

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

УТВЕРЖДАЮ

Директор

С.В. Иванов

13 » 04 2022 г.



Рабочая программа факультативной дисциплины

ИЗЛУЧЕНИЕ РЕЛЯТИВИСТКИХ ЧАСТИЦ В АСТРОФИЗИКЕ

программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

по научной специальности 1.3.1 Физика космоса, астрономия

Принята решением Ученого совета
от 04.03.2022 № 03/22

Санкт-Петербург

2022 г.

Рабочая программа факультативной дисциплины «Излучение релятивистских частиц в астрофизике» составлена на основании программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 1.3.1 Физика космоса, астрономия (далее - программа аспирантуры)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями изучения дисциплины является:

- Углубление знаний по ряду теоретических проблем в области классической электродинамики сплошных сред и знакомство с проблемами физики процессов излучения релятивистских частиц в средах;

- Приобретение опыта использования теоретических методов для расчета излучения релятивистских частиц в средах

Задачи дисциплины заключаются в изучении:

- Фундаментальных понятий, законов и теорий, относящихся к излучению релятивистских частиц в средах в рамках классической электродинамики.

- Математических методов, используемых в астрофизике для расчета излучения релятивистских частиц в средах.

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 ПРОГРАММЫ АСПИРАТУРЫ

2.1. Дисциплина «Излучение релятивистских частиц в астрофизике» входит в факультативную часть программы аспирантуры с целью расширения и углубления научных и прикладных знаний аспирантов и организуется по выбору и желанию аспиранта.

2.2. Программа данной дисциплины строится на преемственности программ в системе высшего образования и предназначена для аспирантов, прошедших обучение по программе подготовки магистров, прослушавших соответствующие курсы и имеющих по ним положительные оценки. Она основывается на положениях, отраженных в учебных программах указанных уровней.

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

По окончании изучения дисциплины аспиранты должны будут

Знать:

- основные понятия и законы классической электродинамики, связанные с излучением релятивистских частиц; базовые методы теоретических подходов,

применяемых в физике космоса и астрономии для описания процессов излучения быстрых частиц;

- основы программирования, методы математической и теоретической физики, основы линейной алгебры и математического анализа

Уметь:

- пользоваться основными формулами классической электродинамики для оценок величин, характеризующих параметры излучения релятивистских частиц;

- самостоятельно изучать и понимать специальную научную и методическую литературу, связанную с астрофизическими проблемами излучения релятивистских частиц;

Владеть навыками:

- понимания качества исследований, относящихся к области излучения релятивистских частиц в физике космоса, астрономии и астрофизике;

- самостоятельного изучения и анализа специальной научной и методической литературы, связанной с проблемами излучения релятивистских частиц в физике космоса, астрономии и астрофизике

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 в 4 семестре.

Наименование разделов и тем	Трудоемкость (в ЗЕТ)	Объем работы (в ак. часах)	Всего учебных занятий (в часах)			
			Лекции	Лаб. практ.	самостоятельная работа	контроль
Тема 1.1. Излучение релятивистских частиц.		26	3		23	
Тема 1.2. Излучение в среде с дисперсией.		26	3		23	
Тема 1.3. Радиационные потери.		28	4		24	
Тема 1.4. Переходное излучение быстрых частиц.		28	4		24	
Всего по дисциплине	3	108	14		94	зачет

4.2. Содержание разделов и тем

Тема 1.1. Излучение релятивистских частиц.

1. Поле запаздывающих потенциалов на больших расстояниях. Интенсивность, спектр, поляризация излучения.

2. Излучение частицы, двигающейся по кругу. Формула Шота.

3. Циклотронное и синхротронное излучение. Интенсивность, спектр, поляризация.

4. Особенности излучения ультррелятивистских частиц. Изгибное излучение.

Эффект Разина-Цытовича.

Тема 1.2. Излучение в среде с дисперсией.

1. Уравнения Максвелла в среде с дисперсией. Диэлектрическая проницаемость.

2. Энергия излучения в среде с пространственной и временной дисперсией

3. Однокомпонентная гидродинамическая модель плазмы. Тензор диэлектрической проницаемости. Продольные и поперечные волны.

4. Интенсивность излучения плазменных волн точечным диполем.

5. Влияние на интенсивность излучения нелинейных поправок.

Тема 1.3. Радиационные потери.

1. Радиационные потери релятивистской частицы.

2. Радиационные потери на излучение плазмонов.

3. Тормозное излучение. Эффекты Тер-Микаеляна и Ландау-Померанчука-Мигдала.

4. Излучение Вавилова-Черенкова.

5. Поляризационное излучение. Связь с излучением Вавилова-Черенкова.

Тема 1.4. Переходное излучение быстрых частиц.

1. Переходное излучение на границе двух сред.

2. Переходное излучение в периодических структурах.

3. Переходное излучение в случайно-неоднородной среде.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Технология процесса обучения по дисциплине «Излучение релятивистских частиц в астрофизике» включает в себя следующие образовательные мероприятия:

а) аудиторные занятия (лекционно-семинарская форма обучения);

б) самостоятельная работа студентов;

в) контрольные мероприятия в процессе обучения и по его окончанию;

г) зачет по окончании изучения дисциплины.

Аудиторные занятия проводятся в интерактивной форме с использованием мультимедийного обеспечения 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 улучшает восприятие материала.

Самостоятельная работа организована в соответствии 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 ее ключевых особенностей.

Основные аспекты применяемой технологии проблемного обучения:

- постановка проблемных задач отвечает целям освоения дисциплины «Излучение релятивистских частиц в астрофизике» и формирует необходимые компетенции;
- решаемые проблемные задачи стимулируют познавательную деятельность и научно-исследовательскую активность аспирантов.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

6.1. Текущий контроль

Текущий контроль успеваемости, т.е. проверка усвоения учебного материала, регулярно осуществляется на протяжении семестра. Текущий контроль знаний аспирантов организован как выступление на семинарах.

6.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация завершает изучение дисциплины «Излучение релятивистских частиц в астрофизике». Форма аттестации — зачет в письменной или устной форме.

Контрольные вопросы к зачету:

1. Излучение частицы, двигающейся по кругу. Формула Шота.
2. Циклотронное и синхротронное излучение. Интенсивность, спектр, поляризация.
3. Особенности излучения ультррелятивистских частиц. Изгибное излучение. Эффект Разина-Цытовича.
4. Уравнения Максвелла в среде с дисперсией. Энергия излучения в среде с пространственной и временной дисперсией.

5. Однокомпонентная гидродинамическая модель плазмы. Тензор диэлектрической проницаемости. Продольные и поперечные волны.

6. Однокомпонентная гидродинамическая модель плазмы. Интенсивность излучения плазменных волн точечным диполем.

7. Радиационные потери релятивистской частицы.

8. Радиационные потери быстрой частицы на излучение плазмонов.

9. Тормозное излучение.

10. Эффект Тер-Микаеляна.

11. Эффект Ландау-Померанчука-Мигдала.

12. Излучение Вавилова-Черенкова.

13. Поляризационное излучение.

14. Переходное излучение на границе двух сред.

15. Переходное излучение в периодических структурах.

16. Переходное излучение в случайно-неоднородной среде.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Основная литература

1. И.Н. Топтыгин "Современная электродинамика" Часть 2 И.Н. Топтыгин — 2005. М.Ижевск. изд. «РХД»

2. Л.Д. Ландау, ЕМ. Лифшиц т.п " Теория поля" 7-е изд. Л.Д. Ландау — 1988. М. «Наука»

3. G.D. Fleishman, I.N. Toptygin "Cosmic electrodynamics" G.D. Fleishman — 2013. New York. Springer.

7.2. Дополнительная литература

1. Л.Д. Ландау, ЕМ. Лифшиц Т.VIII "Электродинамика сплошных сред" Л.Д. Ландау - 1982. М. «Наука».

2. В.А. Базылев, НК. Жеваго «Излучение быстрых частиц в веществе и во внешних полях» В.А. Базылев - 1987. М. «Наука».

3. К.Ю. Платонов, ГД. Флейшман «Переходное излучение в случайно-неоднородных средах» УФН, т. 172, сс. 241-300 (2002).

7.3. Интернет-ресурсы

Отечественные журналы:

1. Астрономический вестник (http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7665)

2. Астрономический журнал (http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7666;

3. Письма в астрономический журнал (http://elibrary.ru/title_about.asp?id=79414;

4. Геомагнетизм и аэрономия (http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7765;
5. Исследование Земли из космоса (http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7842;
6. Космические исследования (http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7859;
7. Вестник МГУ. Часть 3. Физика, астрономия (<http://vmu.phys.msu.ru/toc/list>;
8. Проблемы передачи информации.
(http://www.mathnet.ru/php/journal.phtml?jrnid=ppi&wshow=details&option_lang=rus;
- 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>;
2. Astronomy Letters (<http://www.springerlink.com/content/119837/>;
3. Bulletin of the Crimean Astrophysical Observatory
(<http://link.springer.com/journal/11989>;
4. Cosmic Research (<http://link.springer.com/journal/10604>;
5. Earth and Space Science
(<http://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/agu/journal/10.1002/%28ISSN%292333-5084/>;
6. Geomagnetism and Aeronomy (<http://link.springer.com/journal/11478>;
7. Problems of Information Transmission (<http://link.springer.com/journal/11122>;
8. Solar System Research (<http://link.springer.com/journal/11208>;
9. Radiophysics and Quantum Electronics
(<http://www.springer.com/astronomy/journal/11141>

Международные журналы:

Gravitation and Cosmology (<http://link.springer.com/journal/12267>;

Иностранные журналы:

1. Astronomy and Astrophysics (<http://www.aanda.org/>;
2. Astronomy and Astrophysics Review (<http://link.springer.com/journal/159>;
3. Astronomy & Geophysics (<http://astrogeo.oxfordjournals.org/>;
4. Astroparticle Physics (<http://www.sciencedirect.com/science/journal/09276505/23/1>;
5. Astrophysics (<http://link.springer.com/journal/10511>;
6. Astrophysics and Space Science (<http://link.springer.com/journal/10509>;
7. Classical and Quantum Gravity (<http://iopscience.iop.org/0264-9381/>;
8. Computational Astrophysics and Cosmology (<http://link.springer.com/journal/40668>;
9. Experimental Astronomy (<http://link.springer.com/journal/10686>;
10. Journal of Astrophysics and Astronomy (<http://link.springer.com/journal/12036>;
11. Journal of Cosmology and Astroparticle Physics (<http://iopscience.iop.org/1475-7516/>;
12. Microgravity Science and Technology (<http://link.springer.com/journal/12217>;

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;>

14. Monthly Notices Letters of the Royal Astronomical Society
(<http://mnrasl.oxfordjournals.org/> ;

15. Nature (<http://www.nature.com/nature/index.html>;

16. Planetary Science (<http://link.springer.com/journal/13535>;

17. Research in Astronomy and Astrophysics (<http://iopscience.iop.org/1674-4527/>;

18. Space Science Reviews (<http://link.springer.com/journal/11214>;

19. Space Weather

(<http://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/agu/journal/10.1002/%28ISSN%291542-7390/> ;

20. Solar Physics (<http://link.springer.com/journal/11207>;

21. The Astronomical Journal (<http://iopscience.iop.org/1538-3881>;

22. The Astrophysical Journal (<http://iopscience.iop.org/0004-637X/> ;

23. The Astrophysical Journal Letters (<http://iopscience.iop.org/2041-8205/> ;

24. The Astrophysical Journal. Supplement series (<http://iopscience.iop.org/0067-0049/> ;

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Лекционная аудитория

2. Мультимедийный проектор и (или) LCD панель большого размера

3. Персональный компьютер

5. Лаборатория, оборудованная установкой дифракции быстрых электронов на отражение.

6. Лаборатория, оборудованная аппаратурой для измерения теплопроводности и теплоемкости твердых тел.

7. Лаборатория, оборудованная аппаратурой для измерения магнитных свойств твердых тел.

Программа разработана:
главный научный сотрудник-заведующий
сектором теоретической физики,
д-р физ.-мат. наук, Яковлев Д.Г.