimental Astronomy (<http://link.springer.com/journal/10686>; доступ с 1989 по текущий год)
10. Journal of Astrophysics and Astronomy (<http://link.springer.com/journal/12036>; доступ с 1980 по текущий год)
11. Journal of Cosmology and Astroparticle Physics (<http://iopscience.iop.org/1475-7516/>; доступ с 2003 по текущий год)
12. Microgravity Science and Technology (<http://link.springer.com/journal/12217>; доступ с 2001 по текущий год)
13. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society (<http://mnras.oxfordjournals.org/>; доступ с 1827 по текущий год); (<http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/%28ISSN%291365-2966>; доступ с 1998 по 2012);
14. Monthly Notices Letters of the Royal Astronomical Society (<http://mnrasl.oxfordjournals.org/>; доступ с 2005 по текущий год)
15. Nature (<http://www.nature.com/nature/index.html>; доступ с 1940 по текущий год)
16. Planetary Science (<http://link.springer.com/journal/13535>; доступ с 2012 по текущий год)
17. Research in Astronomy and Astrophysics (<http://iopscience.iop.org/1674-4527/>; доступ с 2001 по текущий год)
18. Space Science Reviews (<http://link.springer.com/journal/11214>; доступ с 1962 по текущий год)
19. Space Weather (<http://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/agu/journal/10.1002/%28ISSN%291542-7390/>; доступ с 2003 по текущий год)
20. Solar Physics (<http://link.springer.com/journal/11207>; (доступ с 1967 по текущий год)
21. The Astronomical Journal (<http://iopscience.iop.org/1538-3881>; доступ с 1849 по текущий год)
22. The Astrophysical Journal (<http://iopscience.iop.org/0004-637X/>; доступ с 1996 по текущий год)
23. The Astrophysical Journal Letters (<http://iopscience.iop.org/2041-8205/>; доступ с 1995 по текущий год)
24. The Astrophysical Journal. Supplement series (<http://iopscience.iop.org/0067-0049/>; доступ с 1996 по текущий год)

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Лекционная аудитория
2. Мультимедийный проектор
3. Персональный компьютер
4. Компьютерный класс
5. Учебно-научная лаборатория, оборудованная комплексом детекторов космического гамма излучения “КОНУС”, разработанных в ФТИ им. А.Ф. Иоффе.
6. Учебно-научная лаборатория, оборудованная средствами обработки данных наблюдений космического излучения.