

государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Московской области
«Университет «Дубна»
(государственный университет «Дубна»)
Инженерно-физический институт
Кафедра ядерной физики



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-методической работе

/ А.С.Деникин /

« 30 » 06 2021 г.

Рабочая программа дисциплины

Физика космических лучей

Направление подготовки

03.04.02 Физика

Уровень высшего образования

магистратура

Направленность (профиль) программы

Электроника и автоматика физических установок

Форма обучения

Очная

г. Дубна, 2021 г.

Преподаватель (преподаватели):

Ткачев Л.Г., доцент, к.ф-м н. кафедра ядерной физики

Фамилия И.О., должность, ученая степень, ученое звание, кафедра


подпись

Рабочая программа разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций примерной образовательной программы по направлению подготовки (специальности) высшего образования

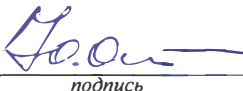
03.04.02 «Физика»

(код и наименование направления подготовки (специальности))

Программа рассмотрена на заседании кафедры ядерной физики

Протокол заседания №19 от 19.05.2021г.

Заведующий кафедрой


подпись

/Оганесян Ю.Ц./
Фамилия И.О.

Эксперт

Бородин Артур Николаевич



Кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Лаборатории ядерных проблем, ОИЯИ

(И.И.С., ученая степень, ученое звание, место работы, должность, подпись, заверенная по месту работы)

МП



1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения учебной дисциплины «Физика космических лучей» являются:

- дать студентам представления: о происхождении, свойствах и регистрации космического излучения;
- ознакомление с современными моделями развития Вселенной во взаимосвязи с источниками различных космических излучений;
- получение современных теоретических представлений об источниках, механизмах ускорения и распространения космических лучей;
- ознакомление с основными современными экспериментальными методами исследования космических излучений;
- получение представлений о новейших результатах астрофизических исследований.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Данная дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы магистров по направлению 03.04.02 «Физика». Тип дисциплины по характеру ее освоения – дисциплина по выбору для освоения на втором году обучения в магистратуре (3 семестр).

Освоение дисциплины необходимо для дальнейшего изучения других разделов экспериментальной ядерной физики, физики ядра и элементарных частиц, спецкурсов кафедры ядерная физика.

При освоении данной дисциплины требуются знания по ядерной физике, реакции с гамма квантами и нейтронами.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)

Формируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и формулировка)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
ПК-1 - способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта.	ПК-1.1. Выявляет перспективные проблемы и формулирует принципы решения актуальных научно-исследовательских задач в области ядерной физики и физики частиц.	Знать достижения отечественной и зарубежной науки и техники в области ядерной физики и физики частиц. Знать программное и информационное обеспечение научных исследований, современные методы и средства ядерных технологий.
		Уметь сформулировать конкретную физическую задачу, выбрать метод реализации эксперимента и решать его с помощью современной аппаратуры и информационных технологий и с использованием новейшего российского и зарубежного опыта.
		Владеть методами и способами постановки и решения задач физических исследований, знать принципы действия, функциональные и метро-

		логические возможности современной аппаратуры для физических исследований.
ПК-3 - способность к разработке методов регистрации ядерных частиц и излучений, измерения количественных характеристик физических процессов, в том числе процессов взаимодействия частиц и излучений с веществом.	ПК-3.3. Имеет опыт освоения новых методов измерения параметров первичных частиц и излучений и результатов их взаимодействия с веществом.	Знать особенности регистрации взаимодействия космических лучей с атмосферой, в том числе регистрации параметров широких атмосферных ливней.

4. Объем дисциплины (модуля)

Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единиц, всего 108 академических часов.

5. Содержание дисциплины (модуля)

очная форма обучения

Наименование разделов и тем дисциплины (модуля)	Всего (академ. часы)	в том числе:						Самостоятельная работа обучающегося
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем)						
		Лекции	Практические (семинарские) занятия	Лабораторные занятия	КРП	...	Всего	
3 семестр								
Раздел 1. Введение. Основные характеристики космических лучей (КЛ) Основные характеристики КЛ. Состав и энергетический спектр КЛ. Прямые и косвенные методы исследований космических лучей: наземные, баллонные и космические детекторы КЛ. Широкие Атмосферные Ливни (ШАЛ) – косвенные методы исследования КЛ. Роль Монте-Карло моделирования в исследованиях КЛ.	7	2	2				4	3
Раздел 2. Детекторы космических лучей (КЛ) Современные детекторы КЛ – подземные (подводные), наземные, баллонные и космические детекторы – преимущества и недостатки. Космический детектор ПАМЕЛА: назначение, состав детектора, научная программа. Космический детектор АМС: назначение, состав детектора, научная программа. Баллонные детекторы CREAM, TRACER: назначение, состав детекторов, научная программа. Баллонный детектор BESS: назначение, состав детектора, научная программа Детектор HESS: назначение, принцип работы, состав детектора, результаты. Спутниковые детекторы гамма-излучения:	7	2	2				4	3

Наименование разделов и тем дисциплины (модуля)	Всего (академ. часы)	в том числе:						Самостоятельная работа обучающегося
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем)						
		Лекции	Практические (семинарские) занятия	Лабораторные занятия	КРП	...	Всего	
EGRET, GLAST – состав, научная программа. Детекторы AGASA, HiRes, Проблемы и результаты. Pierre Auger Observatory. Назначение, состав детектора, научная программа. Подводные нейтринные детекторы: БАЙКАЛ, ANTARES, научная программа. Подземные нейтринные детекторы: SuperKamioka, SNO, научная программа. Подледные нейтринные детекторы AMANDA, IceCube, научная программа. Детекторы гравитационных волн LIGO, VIRGO, космический детектор LISA								
Раздел 3. Исследования заряженной компоненты КЛ Состав спектра КЛ. Первичные и вторичные ядра в спектре КЛ и их роль астрофизике КЛ. «Колено» в спектре космических лучей: ядернофизические и астрофизические гипотезы «колена». Вспышки сверхновых звезд, механизмы ускорения КЛ. Распространение космических лучей. Модели диффузии КЛ в Галактике. Современное состояние исследований космических частиц сверхвысоких энергий. Роль реликтового фонового излучения.	7	2	2				4	3
Раздел 4. Рентгеновская и гамма астрономия КЛ Галактические источники космического рентгеновского и гамма излучения. Внегалактические источники космического рентгеновского и гамма излучения. Теория и экспериментальные методы исследования. Исследование гамма излучения: источники, сравнение с заряженными КЛ. Аккреция на черные дыры как источник	7	2	2				4	3

Наименование разделов и тем дисциплины (модуля)	Всего (академ. часы)	в том числе:						Самостоятельная работа обучающегося
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем)						
		Лекции	Практические (семинарские) занятия	Лабораторные занятия	КРП	...	Всего	
рентгеновского и гамма излучения. Исследование гамма всплесков. Наземные и спутниковые детекторы.								
Раздел 5. Модель большого взрыва, реликтовое микроволновое излучение, барионная асимметрия Вселенной Модель Большого Взрыва. Реликтовое микроволновое излучение. Барионная асимметрия вселенной, поиск антивещества во Вселенной. Распад протона, теория и эксперимент. Поиски антиядер в КЛ в баллонных и космических экспериментах. Современные детекторы антиядер в КЛ. Баллонные и спутниковые эксперименты.	7	2	2				4	3
Раздел 6. Темная материя, теория и эксперимент Проблема темной материи в астрофизике. Суперсимметрия в физике частиц и проблема темной материи. Нейтралитно. Экспериментальные методы поиска темной материи, современные детекторы. Измерения гамма спектра высоких энергий. Измерение спектра позитронов и антипротонов в баллонных и космических экспериментах	7	2	2				4	3
Раздел 7. Гамма всплески Гамма всплески, история открытия. Современное состояние исследований. Послесвечение гамма всплесков. Модель файерболла	7	2	2				4	3
Раздел 8. Нейтринная астрономия Типы нейтрино и их осцилляции – теория и эксперимент Космические источники нейтрино. Нейтринная астрофизика Солнца. Измерение нейтрино от вспышек сверхновых. Поиски нейтринного сигнала из центра Галактики. Геонейтрино	7	2	2				4	3

Наименование разделов и тем дисциплины (модуля)	Всего (академ. часы)	в том числе:						Самостоятельная работа обучающегося
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем)						
		Лекции	Практические (семинарские) занятия	Лабораторные занятия	КРП	...	Всего	
Раздел 9. Гравитационное излучение Основные понятия теории гравитации. Поиск гравитационных волн. Гравитационное линзирование и проблема темной материи.	7	1	1				2	5
Промежуточная аттестация: экзамен	45	X						
Итого	108	17	17				34	29

При реализации дисциплины (модуля) организуется практическая подготовка путем проведения практических занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка при изучении дисциплины реализуется непосредственно в университете.

6. Перечень учебно-методического обеспечения по дисциплине (модулю)

Для обеспечения реализации программы дисциплины (модуля) разработаны:

- методические материалы к практическим (семинарским) занятиям;
- методические материалы по организации самостоятельной работы обучающихся;
- методические рекомендации для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по освоению программы дисциплины (модуля).

В ходе практических занятий студенты должны усвоить основные определения, понятия, формулировки и узнать как они применяются на практике. Практические занятия начинаются с краткого повторения теоретического материала с опросом студентов (или преподаватель в сжатой форме напоминает пройденный на лекции материал и выписывает нужные формулы на доске – в зависимости от уровня студентов). Затем решаются задачи по теме занятия. Сложные или новые задачи преподаватель может показать на доске, типовые задачи студенты решают самостоятельно с последующим обсуждением (как правило, один или несколько студентов у доски, остальные в тетрадях). Перед началом занятия преподаватель может провести выборочную проверку домашнего задания с обсуждением сложностей, возникших у студентов при его выполнении. Преподаватель устанавливает график индивидуальной сдачи домашних заданий.

Часть практических занятий по дисциплине проводятся в интерактивном режиме по технологии работа в команде. Содержанием практических занятий является решение задач и проведение консультаций. Организация занятий следующая: в начале занятия объявляется его тема, и ставятся познавательные цели; преподавателем демонстрируется вариант решения одной из типовых задач (при необходимости); студенты поочередно выполняют решение задачи у доски; в ходе демонстраций решений проводятся коллективные обсуждения, выявляются ошибки и недочеты; при решении задач на подбор сечений группа студентов разбивается на команды, каждая из которых проводит проверочный расчёт одного из сечений; преподаватель подводит итоги работы команд, оценивает степень достижения поставленных целей, объявляет тему следующего занятия.

Практические занятия (семинары) 3-й семестр

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Количество часов
С1	Раздел 1. Введение. Основные характеристики космических лучей (КЛ)	Основные характеристики КЛ. Состав и энергетический спектр КЛ Прямые и косвенные методы исследований космических лучей: наземные, баллонные и космические детекторы КЛ.	2
С2	Раздел 2. Детекторы космических лучей (КЛ)	Детекторы космических лучей (КЛ)	2
С3	Раздел 3. Исследования заряженной компоненты КЛ	«Колено» в спектре космических лучей: ядернофизические и астрофизические гипотезы «колена»	2

С4	Раздел 4. Рентгеновская и гамма астрономия КЛ	Современные детекторы антиядер в КЛ.	2
С5	Раздел 5. Модель большого взрыва, реликтовое микроволновое излучение, барионная асимметрия Вселенной	Модель Большого Взрыва	2
С6	Раздел 6. Темная материя, теория и эксперимент	Измерения гамма спектра высоких энергий.	2
С7	Раздел 7. Гамма всплески	Гамма всплески, история открытия. Современное состояние исследований. Послесвечение гамма всплесков. Модель файерболла	2
С8	Раздел 8. Нейтринная астрономия	Типы нейтрино и их осцилляции – теория и эксперимент	2
С9	Раздел 9. Гравитационное излучение	Поиск гравитационных волн.	1

Методические указания для самостоятельной работы обучающихся

Основой самостоятельной работы студентов является проработка материала и выполнение практических заданий. Она включает в себя проработку и повторение материала, используя конспекты, учебники, учебные пособия, методические указания, специальную литературу и ресурсы сети Интернет; выполнение практического задания; подготовку к контрольным опросам, зачету.

Домашние работы 3-й семестр

№	Тема задания
Д1	Широкие Атмосферные Ливни (ШАЛ) – косвенные методы исследования КЛ.
Д2	Прямые и косвенные методы исследований космических лучей: наземные, баллонные и космические детекторы КЛ.
Д3	Модели диффузии КЛ в Галактике.
Д4	Исследование гамма излучения: источники, сравнение с заряженными КЛ
Д5	Поиски антиядер в КЛ в баллонных и космических экспериментах
Д6	Измерения гамма спектра высоких энергий
Д7	Гамма всплески, история открытия
Д8	Геонейтрино
Д9	Поиск гравитационных волн

Методические материалы по дисциплине (модулю) и образовательной программе в целом представлены на официальном сайте образовательной организации (раздел «Сведения об образовательной организации» – Образование – Образовательные программы).

7. Фонды оценочных средств по дисциплине (модулю)

Для аттестации обучающихся на соответствие их персональных достижений поэтапным требованиям образовательной программы по дисциплине (модулю) разработаны фонды оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения (знания, умения, навыки) и сформированные (формируемые) компетенции. Эти фонды включают теоретические вопросы, кон-

трольные работы, домашние работы, и иные оценочные материалы, используемые при проведении процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации. Фонды оценочных средств представлены в приложении к рабочей программе

При необходимости обучающиеся с ограниченными возможностями здоровья и инвалиды обеспечиваются оценочными материалами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме на языке Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

8. Ресурсное обеспечение

Перечень литературы

Основная учебная литература

1. Фильченков М.Л., Копылов С.В. Евдокимов В.С. Гравитация, астрофизика, космология: Дополнительные главы курса общей физики; [электронный ресурс] В авт.ред. - 2-е изд., испр. - М.: Либроком, 2011. - 104с.
2. М. И. Панасюк [и др.] ; Под ред. А.С.Ковтюха. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Университетская книга, 2006. - 189с. : ил. - Словарь терм.: с.180.-Аббр.: с.188. - ISBN 978-5-90304-006-0. Космический практикум : Учебное пособие для студентов вузов / Гриф организации: УМО вузов РФ по классическому университетскому образованию [электронный ресурс]
3. М. И. Панасюк [и др.] ; НИИ ядерной физики им.Д.В.Скобельцына; МГУ им.М.В.Ломоносова; Под ред. М.И.Панасюка. - М. : Библион - Русская книга, 2006. - 132с. : ил. - Список сокр.: с.130. - ISBN 978-5-902005-06-3. Радиационные условия в космическом пространстве : Учебное пособие
4. Солнечно-земная физика / под ред. В.Д. Кузнецова. - Москва : Физматлит, 2009. - 487 с. - ISBN 978-5-9221-1175-1 ; То же [Электронный ресурс]. - URL:
5. Мурзин, В.С. Астрофизика космических лучей : учебное пособие / В.С. Мурзин. - Москва : Логос, 2007. - 489 с. - (Классический университетский учебник). - ISBN 978-5-98704-171-6 ; То же [Электронный ресурс].

Дополнительная учебная литература

1. Лаврухина, А.К. Образование химических элементов в космических телах / А.К. Лаврухина, Г.М. Колесов. - Москва : Госатомиздат, 1962. - 174 с. [Электронный ресурс]. -
2. Тейлер Р.Дж. Происхождение химических элементов / Тейлер Р.Дж.; Пер.с англ. Н.Б.Егоровой; Под ред. Г.А.Лейкина. - М.: Мир, 1975. - 232с
3. Росси, Б. Частицы больших энергий / Б. Росси ; пер. с англ. С.З. Беленького. - Москва : Государственное технико-теоретическое изд-во, 1955. - 637 с. : ил., схем. - [Электронный ресурс]. -
4. Хойл Ф. Галактики, ядра и квазары [электронный ресурс]/ Хойл Фред; Пер.с англ. К.А.Любарского; Под ред. Д.А.Франк-Каменецкого. - М.: Мир, 1968. - 156с.

Периодические издания

1. **Успехи физических наук** :[Электронный ресурс] / РАН; гл. ред. В.А. Рубаков. - М.: Успехи физических наук, 2017. - Журнал .
2. **Физика элементарных частиц и атомного ядра: ЭЧАЯ** : научный обзорный журнал / Объединенный институт ядерных исследований; гл. ред. В. А. Матвеев. - Дубна: ОИЯИ , 2017. - Журнал .

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

ЭБС Университетская библиотека онлайн

ЭБС Znanium.com

Национальная электронная библиотека

Электронная библиотека диссертаций РГБ

Elibrary.ru. Научная электронная библиотека (РУНЭБ)

<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

Необходимое материально-техническое обеспечение

Специальные помещения представляют собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Для проведения занятий лекционного типа имеются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающие тематические иллюстрации, соответствующие примерным программам дисциплин (модулей), рабочим учебным программам дисциплин (модулей).

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья могут использовать специализированное программное и материально-техническое обеспечение:

– обучающиеся с нарушениями опорно-двигательного аппарата при необходимости могут использовать адаптивные технические средства: функцию «сенсорная клавиатура», «управление указателем мыши с клавиатуры», специально оборудованные джойстики, увеличенные выносные кнопки, клавиатуры с большими клавишами или накладки «Клавиата»;

– обучающиеся с ограничениями по зрению могут прослушать доступный аудиоматериал или прочитать тексты, увеличив шрифт на экране монитора компьютера. Рекомендуется использовать экранную лупу и другие визуальные вспомогательные средства, чтобы изменить шрифт текста, межстрочный интервал, синхронизацию с речью и т.д., программы экранного доступа (скринридеры для прочтения текстовой информации через синтезированную речь) и/или включить функцию «экранного диктора» на персональном компьютере. Студенты с полным отсутствием зрения могут использовать тексты, напечатанные шрифтом Брайля, а для набора текста на компьютере – клавиатуры Брайля;

– обучающиеся с ограничениями по слуху могут воспользоваться индивидуальными техническими средствами (аппараты «Глобус», «Монолог», индивидуальными слуховыми аппаратами, компьютерной аудиоаппаратурой, наушниками и др.) при прослушивании необходимой информации, а также услугами сурдопереводчика.

При необходимости обучающиеся с ограниченными возможностями здоровья и инвалиды обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами (образовательная программа, учебники, учебные пособия и др.) в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме на языке Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Фонды оценочных средств по дисциплине

Виды текущего контроля успеваемости: проверка выполнения практических домашних работ и контрольных работ.

Вопросы для самоконтроля:

1. Проблема темной материи (ТМ) в астрофизике. Экспериментальные свидетельства ТМ и теоретические гипотезы.
2. Суперсимметрия в физике частиц и проблема ТМ. Нейтралито. Современные экспериментальные методы поиска ТМ.
3. Космические лучи сверхвысоких энергий. Предел Грайзена, Зацепина и Кузьмина и роль реликтового микроволнового излучения.
4. Современные наземные и спутниковые детекторы для исследования КЛПВЭ.
5. Модель Большого Взрыва. Экспериментальные следствия. Красное смещение. Реликтовое микроволновое излучение.
6. Барионная асимметрия вселенной, поиск антивещества во Вселенной. Распад протона.

Список вопросов к экзамену по курсу «Физика космических лучей»:

1. Основные характеристики КЛ. Состав и энергетический спектр КЛ
Прямые и косвенные методы исследований космических лучей: наземные, баллонные и космические детекторы КЛ.
2. Широкие Атмосферные Ливни (ШАЛ) – косвенные методы исследования КЛ. Роль Монте-Карло моделирования в исследованиях КЛ
Современные детекторы КЛ – подземные(подводные), наземные, баллонные и космические детекторы – преимущества и недостатки.
3. Космический детектор ПАМЕЛА: назначение, состав детекторов, научная программа, результаты.
- 3а. Космические детекторы АМС-2, НУКЛОН: назначение, состав детекторов, научная программа, результаты.
4. Баллонные детекторы CREAM, TRACER: назначение, состав детекторов, научная программа, результаты.
4. Баллонный детектор BESS: назначение, состав детекторов, научная программа, результаты.
5. Гамма-детекторы HESS, VERITAS, MAGIC: назначение, принцип работы, состав детектора, результаты
- 5а. Спутниковые детекторы гамма-излучения: EGRET, FERMI, DAMPE, CALET – состав, научная программа, результаты.
- 5б,. Гамма-детекторы MILAGRO, HAWC, ARGO, TIBET: назначение, принцип работы, состав детектора, результаты
- 5в,. Будущие гамма-детекторы ТАЙГА, СТА, LHASSO: назначение, принцип работы, состав детектора.
6. Детекторы AGASA, HiRes, Проблемы и результаты.

- 6а. Pierre Auger Observatory, TA, Космический детектор ТУС. Назначение, состав детектора, научная программа, результаты
7. Подводные нейтринные детекторы: БАЙКАЛ, ANTARES, KM3NET, результаты.
- 7а. Подземные нейтринные детекторы: SuperKamioka, SNO, результаты.
- 7б. Подледные нейтринные детекторы AMANDA, IceCube, результаты
8. Детекторы гравитационных волн LIGO, VIRGO, результаты.
Космический детектор LISA.
9. Состав спектра КЛ.
Первичные и вторичные ядра в спектре КЛ и их роль астрофизике КЛ.
10. «Колено» в спектре космических лучей: ядернофизические и астрофизические гипотезы «колена»
11. Вспышки сверхновых звезд, механизмы ускорения КЛ
12. Распространение космических лучей в галактике Млечный путь.
Модели диффузии КЛ.
- 12а. Современное состояние исследований космических частиц сверхвысоких энергий.
Роль реликтового фонового излучения.
13. Галактические источники космического рентгеновского и гамма излучения.
- 13а. Внегалактические источники космического рентгеновского и гамма излучения.
Теория и экспериментальные методы исследования.
14. Исследование гамма излучения: источники, сравнение с заряженными КЛ.
Аккреция на черные дыры как источник рентгеновского и гамма излучения
Исследование гамма всплесков. Наземные и спутниковые детекторы.
15. Модель Большого Взрыва.
Реликтовое микроволновое излучение. Барионная асимметрия вселенной, поиск антивещества во Вселенной. Распад протона, теория и эксперимент
16. Поиски антиядер в КЛ в баллонных и космических экспериментах.
Современные детекторы антиядер в КЛ. Баллонные и спутниковые эксперименты.
17. Проблема темной материи в астрофизике. Суперсимметрия в физике частиц и проблема темной материи. Нейтралито. Экспериментальные методы поиска темной материи, современные детекторы.
18. Измерения гамма спектра высоких энергий. Измерение спектра позитронов и антипротонов в баллонных и космических экспериментах
19. Гамма всплески, история открытия. Современное состояние исследований.
Послесвечение гамма всплесков. Модель файерболла

20. Типы нейтрино и их осцилляции – теория и эксперимент
Космические источники нейтрино. Нейтринная астрофизика Солнца.
Измерение нейтрино от вспышек сверхновых. Поиски нейтринного сигнала
из центра Галактики. Геонейтрино

21. Основные понятия теории гравитации. Поиск гравитационных волн. Гравитационное
линзирование и проблема темной материи.

Пример билета для проведения зачета:

Государственный Университет "Дубна" Кафедра «Ядерная физика»

Экзаменационный билет № 1

Направление: Физика

Дисциплина: ФИЗИКА КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ

1. Основные характеристики КЛ. Состав и энергетический спектр КЛ
2. Прямые и косвенные методы исследований космических лучей: наземные, баллонные и космические детекторы КЛ.
3. Модель Большого Взрыва. Экспериментальные следствия. Красное смещение. Реликтовое микроволновое излучение

Заведующий кафедрой ядерной физики

Ю.Ц.Оганесян