

КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

"УТВЕРЖДАЮ"

Проректор \_\_\_\_\_ В.С.Бухмин

ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
Общая физика: Ядерная физика

Цикл ЕН

ГСЭ - общие гуманитарные и социально-экономические дисциплины; ЕН - общие математические и естественнонаучные дисциплины; ОПД - общепрофессиональные дисциплины; ДС - дисциплины специализации; ФТД - факультативы.

Специальность: 010400 – Физика  
(Номер специальности) (Название специальности)

Принята на заседании кафедры физики твёрдого тела  
(Название кафедры)

(протокол №7 от "17" сентября 2009 г.)

Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ (Л.Р. Тагиров)

Утверждена Учебно-методической комиссией физического факультета  
КГУ (Название факультета)

(протокол №\_\_ от " \_\_ " \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.)

Председатель комиссии  
\_\_\_\_\_ (Д.А. Таюрский)

## Методические указания (пояснительная записка)

Рабочая программа дисциплины

"Общая физика: Ядерная физика"

Предназначена для студентов 3 курса,

по специальности: 010400

(Номер специальности)

–

Физика

(Название специальности)

АВТОРЫ: Е.Н. Дулов

### КРАТКАЯ АННОТАЦИЯ:

Данный курс лекций представляет заключительный раздел общего курса физики. В нем представлен материал по существующим моделям ядра. Акцентируется на вопросы, специфические для физики ядра: состав ядра, энергия связи, ядерные реакции, радиоактивность, а также на современную классификацию элементарных частиц.

1. Требования к уровню подготовки студента, завершившего изучение дисциплины

Общая физика: Ядерная физика

(Наименование дисциплины)

Студенты, завершившие изучение данной дисциплины должны:

- иметь представление о свойствах атомных ядер, радиоактивности, ядерных реакциях, нуклон-нуклонном взаимодействии и свойствах ядерных сил, моделях атомного ядра, о частицах и свойствах фундаментальных взаимодействий, об экспериментах в физике высоких энергий, о современных взглядах на природу взаимодействий, об основных направлениях и достижениях в объединении теорий фундаментальных взаимодействий, о современных достижениях астрофизики;
- знать механизмы и закономерности взаимодействия ядерных излучений с веществом, прикладное использование явлений ядерной физики и экспериментальных методов ядерной физики и физики высоких энергий.

2. Объем дисциплины и виды учебной работы (в часах)

Форма обучения очная  
очная, заочная, вечерняя

Количество семестров 1

Форма контроля: 6 семестр экзамен  
зачет, экзамен

№ п/п	Виды учебных занятий	Количество часов	
			6 семестр
1.	Всего часов по дисциплине		76
2.	Самостоятельная работа		42
3.	Аудиторных занятий		34
	в том числе: лекций		34
	семинарских (или лабораторно-практических) занятий		

Примечание: Лабораторный практикум по ядерной физике представлен в дисциплине ЕН.Ф.02 – "Общий физический практикум", 51 час.

## Содержание дисциплины

### ТРЕБОВАНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА К ОБЯЗАТЕЛЬНОМУ МИНИМУМУ СОДЕРЖАНИЯ ПРОГРАММЫ

Индекс	Наименование дисциплины и ее основные разделы	Всего часов
ЕН.Ф.01	<b>ОБЩАЯ ФИЗИКА: ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА И ЧАСТИЦ.</b> Свойства атомных ядер. Радиоактивность. Нуклон-нуклонное взаимодействие и свойства ядерных сил. Модели атомных ядер. Ядерные реакции. Взаимодействие ядерного излучения с веществом. Частицы и взаимодействия. Эксперименты в физике высоких энергий. Электромагнитные взаимодействия. Сильные взаимодействия. Слабые взаимодействия. Дискретные симметрии. Объединение взаимодействий. Современные астрофизические представления.	76

Примечание: если дисциплина устанавливается вузом самостоятельно, то в данной таблице ставится прочерк.

### СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Название темы и ее содержание	Количество часов	
		лекции	семинарские (лаб.-практ.) занятия
1	Введение. Основные этапы развития физики ядра и частиц. Масштабы явлений в ядерной физике и физике высоких энергий.	2	

№ п/п	Название темы и ее содержание	Количество часов	
		лекции	семинарские (лаб.-практ.) занятия
2	Ядро как система связанных нуклонов. Изотопы, изобары. Статические свойства ядер, временной критерий этого понятия. Заряд ядра. Масса ядра, измерение масс ядер и частиц. Изотопические эффекты.	2	
3	Энергия связи. Полуэмпирическая формула Вайцеккера для энергии связи относительно нуклонов.	2	
4	Квантовые характеристики ядерных состояний. Спин и магнитный момент ядра. Методы измерения этих характеристик.	2	
5	Четность, закон сохранения четности. Эксперимент Ву. Четность ядра как системы частиц. Симметрия волновых функций тождественных частиц.	2	
6	Статические электромагнитные мультипольные моменты ядер. Электрический квадрупольный момент. Квадрупольное сверхтонкое расщепление	1	
7	Ядерные превращения, распады и ядерные реакции. Общие закономерности: характеристики вероятности превращения, законы сохранения, энергия превращения. Пороговая энергия ядерной реакции и процесса рождения частиц.	2	
8	Радиоактивность естественная и искусственная. Закон радиоактивного распада. Активность. Альфа-распад. Спектры альфа-частиц. Элементы теории альфа-распада.	1	

№ п/п	Название темы и ее содержание	Количество часов	
		лекции	семинарские (лаб.-практ.) занятия
9	Бета-распад. Энергетические спектры продуктов распада. Элементы теории бета-распада. Понятие о слабом взаимодействии. Гамма-излучение ядер. Внутренняя конверсия. Правила отбора по моменту и четности и вероятности переходов.	1	
10	Ядерные реакции с образованием составного ядра. Общие закономерности Резонансные и нерезонансные реакции.	2	
11	Прямые ядерные реакции. Использование прямых ядерных реакций для определения квантовых характеристик ядерных состояний.	1	
12	Ядерные реакции под действием гамма-квантов. Гигантский резонанс. Ядерная резонансная флюоресценция, эффект Мессбауэра.	2	
13	Особенности ядерных реакций под действием электронов, нейтронов, многозарядных ионов. Реакции образования трансурановых элементов.	2	
14	Модели атомных ядер. Капельная модель ядра. Колебательные состояния ядра, их квантовые характеристики. Модель несферического ядра. Вращательные уровни ядра.	2	
15	Модели атомных ядер. Оболочечная модель, ее физическое обоснование. Квантовые характеристики одночастичных состояний. Спин и четность ядра в оболочечной модели. Деление тяжелых ядер, спонтанное и вынужденное. Энергия превращения. Свойства продуктов превращения. Механизм реакции деления. Параметр деления. Цепная ядерная реакция.	2	

№ п/п	Название темы и ее содержание	Количество часов	
		лекции	семинарские (лаб.-практ.) занятия
16	Синтез легких ядер. Термоядерный синтез. Синтез в звездах. Проблема управляемого термоядерного синтеза. Взаимодействие заряженных частиц высоких энергий с веществом. Потери энергии, кривая Брегга, пробег. Механизмы взаимодействия, влияние на свойства среды. Понятие о дозиметрии. Поглощенная доза. Особенности взаимодействия гамма-квантов и нейтронов с веществом.	2	
17	Механизмы взаимодействия гамма-квантов с веществом. Передача энергии гамма-излучения веществу, керма и поглощенная доза. Экспериментальные методы в физике высоких энергий.	2	
18	Общие свойства элементарных частиц. Классификация. Частицы и античастицы. Механизмы взаимодействия частиц. Законы сохранения.	2	
19	Сильные взаимодействия и структура адронов. Кварки и глюоны.	2	
	Итого часов:	34	

Примечание: программа содержит подробную характеристику содержания темы. Название, количество тем в программе, количество часов на каждую тему определяется согласно Государственному образовательному стандарту по специальности.

## ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Капитонов И.М. Введение в физику ядра и частиц. 2002. М., УРСС. 328с.
2. B.Povh, K.Rith, C.Scholz, F. Zetsche Particles and nuclei. An introduction to the physical concepts. Springer, 2006, 389p.
3. Ишханов Б.С., Капитонов И.М., Орлин В.Н. Модели атомных ядер. 1997. М., Изд. МГУ. 155с.
4. Колпаков П.Е. Основы ядерной физики. 1969. М., Просвещение. 254с.
5. Широков Ю.М., Юдин Н.П. Ядерная физика. Издание 2-е. – М.: Наука, 1980, 728с.
6. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. Т.1. Физика атомного ядра. Издание 3-е – М.: Атомиздат, 1974, 584с.
7. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. Т.2. Физика элементарных частиц. Издание 3-е. – М.: Атомиздат, 1974 336с.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Ишханов Б.С., Капитонов И.М., Мокев В.И. Ядерная физика, ч. 1,2. Издательство Московского университета, 1980.
2. Окунь Л.Б. Физика элементарных частиц. 2005. М., УРСС.
3. Фрауэнфельдер Г., Хенли Э. Субатомная физика. – М.: Мир 1979.
4. Ляпидевский В.К. Методы детектирования излучений. – М.: Энергоатомиздат, 1987, 408 с.
5. Сивухин Д.В. Атомная и ядерная физика. В 2-х частях. Ч.2. Ядерная физика. М.: Наука, 1989.
6. Наумов А.И. Физика атомного ядра и элементарных частиц. – М.: Просвещение, 1984, 384 с

## ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ЯДЕРНОГО ПРАКТИКУМА

1. Бета-распад. Определение верхней границы бета-спектра.
2. Альфа-распад. Спектрометрия альфа-излучения.
3. Гамма-излучение ядер. Спектрометрия гамма-излучения.
4. Искусственная радиоактивность и определение периодов полураспада.
5. Дозиметрия ионизирующих излучений. Определение условий безопасности работы с источником гамма-излучения.

## ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНАЦИОННЫМ БИЛЕТАМ

- 1 Ядро как система связанных нуклонов. Изотопы, изобары. Заряд ядра.
- 2 Масса ядра, измерение масс ядер и частиц. Изотопические эффекты.
- 3 Энергия связи. Полуэмпирическая формула Вайцзеккера для энергии связи относительно нуклонов.
- 4 Спин и магнитный момент ядра. Методы измерения этих характеристик. Закономерности формирования спина ядра.
- 5 Четность, закон сохранения четности. Эксперимент Ву.
- 6 Четность, закон сохранения четности. Четность ядра как системы частиц.
- 7 Статические электромагнитные мультипольные моменты ядер. Электрический квадрупольный момент.
- 8 Электрический квадрупольный момент. Квадрупольное сверхтонкое расщепление
- 9 Ядерные превращения, распады и ядерные реакции. Общие закономерности: характеристики вероятности превращения,
- 10 Ядерные превращения, распады и ядерные реакции. Законы сохранения, энергия превращения. Пороговая энергия ядерной реакции и процесса рождения частиц.
- 11 Радиоактивность естественная и искусственная. Закон радиоактивного распада. Активность.
- 12 Альфа-распад. Спектры альфа-частиц. Закон Гейгера-Нэттола.
- 13 Бета-распад. Энергетические спектры продуктов распада.
- 14 Гамма-излучение ядер. Внутренняя конверсия. Правила отбора по моменту и четности и вероятности переходов.
- 15 Ядерные реакции с образованием составного ядра. Общие закономерности.
- 16 Прямые ядерные реакции. Использование прямых ядерных реакций для определения квантовых характеристик ядерных состояний.
- 17 Ядерные реакции под действием гамма-квантов. Гигантский резонанс.
- 18 Ядерные реакции под действием гамма-квантов. Ядерная резонансная флюоресценция, эффект Мессбауэра.
- 19 Реакции образования трансурановых элементов
- 20 Капельная модель ядра. Колебательные состояния ядра, их квантовые характеристики.

- 21 Оболочечная модель, ее физическое обоснование. Квантовые характеристики одночастичных состояний.
- 22 Оболочечная модель. Спин и четность ядра в оболочечной модели.
- 23 Деление тяжелых ядер, спонтанное и вынужденное. Энергия превращения. Свойства продуктов превращения.
- 24 Деление тяжелых ядер. Механизм реакции деления. Параметр деления. Цепная ядерная реакция.
- 25 Синтез легких ядер. Термоядерный синтез. Синтез в звездах. Проблема управляемого термоядерного синтеза
- 26 Взаимодействие заряженных частиц высоких энергий с веществом. Потери энергии, кривая Брегга, пробег.
- 27 Взаимодействие заряженных частиц высоких энергий с веществом. Механизмы взаимодействия, влияние на свойства среды. Понятие о дозиметрии. Поглощенная доза.
- 28 Общие свойства элементарных частиц. Классификация. Частицы и античастицы.
- 29 Общие свойства элементарных частиц. Механизмы взаимодействия частиц. Законы сохранения.
- 30 Сильные взаимодействия и структура адронов. Кварки и глюоны.