

**Государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования Московской области  
«Международный университет природы, общества и человека «Дубна»  
(Университет «Дубна»)  
Факультет естественных и инженерных наук**

## **Кафедра Ядерной физики**

### **УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ «ФИЗИКА КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ»**

Для направления **010700 «Физика»**

**Магистерская программа «Физика ядра и элементарных частиц»**

Дубна, 2011

УМК разработан к.ф.-м.н., доцентом Л.Г.Ткачевым \_\_\_\_\_

Протокол заседания кафедры «Ядерная физика»

№ \_\_\_\_\_ от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ /Ю.Ц. Оганесян/

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Декан факультета естественных и инженерных наук  
к.ф.-м.н., доцент \_\_\_\_\_ А.С. Деникин /

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Проректор по учебной работе к.х.н., доцент \_\_\_\_\_  
С.В.Моржухина

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА</b> .....	4
КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН (РАБОЧАЯ ПРОГРАММА) .....	5
<b>ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	7
<b>1. Выписка из ГОС ВПО</b> .....	10
<b>2. Аннотация</b> .....	10
<b>3. Цель и задачи дисциплины</b> .....	11
<b>4. Требования к уровню освоения содержания дисциплины</b> .....	11
<b>5. Объём дисциплины и виды учебной работы (час):</b> .....	12
<b>6. Разделы (темы) дисциплины</b> .....	12
Содержание разделов дисциплины .....	12
<b>7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины</b> .....	14
Основная литература .....	14
Дополнительная литература .....	14
Справочные ресурсы и материалы в Интернет .....	15
<b>8. Материально-техническое обеспечение дисциплины</b> .....	15
<b>9. Формы контроля и оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины</b> .....	15
Примерный перечень вопросов, выносимых на экзамен .....	15
<b>10. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины</b> .....	17
Методические рекомендации преподавателю .....	17
Методические указания студентам .....	17

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Дисциплина по выбору студента изучается на 6 курсе в 11 семестре

Целью курса «Физика космических лучей» является дать студентам представления: о происхождении, свойствах и регистрации космического излучения. Данный курс читается студентам после изучения ими основ космологии и спецкурсов по ядерным реакциям с участием нейтронов, гамма-квантов и заряженных частиц. Предполагается, что студенты знакомы с закономерностями этих реакций. Основной упор сделан на обсуждении современных моделей развития Вселенной, источников различных космических излучений. Подробно рассматриваются экспериментальные методы исследований различных космических излучений на примере конкретных детекторов и их научных программ. В заключительных разделах курса рассматриваются наименее исследованные вопросы экспериментального изучения нейтринного и гравитационного излучения.

**КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН (РАБОЧАЯ ПРОГРАММА)**

проректор.....С.В.Моржухина

Учебно-методическая карта дисциплины «Физика космических лучей»

“.....”.....2011г.

Кафедра Ядерной физики.....направление: Физика.....курс....6..семестр...11...2011/2012 учебного года, учебный план 2011г.

Номера и даты недель	Виды и содержание учебных занятий						Практические занятия ( 0 час. в неделю)		Лабораторные работы ( 0 час. в неделю)		Самостоятельная работа студентов		
	Лекции ( 2 час. в неделю)*			Самостоятельное изучение									
	Даты лекций	Ча-сы	Содержание	Исполз. ТСО**	Содержание и раздел учебника (глава, параграф)	Форма контро-ля	№	Название	Вид за-дан.	Содержание	Ча-сы	Форма контроля	
1 неделя		2	Введение. Основные характеристики космических лучей (КЛ).	ТСО	1, 2, 4, гл. 12 § 1. 5, гл. 15 § 103	К			А	Введение. Основные характеристики космических лучей (КЛ).	4	К	
2 неделя		2	Детекторы космических лучей.	ТСО	1, 4, гл. 8 § 1,2,5. 5, гл. 12, § 86	К			А	Детекторы космических лучей.	4	К	
3 неделя		2	Детекторы космических лучей. Исследования заряженной компоненты КЛ.	ТСО	1,2 4, гл. 8 § 1,2,5. 5, гл. 9, § 71-73	К			А	Детекторы космических лучей. Исследования заряженной компоненты КЛ.	4	К	
4 неделя		2	Исследования заряженной компоненты КЛ.	ТСО	1, 4, гл. 8 § 1,2,5. 5, гл. 12, § 86	К			А	Исследования заряженной компоненты КЛ.	4	К	
5 неделя		2	Рентгеновская и гамма астрономия КЛ	ТСО	1,2, 4, гл. 12 § 1. 5, гл. 15 § 103	К			А	Рентгеновская и гамма астрономия КЛ	4	К	
6 неделя		2	Рентгеновская и гамма астрономия КЛ. Модель большого взрыва.	ТСО	1, 2, 3 4, гл. 12 § 3. 5, гл. 15 § 103	К			А	Рентгеновская и гамма астрономия КЛ. Модель большого взрыва.	4	К	
7 неделя		2	Реликтовое микроволновое излучение, барионная асимметрия Вселенной	ТСО	1, 2, 4, гл. 12 § 3. 5, гл. 15 § 103	К			А	Реликтовое микроволновое излучение, барионная асимметрия Вселенной	4	К	
8 неделя		2	Темная материя, теория и эксперимент	ТСО	Дополнительная литература	К			А	Темная материя, теория и эксперимент	4	К	
9 неделя		2	Гамма всплески	ТСО	Дополнительная литература	К			А	Гамма всплески	4	К	
10 неделя		2	Нейтринная астрономия	ТСО	Дополнительная литература	К			А	Нейтринная астрономия	4	К	
11 неделя		2	Гравитационное излучение	ТСО	Дополнительная литература	К			А	Гравитационное излучение	4	К	
										А	Всего	44	

КТ	Всего		Эк- за- мен
П			

А - задание к практическим занятиям  
Л - задание к лабораторным занятиям  
К - контрольные задания  
Т - типовой расчет  
П - курсовой проект

### УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА (ОБЯЗАТЕЛЬНАЯ)

№	Название, автор, год издания	Примечания
1	Ишханов Б.С. Капитонов И. М., Юдин Н. П. Частицы и атомные ядра. - М.: Издательство ЛКИ, 2007.	основная литература
2	Фильченков М.Л., Копылов С.В. Евдокимов В.С. Гравитация, астрофизика, космология: Дополнительные главы курса общей физики; - М.: Либроком, 2011.	основная литература
3	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	основная литература
4	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	основная литература
5	Брандт Дж., П. Ходж ; Пер.с англ. под ред. Г.А.Лейкина. - М. : Мир, 1967. - 488с. : ил. - Лит. Астрофизика солнечной системы /	Дополнительная литература

Дата .....

Лектор ..Ткачев Л.Г..

Утверждаю:

Зав.кафедрой .....

.( Ю.Ц.Оганесян)

**Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Московской области «Международный университет природы, общества и человека «Дубна»**

**(Университет «Дубна»)**

**Факультет естественных и инженерных наук**

**Кафедра «Ядерная физика»**

**УТВЕРЖДАЮ**

проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ С.В. Моржухина

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

**ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Физика космических лучей»**

**по направлению 010700.68 Физика**

Форма обучения: очная

Уровень подготовки: \_\_\_\_\_ *магистр* \_\_\_\_\_

Курс (семестр): 6 курс, 11 семестр

г. Дубна, 2011 г.

Автор программы:

Ткачев Л.Г.

кандидат физико-математических наук, доцент

доцент кафедры «Ядерная физика» \_\_\_\_\_

Программа составлена в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования и учебным планом по направлению подготовки 010700.68 Физика

Программа рассмотрена на заседании кафедры «Ядерная физика»

Протокол заседания № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / Оганесян Ю.Ц. /

СОГЛАСОВАНО

Декан факультета естественных и инженерных наук \_\_\_\_\_ / Деникин А.С. /

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Рецензент:

\_\_\_\_\_  
(Фамилия, имя, отчество)

\_\_\_\_\_  
(ученая степень, ученое звание)

\_\_\_\_\_  
(должность, кафедра или иное подразделение, организация)

Руководитель библиотечной системы \_\_\_\_\_ / Черепанова В.Г. /  
(подпись) (ФИО)



## Содержание

ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ .....	7
1. Выписка из ГОС ВПО .....	10
2. Аннотация.....	10
3. Цель и задачи дисциплины .....	11
4. Требования к уровню освоения содержания дисциплины. ....	11
5. Объём дисциплины и виды учебной работы (час):.....	12
6. Разделы (темы) дисциплины.....	12
Содержание разделов дисциплины.....	12
7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.....	14
Основная литература.....	14
Дополнительная литература .....	14
Справочные ресурсы и материалы в Интернет .....	15
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины .....	15
9. Формы контроля и оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.....	15
Примерный перечень вопросов, выносимых на экзамен.....	15
10. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины.....	17
Методические рекомендации преподавателю.....	17
Методические указания студентам.....	17

## 1. Выписка из ГОС ВПО

Выписка из государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования. Специальность 010700 Физика. Квалификация – физик. Регистрационный N 177 ен/маг (утв. Минобразованием РФ 17.03.2000г.).

1.5 Аннотированный перечень магистерских программ:

### 510401 - Физика ядра и элементарных частиц

Источники, методы регистрации и измерения физических характеристик ядер и элементарных частиц. Взаимодействия частиц. Ядерные реакции и реакторы. Ускорители. Экспериментальное изучение фундаментальных явлений физики микромира. Современные теоретические представления и математические методы исследований в физике ядра и элементарных частиц. Практика научной работы.

#### Требования к обязательному минимуму содержания специализированной подготовки

СДМ.00	<u>Специальные дисциплины</u>	<b>800</b>
СДМ.01	<b>Специальный физический практикум</b>	160
	Лабораторные работы, связанные с изучением экспериментальными методами фундаментальных эффектов и явлений по областям физики в соответствии с перечнем магистерских программ.	
СДМ.02 и т.д.	Состав и содержание <b>специальных дисциплин</b> определяется требованиями специализации магистра физики при реализации конкретной магистерской программы	500
ДВМ.01	<b>Дисциплины по выбору студента</b>	140

## 2. Аннотация

*Место курса в профессиональной подготовке магистров*

Целью курса по выбору «Физика космических лучей» является изучение студентами основных процессов физики космических излучений, проблем современной астрофизики, экспериментальных методик, существующих или создаваемых детекторов космических частиц, электромагнитного излучения от радиодиапазона до гамма-лучей Тэв-ных энергий, а также нейтринного и гравитационного излучения. Курс связан с изучаемыми одновременно дисциплинами «Экспериментальная физика высоких энергий», «Специальный физический практикум по ядерной физике».

Из данного курса студент должен получить современных теоретических представлениях об источниках, механизмах ускорения и распространения космических лучей, а также экспериментальных методах исследования космических излучений. В основе теоретических моделей лежит гипотеза о «большом взрыве», данные о параметрах эволюции Вселенной, в том числе стандартные сценарии появления и эволюции звезд, галактик, реликтового микроволнового излучения (РМИ). В рамках данного курса изучаются принципы работы современных детекторов космических излучений и новейшие

результаты астрофизических исследований. При чтении данного курса предполагается, что студенты уже изучили общие курсы «Ядерной физики» и «Квантовой механики», а также спецкурсы по ядерным реакциям с нейтронами, гамма-квантами и заряженными частицами.

#### *Методы обучения (в т.ч. инновационные)*

Преподавание дисциплины «Физика космических лучей» предусматривает активное использование следующих методов обучения: мультимедийных презентаций с представлением схем, детекторов и другого ядерно-физического оборудования; в т.ч. инновационных методов: использованием образовательных Интернет-ресурсов.

#### *Требования к студентам*

В качестве входных знаний студенты должны владеть основными законами общей и квантовой физики, иметь базовые знания по ядерной физике.

#### *Виды контроля и формы работ студентов:*

краткий опрос на лекционных занятиях занятия, итоговый контроль – экзамен. Форма работы студентов в ходе изучения дисциплины предусмотрена в виде лекционных занятий, работы над текущими заданиями.

#### *Методика формирования результирующей оценки.*

Для оценки результатов деятельности студента по изучению дисциплины используется три показателя:

- участие в аудиторной работе ответы при кратких опросах на лекционных занятиях,
- посещение занятий,
- уровень ответов на экзаменационные вопросы.

### **3. Цель и задачи дисциплины**

#### **Цели освоения дисциплины:**

- дать студентам представления: о происхождении, свойствах и регистрации космического излучения;
- ознакомление с современными моделями развития Вселенной во взаимосвязи с источниками различных космических излучений.

#### **Задачи освоения дисциплины:**

- 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.

### **4. Требования к уровню освоения содержания дисциплины.**

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**Знать:** основные сведения о видах, источниках и физических принципах регистрации космического излучения.

**Уметь:** объяснять происхождение компонент космического излучения во взаимосвязи с космологическими процессами и ядерными реакциями на различных этапах эволюции Вселенной.

**Владеть навыками:** работы с детекторами заряженной компоненты космического излучения, рентгеновского и гамма-излучения внеземного происхождения;

**Приобрести опыт деятельности:** применения современного ядерно-физического оборудования для измерения характеристик космического излучения.

## 5. Объём дисциплины и виды учебной работы (час):

Вид занятий	Всего часов	Семестр
		11
Общая трудоемкость	66	66
Аудиторные занятия:	22	22
Лекции	22	22
Практические занятия (ПЗ)		
Самостоятельная работа:	44	44
Вид итогового контроля (зачет, экзамен)	экзамен	экзамен

## 6. Разделы (темы) дисциплины.

№ п	Раздел дисциплины	Лекции	ПЗ	Сам. работа
1	Введение. Основные характеристики космических лучей (КЛ)	2		4
2	Детекторы космических лучей	3		6
3	Исследования заряженной компоненты КЛ	3		6
4	Рентгеновская и гамма астрономия КЛ	3		6
5	Модель большого взрыва, реликтовое микроволновое излучение, барионная асимметрия Вселенной	3		6
6	Темная материя, теория и эксперимент	2		4
7	Гамма всплески	2		4
8	Нейтринная астрономия	2		4
9	Гравитационное излучение	2		4
	Итого	22		44

## Содержание разделов дисциплины

### 1. Введение. Основные характеристики космических лучей (КЛ)

- 1.1 Основные характеристики КЛ. Состав и энергетический спектр КЛ
- 1.2 Прямые и косвенные методы исследований космических лучей: наземные, баллонные и космические детекторы КЛ.
- 1.3 Широкие Атмосферные Ливни (ШАЛ) – косвенные методы исследования КЛ. Роль Монте-Карло моделирования в исследованиях КЛ.

### 2. Детекторы космических лучей (КЛ)

- 2.1 Современные детекторы КЛ – подземные(подводные), наземные, баллонные и космические детекторы – преимущества и недостатки
- 2.2 Космический детектор ПАМЕЛА: назначение, состав детектора, научная программа.
- 2.3 Космический детектор АМС: назначение, состав детектора, научная программа.
- 2.4 Баллонные детекторы CREAM, TRACER: назначение, состав детекторов, научная программа.
- 2.5 Баллонный детектор BESS: назначение, состав детектора, научная программа
- 2.6 Детектор HESS: назначение, принцип работы, состав детектора, результаты
- 2.7 Спутниковые детекторы гамма-излучения: EGRET, GLAST – состав, научная программа.
- 2.8 Детекторы AGASA, HiRes, Проблемы и результаты.
- 2.9 Pierre Auger Observatory. Назначение, состав детектора, научная программа
- 2.10 Подводные нейтринные детекторы: БАЙКАЛ, ANTARES, научная программа.
- 2.11 Подземные нейтринные детекторы: SuperKamioka, SNO, научная программа.
- 2.12 Подледные нейтринные детекторы AMANDA, IceCube, научная программа.

2.13 Детекторы гравитационных волн LIGO, VIRGO, космический детектор LISA

### **3. Исследования заряженной компоненты КЛ**

3.1 Состав спектра КЛ.

3.2 Первичные и вторичные ядра в спектре КЛ и их роль астрофизике КЛ.

3.3 «Колено» в спектре космических лучей: ядернофизические и астрофизические гипотезы «колена»

3.4 Вспышки сверхновых звезд, механизмы ускорения КЛ

3.5 Распространение космических лучей.

3.6 Модели диффузии КЛ в Галактике.

3.7 Современное состояние исследований космических частиц сверхвысоких энергий.

3.8 Роль реликтового фонового излучения.

### **4. Рентгеновская и гамма астрономия КЛ**

4.1 Галактические источники космического рентгеновского и гамма излучения.

4.2 Внегалактические источники космического рентгеновского и гамма излучения.

4.3 Теория и экспериментальные методы исследования.

4.4 Исследование гамма излучения: источники, сравнение с заряженными КЛ

4.5 Аккреция на черные дыры как источник рентгеновского и гамма излучения

4.6 Исследование гамма всплесков. Наземные и спутниковые детекторы.

### **5. Модель большого взрыва, реликтовое микроволновое излучение, барионная асимметрия Вселенной**

5.1 Модель Большого Взрыва.

5.2 Реликтовое микроволновое излучение

5.3 Барионная асимметрия вселенной, поиск антивещества во Вселенной.

5.4 Распад протона, теория и эксперимент

5.5 Поиски антиядер в КЛ в баллонных и космических экспериментах.

5.6 Современные детекторы антиядер в КЛ.

5.7 Баллонные и спутниковые эксперименты.

### **6. Темная материя, теория и эксперимент**

6.1 Проблема темной материи в астрофизике

6.2 Суперсимметрия в физике частиц и проблема темной материи. Нейтралитно.

6.3 Экспериментальные методы поиска темной материи, современные детекторы.

6.4 Измерения гамма спектра высоких энергий.

6.5 Измерение спектра позитронов и антипротонов в баллонных и космических экспериментах

### **7. Гамма всплески**

7.1 Гамма всплески, история открытия

7.2 Современное состояние исследований.

7.3 Послесвечение гамма всплесков.

7.4 Модель файербола

### **8. Нейтринная астрономия**

8.1 Типы нейтрино и их осцилляции – теория и эксперимент

8.2 Космические источники нейтрино

8.3 Нейтринная астрофизика Солнца.

8.4 Измерение нейтрино от вспышек сверхновых

8.5 Поиски нейтринного сигнала из центра Галактики.

8.6 Геонейтрино

## 9. Гравитационное излучение

9.1 Основные понятия теории гравитации

9.2 Поиск гравитационных волн.

9.3 Гравитационное линзирование и проблема темной материи.

## 7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.

### 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
  2. Фильченков М.Л., Копылов С.В. Евдокимов В.С. Гравитация, астрофизика, космология: Дополнительные главы курса общей физики; В авт.ред. - 2-е изд., испр. - М.: Либроком, 2011. - 104с.
  3. 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
  4. 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
5. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Том 5, Атомная и ядерная физика. М.-ФИЗМАТЛИТ, 2002.

### Дополнительная литература

1. Брандт Дж., П. Ходж ; Пер.с англ.под ред. Г.А.Лейкина. - М. : Мир, 1967. - 488с. : ил. - Лит.Астрофизика солнечной системы /
2. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: Учебник: В 3 т. Т.1 : Физика атомного ядра / Мухин Константин Никифорович. - 6-е изд., испр. и доп. - СПб.: Лань, 2008. - 234с.
3. Радиационные условия в космическом пространстве: Учебное пособие / Панасюк М.И., Калмыков Н.Н., Ковтюх А.С. 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.
4. Фильченков М.Л., Копылов С.В. Евдокимов В.С. Гравитация, астрофизика, космология: Дополнительные главы курса общей физики; В авт.ред. - 2-е изд., испр. - М.: Либроком, 2011. - 104с.
5. Тейлер Р.Дж. Происхождение химических элементов / Тейлер Р.Дж.; Пер.с англ. Н.Б.Егоровой; Под ред. Г.А.Лейкина. - М.: Мир, 1975. - 232с
6. Росси Б. Частицы больших энергий: Пер.с англ. / Росси Б.; Под ред.С.З.Беленького. - М.: Гостехиздат, 1955. - 63бс.
7. Хойл Ф. Галактики, ядра и квазары / Хойл Фред; Пер.с англ. К.А.Любарского; Под ред. Д.А.Франк-Каменецкого. - М.: Мир, 1968. - 156с.
8. Любимов А. Введение в экспериментальную физику частиц / Любимов А., Киш Д. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Физматлит, 2001. - 272с.
9. Современное естествознание: Энциклопедия: В 10 т. Т.4 : Физика элементарных частиц. Астрофизика / ISSEP. Междунар.соросовская программа образования в области

- точных наук; Гл.ред. В.Н.Сойфер; Ред. тома Б.И.Садовников и др. - М.: Магистр-Пресс, 2000. - 280с.:
10. Космический практикум: Учебное пособие для студентов вузов / Панасюк М.И., Радченко В.В., Богомолов А.В. и др.; Под ред. А.С.Ковтюха. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Университетская книга, 2006. - 189с.:
  11. Пайерлс Р.Е. Законы природы / Пайерлс Р.Е.; Пер.с англ. под ред. И.М.Халатникова. - М.: Госиздат технико-теоретической литературы, 1958. - 339с.:
  12. Гинзбург В.Л. Теоретическая физика и астрофизика: (дополнительные главы) / Гинзбург Виталий Лазоревич. - М.: Наука, 1975. - 416с.:
  13. Физика космических лучей. Современные достижения. Т.1 / Камерини У., Локк В., Перкинс Д. и др.; Сост. под ред. Дж.Вильсона; Пер.с англ. В.Б.Берестецкого, В.А.Троицкой; Под ред. П.И.Лукирского. - М.: Иностранная литература, 1954. - 439с.
  14. Добротин Н.А. Космические лучи: Учебное пособие / Добротин Н.А. - М.: Гостехиздат, 1954. - 320с.
  15. Субатомная физика: Вопросы. Задачи. Факты: Учебное пособие / Под ред. Б.С.Ишханова. - М.: Издательство Московского университета, 1994. - 224с.
  16. Окунь Л. Б. Физика элементарных частиц. - М.: Едиториал УРСС, 2005. - 216с.
  17. Птускин В.С. Происхождение космических лучей. // Успехи физических наук. №9/2010
  18. Александров А.Б. и др. Зарядовый спектр ядер галактических космических лучей в оливинах из метеоритов.// Успехи физических наук. №8/2010.
  19. Дас Ч.Р., Лаперашвили Л.В. Темная материя, зеркальный мир и E(б)-объединение // Ядерная физика. №2/2009. Т.72.
  20. Глушков А.В. Анизотропия направлений прихода космических лучей с энергией  $E > 8 \times 10^{18}$  эВ и микроволнового фонового излучения.// Ядерная физика. №8/2008, Т.71.

### **Справочные ресурсы и материалы в Интернет**

1. <http://nuclphys.sinp.msu.ru/>

### **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

1. Ткачев Л.Г. Физика космических лучей. Конспект лекций. Кафедра ядерной физики МУПОЧ, Дубна.
2. мультимедийный проектор;
3. иллюстративный материал в форме компьютерных презентаций и образовательных материалов из Интернет.

### **9. Формы контроля и оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

#### **Примерный перечень вопросов, выносимых на экзамен**

1. Проблема темной материи (ТМ) в астрофизике. Экспериментальные свидетельства ТМ и теоретические гипотезы.
2. Суперсимметрия в физике частиц и проблема ТМ. Нейтралитно. 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.

В дополнение к этим вопросам предлагается решить задачу, по уровню сложности сравнимую с контрольными заданиями, предлагающимися в течение семестра.



## **10. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины**

### **Методические рекомендации преподавателю**

Данный курс читается студентам после изучения ими основ космологии и спецкурсов по ядерным реакциям с участием нейтронов, гамма-квантов и заряженных частиц. Предполагается, что студенты знакомы с закономерностями этих реакций. Основной упор сделан на обсуждении современных моделей развития Вселенной, источников различных космических излучений. Подробно рассматриваются экспериментальные методы исследований различных космических излучений на примере конкретных детекторов и их научных программ. В заключительных разделах курса рассматриваются наименее исследованные вопросы экспериментального изучения нейтринного и гравитационного излучения.

### **Методические указания студентам**

Как и прежде, студент должен приучить себя к мысли о необходимости скорейшего освоения англо-язычной ядерной терминологии, поскольку основная литература по данному курсу (как, впрочем, и по другим спецкурсам) и ядерные базы данных написаны именно на английском языке. В рамках данного курса студенту предлагается на деле применить приобретенные знания для объяснения различных астрофизических явлений, в том числе, происхождения и эволюции Вселенной и горения звезд.

По каждой из тем для самостоятельного изучения, приведенных в рабочей программе данной дисциплины, следует сначала прочитать рекомендованную литературу и при необходимости составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме и для освоения последующих разделов курса.

Для расширения знаний по дисциплине рекомендуется использовать Интернет-ресурсы: проводить поиск в различных системах и использовать материалы сайтов, рекомендованных преподавателем на лекционных занятиях.