

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кубанский государственный университет»
Физико-технический факультет

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе,
качеству образования – первый
проректор

Ванов А.Г.

« 30 » ноября 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
Б1.В.ДВ.08.02 СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЯДЕРНОЙ
ФИЗИКИ

(код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)

Направление подготовки / специальность

03.03.03 Радиоп физика

(код и наименование направления подготовки/специальности)

Направленность (профиль) / специализация

Радиофизические методы по областям применения

(наименование направленности (профиля) специализации)

Программа подготовки

академическая

(академическая /прикладная)

Форма обучения

очная

(очная, очно-заочная, заочная)

Квалификация (степень) выпускника

бакалавр

(бакалавр, магистр, специалист)

Краснодар 2017

Рабочая программа дисциплины Б1.В.ДВ.08.02 «Специальные вопросы ядерной физики» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 03.03.03 Радиофизика, профиль «Радиофизические методы по областям применения».

Программу составил:

В.П. Прохоров, канд. физ.-мат. наук,
доцент кафедры оптоэлектроники


подпись

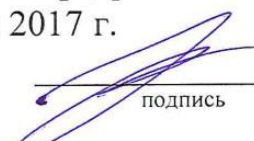
Рабочая программа дисциплины Б1.В.ДВ.08.02 «Специальные вопросы ядерной физики» утверждена на заседании кафедры оптоэлектроники ФТФ, протокол № 8 от 11 мая 2017 г.

Заведующий кафедрой оптоэлектроники
д-р техн. наук, профессор Яковенко Н.А.


подпись

Рабочая программа дисциплины обсуждена на заседании кафедры радиофизики и нанотехнологий, протокол № 9 от 02 мая 2017 г.

Заведующий кафедрой, д-р физ.-мат. наук Копытов Г.Ф.


подпись

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета, протокол № 6 от 04 мая 2017 г.

Председатель УМК ФТФ
д-р физ.-мат. наук, профессор Богатов Н.М.


подпись

Рецензенты:

Шевченко А.В., канд. физ.-мат. наук, ведущий специалист ООО «Южная аналитическая компания»,

Добро Л.Ф., канд. пед. наук, доцент кафедры физики и информационных систем.

1. Цели и задачи изучения дисциплины (модуля)

1.1. Цель освоения дисциплины

Учебная дисциплина «Специальные вопросы ядерной физики» входит в блок естественно-научных дисциплин, предназначенных для формирования у учащихся естественно-научного мировоззрения о процессах и явлениях, связанных с физическими свойствами микромира и квантовыми явлениями на уровнях атомарной и субатомарной структуры вещества, а также элементарных частиц. Актуальность дисциплины «Физика атомного ядра и частиц» обусловлена применением знаний, умений и навыков, полученных в процессе ее изучения, для изучения дисциплин из других блоков и успешного освоения специальности в целом.

Учебная дисциплина «Специальные вопросы ядерной физики» ставит своей целью изучение физических свойств микромира и квантовых явлений на уровнях субатомарной структуры вещества и элементарных частиц.

1.2. Задачи дисциплины

Основные задачи освоения дисциплины:

- изучение экспериментальных и теоретических основ физики атомного ядра и элементарных частиц и рассмотрение экспериментальных принципов физики высоких энергий;
- усвоение основных понятий физики атомного ядра и элементарных частиц, фундаментальных взаимодействий между частицами микромира, классификации элементарных частиц в рамках принятых в ядерной физике моделей.

Воспитательная задача заключается в формировании у студентов профессионального отношения к проведению научно-исследовательских и прикладных работ, в развитии творческой инициативы и самостоятельности мышления.

В расширенный список общих задач дисциплины входят следующие задачи:

- *обобщить и систематизировать знания по:*
 - современным представлениям об атомном и субатомном строении вещества, о свойствах и структуре атомных ядер и элементарных частиц;
 - основным законам, идеям и принципам физики атомного ядра и элементарных частиц;
- *научить:*
 - экспериментальным и теоретическим основам физики атомного ядра и элементарных частиц, экспериментальным принципам физики высоких энергий;
 - основным понятиям и принципам физики атомного ядра и элементарных частиц, фундаментальных взаимодействий между частицами микромира, классификации элементарных частиц в рамках принятых в ядерной физике моделей;
 - с научной точки зрения осмысливать и интерпретировать основные положения субатомных явлений;
 - применять полученные знания для правильной интерпретации основных явлений физики ядра и элементарных частиц;
 - надлежащим образом оценивать порядки физических величин;
 - использовать полученные знания в различных областях физической науки и техники;
- *сформировать:*
 - навыки применения основных методов физико-математического анализа для решения конкретных задач физики атома, атомных ядер и элементарных частиц;
 - навыки физико-математического моделирования;

- умение с помощью адекватных методов оценивать точность и погрешность теоретических расчетов и экспериментальных измерений;
- умение анализировать физический смысл полученных результатов.

1.3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Б1.В.ДВ.08.02 «Специальные вопросы ядерной физики» входит в дисциплины по выбору Б1.В.ДВ вариативной части Б1.В блока 1. Дисциплины (модули) Б1 учебного плана.

Дисциплина логически и содержательно-методически связана с дисциплинами модулей «Математика», «Общая физика», «Общий физический практикум». Для освоения данной дисциплины необходимо владеть методами математического анализа, аналитической геометрии, линейной алгебры, решением алгебраических, дифференциальных и интегральных уравнений; теории функций комплексного переменного, теории вероятностей и математической статистики; знать основные физические законы; уметь применять математические методы и физические законы для решения практических задач.

В результате изучения настоящей дисциплины студенты должны получить знания, имеющие не только самостоятельное значение, но и обеспечивающие базовую подготовку для усвоения дисциплин базовой и вариативной частей блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана.

1.4. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций: ОПК-1, ПК-1.

№ п/п	Индекс компе- тенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
1	ОПК-1	способность к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности	– современные представления о свойствах и структуре атомных ядер, основные законы, идеи и принципы физики ядра и элементарных частиц в их историческом становлении и развитии, методы физико-математического моделирования и теоретического исследования явлений физики атомного	– применять полученные знания для правильной интерпретации основных явлений физики ядра и элементарных частиц и надлежащей оценки порядков физических величин;	– методами проведения физических исследований и измерений;
	ПК-1	способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования	– применять соответствующие методы проведения физических исследований и измерений;	– применять основные методы физико-математического анализа	– навыками применения основных методов физико-математического анализа для решения естественно-научных задач;

			ядра и элементарных частиц; – экспериментальные методы изучения ядерных реакций, принципы ускорения элементарных частиц и ядер, физические принципы работы ускорителей элементарных частиц и их классификацию; – практические методы регистрации и анализа заряженных частиц; – принципы устройства и функционирования экспериментальных приборов как для исследования ядер и элементарных частиц, так и для регистрации и анализа заряженных частиц.	за для решения естественнонаучных задач и физического моделирования в производственной практике; – применять полученные теоретические знания для решения конкретных прикладных задач в профессиональной области; – с помощью адекватных методов оценивать точность и погрешность теоретических расчетов и экспериментальных измерений, анализировать физический смысл полученных результатов.	математического моделирования, теоретического расчета и экспериментального исследования; – навыками применения полученных теоретических знаний для решения прикладных задач.
--	--	--	--	---	---

2. Структура и содержание дисциплины

2.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 зач. ед. (72 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице (для студентов ОФО).

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры (часы)			
		5			
Контактная работа, в том числе:					
Аудиторные занятия (всего):	40,2	40,2			
Занятия лекционного типа	–	–	–	–	–
Лабораторные занятия	–	–	–	–	–
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)	36	36	–	–	–

		–	–	–	–	–
Иная контактная работа:						
Контроль самостоятельной работы (КСР)		4	4			
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,2	0,2			
Самостоятельная работа, в том числе:						
Курсовая работа		–	–	–	–	–
Проработка учебного (теоретического) материала		12	12	–	–	–
Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)		7,8	7,8	–	–	–
Реферат		–	–	–	–	–
Подготовка к текущему контролю		12	12	–	–	–
Контроль:						
Подготовка к экзамену		–	–			
Общая трудоемкость	час.	72	72	–	–	–
	в том числе контактная работа	40,2	40,2			
	зач. ед.	2	2			

Контактная работа при проведении учебных занятий по дисциплине «Специальные вопросы ядерной физики» включает в себя: практические занятия, групповые и индивидуальные консультации; промежуточная аттестация в устной форме.

2.2. Структура дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.
Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 5 семестре (очная форма):

№ п/п	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа СРС
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Свойства атомных ядер	8,8		4		4,8
2	Радиоактивность	18		10		6
3	Ядерные реакции	18		8		8
4	Взаимодействие ядерного излучения с веществом	12		6		6
5	Частицы и взаимодействия	15		8		7
	Итого по дисциплине:	71,8		36		4
						31,8

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента, КСР – контроль самостоятельной работы.

2.3. Содержание разделов (тем) дисциплины

2.3.1. Занятия лекционного типа

Согласно учебному плану занятия лекционного типа по данной дисциплине предусмотрены в рамках учебной дисциплины Б1.Б.09 Физика атомного ядра и частиц (см. соот-

ветствующую РПД).

2.3.2. Занятия семинарского типа

№ п/п	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	Свойства атомных ядер	Основные этапы развития физики атомного ядра и элементарных частиц. Масштабы явлений микромира. Общие свойства атомных ядер. Нуклоны. Изотопы, изобары, изотоны. Плотность ядерного вещества. Измерения в микромире и единицы измерения физических величин в ядерной физике. Размеры и форма ядер. Протон-нейтронная модель ядра. Заряд ядра. Масса и энергия связи ядра. Дефект масс. Удельная энергия связи. Полуэмпирическая формула Вайцеккера для энергии связи ядра. N-Z диаграмма атомных ядер. Магические ядра. Стабильные и радиоактивные ядра. Спин и магнитный момент нуклонов и ядра. Ядерный магнетон. Методы определения спина и магнитного момента ядра. Ядерный магнитный резонанс. Сверхтонкая структура спектральных линий. Дипольный и квадрупольный электрические моменты ядра. Квантовомеханическое описание ядерных состояний. Четность волновой функции. Бозоны и фермионы. Принцип Паули. Статистики ядер. Изотопический спин ядра. Пространственная инверсия. Зарядовое сопряжение. Обращение времени. CPT-теорема.	Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий
2	Радиоактивность	Радиоактивные превращения ядер. Естественная и искусственная радиоактивность. Статистический характер радиоактивного распада. Законы радиоактивного распада. Радиоактивные семейства. Виды радиоактивного распада. Альфа-распад ядер. Энергетическое рассмотрение альфа-распада. Спектры альфа-частиц. Зависимость периода полураспада от энергии альфа-частиц. Механизм альфа-распада. Туннельный эффект. Бета-распад ядер. Виды бета-распада. Энергетический спектр бета-частиц. Нейтрино и его свойства. Экспериментальное доказательство существования нейтрино. Элементы теории бета-распада. Разрешенные и запрещенные бета-переходы. Несохранение четности в бета-распаде.	Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий / контрольные работы

		Гамма-излучение ядер. Вероятность гамма-перехода и правила отбора. Внутренняя конверсия электронов. Ядерная изомерия. Резонансное поглощение излучения. Эффект Мессбауэра и его практическое применение.	
3	Ядерные реакции	Ядерные реакции, их символика и классификация. Законы сохранения в ядерных реакциях. Энергия реакции. Прямые ядерные реакции и реакции, идущие через образование составного ядра. Модель составного ядра. Энергетическая схема ядерной реакции. Порог эндонергетической реакции. Импульсная диаграмма для ядерной реакции. Импульсные диаграммы рассеяния в ядерных реакциях. Законы сохранения при ядерных взаимодействиях. Ядерные реакции с образованием компаундов ядра. Резонансные ядерные реакции. Формула Брейта–Вигнера. Реакции прямого ядерного взаимодействия. Реакции срыва. Взаимодействие нейтронов с ядрами. Ядерные реакции под действием легких заряженных частиц (альфа-частиц, протонов и дейтронов). Фотоядерные реакции. Деление и синтез атомных ядер. Основные экспериментальные данные о делении и энергетические условия деления. Элементарная теория деления. Вынужденное и спонтанное деление. Вторичные нейтроны. Цепной процесс ядерного деления и его практическое применение. Реакции на медленных и на быстрых нейтронах. Трансурановые элементы. Ядерные взрывы. Ядерные реакторы. Синтез легких ядер. Термоядерные реакции. Проблемы управляемого термоядерного синтеза. Ядерные реакции в звездах. Протонно-протонный цикл. Углеродно-азотный цикл.	Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий / контрольные работы
4	Взаимодействие ядерного излучения с веществом	Общая характеристика взаимодействия заряженных частиц, нейтронов и гамма-квантов с веществом. Ионизационное торможение заряженных частиц в веществе. Потери энергии на ионизацию и возбуждение атомов. Свободный пробег, закон поглощения, длина поглощения, радиационная длина рассеяния, поглощенная доза. Связь пробега с энергией. Взаимодействие нейтронов с веществом. Замедление нейтронов. Прохождение гамма-излучения через вещество. Биологическое действие ионизирующих излучений. Дозиметрия и	Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий

		защита от ионизирующих излучений.	
5	Частицы и взаимодействия	Четыре типа фундаментальных взаимодействий. Константы и радиусы взаимодействия. Принципы описания взаимодействия частиц в квантовой теории поля. Переносчики взаимодействия. Понятие о диаграммах Фейнмана. Классификация элементарных частиц в рамках Стандартной Модели. Частицы и взаимодействия. Классификация элементарных частиц. Основные характеристики частиц. Калибровочные бозоны, лептоны и адроны. Фундаментальные частицы. Квантовые числа элементарных частиц. Частицы и античастицы. Процессы аннигиляции. Возбужденные состояния адронов. Частицы-резонансы. Законы сохранения в мире элементарных частиц.	Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий / контрольные работы

Практические занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практического занятия	Кол-во часов
1	1	Свойства атомных ядер	4
2	2	Радиоактивность	10
3	3	Ядерные реакции	8
4	4	Взаимодействие ядерного излучения с веществом	6
5	5	Частицы и взаимодействия	8
Итого:			36

2.3.3. Лабораторные занятия

Согласно учебному плану лабораторные занятия по данной дисциплине предусмотрены в рамках учебной дисциплины Б1.Б.10 Общий физический практикум (Физика атомного ядра и частиц) (см. соответствующую РПД).

2.3.4. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Согласно учебному плану курсовые работы (проекты) по данной дисциплине не предусмотрены.

2.4. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№ п/п	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	Проработка учебного (теоретического) материала; выполнение индивидуальных заданий; реферат;	Методические указания по организации самостоятельной работы студентов, утвержденные кафедрой оптоэлектроники, протокол № 6 от «01» марта 2017 г.

	подготовка к текущей и промежуточной аттестации	
2	Подготовка к практическим занятиям	Методические указания по организации самостоятельной работы студентов, утвержденные кафедрой оптоэлектроники, протокол № 6 от «01» марта 2017 г.
3	Подготовка к выполнению лабораторных работ	Методические указания по организации самостоятельной работы студентов, утвержденные кафедрой оптоэлектроники, протокол № 6 от «01» марта 2017 г.

№ п/п	Наименование раздела (темы)	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	Свойства атомных ядер	1. Иродов И. Е. Квантовая физика. Основные законы. – М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2010. (посл. стер. изд. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014.) 2. Иродов И.Е. Квантовая физика. Основные законы: учебное пособие [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – Москва: Издательство «Лаборатория знаний», 2017. – 261 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/94103 3. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: учебник: [в 3 т.] / Т. 1: Физика атомного ядра. Изд. 6-е, испр. и доп. – СПб. [и др.]: Лань, 2008.
2	Радиоактивность	
3	Ядерные реакции	
4	Взаимодействие ядерного излучения с веществом	
5	Частицы и взаимодействия	4. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: учебник: [в 3 т.] / Т. 2: Физика ядерных реакций. Изд. 6-е, испр. и доп. – СПб. [и др.]: Лань, 2008. 5. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: учебник: [в 3 т.] / Т. 3: Физика элементарных частиц. Изд. 6-е, испр. и доп. – СПб. [и др.]: Лань, 2008. 6. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 1. Физика атомного ядра [Электронный ресурс]: учеб. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2009. – 384 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/277 7. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 2. Физика ядерных реакций [Электронный ресурс]: учеб. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2009. – 326 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/279 8. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 3. Физика элементарных частиц [Электронный ресурс]: учеб. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2008. – 432 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/280

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

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.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

3. Образовательные технологии

В процессе преподавания дисциплины используются следующие методы:

- проведение практических занятий;
- домашние задания;
- опрос;
- индивидуальные практические задания;
- консультации преподавателей;
- самостоятельная работа студентов (изучение теоретического материала, подготовка к лабораторным занятиям, выполнение домашних работ и индивидуальных типовых расчетов, подготовка к опросу).

По изучаемой дисциплине студентам предоставляется возможность открыто пользоваться (в том числе копировать на личные носители информации) подготовленными ведущим данную дисциплину преподавателем материалами в виде **электронного комплекса сопровождения**, включающего в себя:

- электронные конспекты лекций;
- электронные планы практических (семинарских) занятий;
- электронные варианты учебно-методических пособий для выполнения лабораторных заданий;
- списки контрольных вопросов к каждой теме изучаемого курса;
- разнообразную дополнительную литературу, относящуюся к изучаемой дисциплине в электронном виде (в различных текстовых форматах и графических форматах, а также в форматах *.pdf, *.djvu).

Сопровождение самостоятельной работы студентов также организовано в следующих формах:

- усвоение, дополнение и вникание в разбираемые разделы дисциплины при помощи знаний получаемых по средствам изучения рекомендуемой литературы и осуществляемое путем написания реферативных работ;
- консультации, организованные для разъяснения проблемных моментов при самостоятельном изучении тех или иных аспектов разделов усваиваемой информации в дисциплине.

Основные образовательные технологии, используемые в учебном процессе:

- обсуждение сложных и дискуссионных вопросов и проблем и разрешение проблем;
- компьютерные занятия в режимах взаимодействия «преподаватель – студент», «студент – преподаватель», «студент – студент»;
- технологии смешанного обучения: дистанционные задания и упражнения, составление глоссариев терминов и определений, групповые методы Wiki, интернет-тестирование и анкети-

рование.

Интерактивные образовательные технологии, используемые в аудиторных занятиях:

- технология развития критического мышления;
- использование средств мультимедиа;
- изучение и закрепление нового материала (интерактивная лекция, работа с наглядными пособиями, видео- и аудиоматериалами, использование вопросов, Сократический диалог);
- обсуждение сложных и дискуссионных вопросов и проблем («Займи позицию (шкала мнений)», проективные техники, «Один – вдвоем – все вместе», «Смени позицию», «Дискуссия в стиле телевизионного ток-шоу», дебаты, симпозиум);
- разрешение проблем («Дерево решений», «Мозговой штурм», «Анализ казусов»);
- творческие задания;
- работа в малых группах;
- использование средств мультимедиа (компьютерные классы).

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

4.1. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля содержит:

- контрольные вопросы по учебной программе;
- практические задания по учебной программе;
- контрольные работы по учебной программе.

Контрольные вопросы по учебной программе

В процессе подготовки и ответов на контрольные вопросы формируются и оцениваются все требуемые ФГОС и ООП для направления 03.03.03 Радиофизика (профиль: Радиофизические методы по областям применения (биофизика) компетенции: ОПК-1, ПК-1.

Ниже приводятся примеры контрольных вопросов для рабочей программы.

Полный комплект контрольных вопросов для всех разделов рабочей программы приводится в ФОС дисциплины Б1.В.ДВ.08.02 Специальные вопросы ядерной физики».

2(1). Радиоактивность и ее характеристики. Закон радиоактивного распада.

В чем физический смысл постоянной радиоактивного распада? Как можно прийти к выводу, что радиоактивные свойства элемента обусловлены структурой его ядра? Можно ли указать, какие ядра и когда распадутся в радиоактивном образце за рассматриваемое время? Почему?

Что такое активность и удельная активность препарата?

Какие характеристики радиоактивного распада определяют его интенсивность?

Нарисуйте график зависимости $\ln A$ (A – активность препарата) от времени. Какие данные могут быть из него получены?

Как и во сколько раз изменится число ядер радиоактивного вещества за время, равное двум периодам полураспада?

Как (по какому закону) изменяется со временем активность нуклида?

Выразите среднее время жизни радиоактивного ядра через постоянную радиоактивного распада.

Что продолжительнее – четыре периода полураспада или три средних времени жизни радиоактивного ядра?

Какая доля нуклида распадется на протяжении двух средних времен жизни радиоактивного ядра?

Каково соотношение между средним временем жизни радиоактивного ядра и периодом полураспада?

Какая доля начального количества радиоактивного изотопа распадется за время, равное средней продолжительности жизни этого изотопа?

2(2). Виды радиоактивных процессов и их свойства.

Каковы свойства α -излучения?

Может ли ядро ${}^9_5\text{B}$ испустить α -частицу?

Как изменится энергия испускаемых α -частиц с увеличением периода полураспада радиоактивного элемента? Ответ обоснуйте.

Как объяснить огромное различие в периодах полураспада α -радиоактивных ядер?

Что общего и в чем различие β^- и β^+ распадов?

Запишите схему e -захвата. Что сопровождает e -захват? В чем его отличие от $\beta^\pm$ -распадов?

Запишите и объясните правила смещения для трех типов β -распадов.

Почему электронный захват называют также К-захватом? Объясните его механизм.

Почему при α -распаде одинаковых ядер энергии α -частиц одинаковы, а при β -распаде одинаковых ядер энергии β -частиц различны?

Укажите как можно больше различий между α -, β - и γ -излучениями.

Как объяснить появление электронов (позитронов) при β^- -радиоактивном (β^+ -радиоактивном) распаде ядер?

Наблюдается ли радиоактивный распад свободных протонов? нейтронов? Почему?

Почему для объяснения β -распада возникла необходимость гипотезы о существовании нейтрино (антинейтрино)?

Наблюдается ли γ -излучение свободных нуклонов? Ответ обоснуйте.

Как можно отличить β -электроны от электронов конверсии?

Когда может наблюдаться парная конверсия?

Когда возникает спонтанное деление тяжелых ядер?

Практические задания по учебной программе

В процессе подготовки и выполнения практических заданий формируются и оцениваются все требуемые ФГОС и ООП для направления 03.03.03 Радиофизика (профиль: Радиофизические методы по областям применения (биофизика) компетенции: ОПК-1, ПК-1.

Ниже приводятся примеры практических заданий для рабочей программы.

Полный комплект практических заданий для всех разделов рабочей программы приводится в ФОС дисциплины Б1.В.ДВ.08.02 Специальные вопросы ядерной физики».

1(1). Энергия связи атомного ядра

1. Пользуясь табличными значениями масс нуклидов найти энергию связи и удельную энергию связи для ядра ${}^{16}_8\text{O}$.

2. Найти энергию возбуждения ядра ${}^{207}_{82}\text{Pb}$, возникающего при захвате ядром ${}^{206}_{82}\text{Pb}$ нейтрона с пренебрежимо малой кинетической энергией.

3. Вычислить энергию связи нейтрона в ядре ${}^{14}_7\text{N}$, если известно, что энергия связи

ядер $^{14}_7\text{N}$ и $^{13}_7\text{N}$ равна соответственно 104,66 и 94,10 МэВ.

4. Пользуясь полуэмпирической формулой Вейцеккера вычислить энергию связи ядра $^{70}_{30}\text{Zn}$.

5. Ядро $^{27}_{14}\text{Si}$ переходит в «зеркальное» ядро $^{27}_{13}\text{Al}$, испытывая β^+ -распад. Максимальная кинетическая энергия вылетевшего позитрона $K_{\max} = 3,48 \text{ МэВ}$. Оценить по этим данным r_0 в формуле для радиуса ядра $R = r_0 A^{1/3}$.

1(2). Спин и магнитный момент атомного ядра

1. С помощью модели ядерных оболочек найти спин, четность и магнитный момент ядра $^{17}_8\text{O}$ в основном состоянии.

2. Найти число компонент сверхтонкого расщепления линии $^2P_{3/2} \rightarrow ^2S_{1/2}$ для атома ^{39}K , спин которого равен 3/2.

3. Спин ядра атома лития (его полный угловой момент) $I = 3/2$. При учете сверхтонкого взаимодействия интегралом движения является полный момент атома $\vec{F} = \vec{I} + \vec{J}$ ($\vec{J}$ – угловой момент электронной оболочки). Найти два возможных значения магнитных моментов атома лития, находящегося в состоянии $^2P_{1/2}$. Собственным магнитным моментом ядра пренебречь.

4. Используя векторную модель, показать, что гиромагнитный множитель нуклона, находящегося в состоянии (l, j) , $g_j = g_l \pm \frac{g_s - g_l}{2l + 1}$, где знак плюс для $j = l + 1/2$; знак минус для $j = l - 1/2$; g_s и g_l – спиновый и орбитальный гиромагнитные множители.

5. В сильном магнитном поле каждый из подуровней терма $^2S_{1/2}$ атома ^{85}Rb расщепляется на 6 компонент. Найти спин ядра атома.

Контрольные работы по учебной программе

В процессе подготовки и выполнения контрольных работ формируются и оцениваются все требуемые ФГОС и ООП для направления 03.03.03 Радиофизика (профиль: Радиофизические методы по областям применения (биофизика)) компетенции: ОПК-1, ПК-1.

Ниже приводится пример контрольной работы.

Полный комплект контрольных работ для рабочей программы приводится в ФОС дисциплины Б1.В.ДВ.08.02 «Специальные вопросы ядерной физики».

Контрольная работа № 3

Вариант 1.

1. Вычислить в а.е.м. массу ядра ^{11}C с энергией связи на один нуклон 6,04 МэВ.

2. Активность некоторого радиоизотопа уменьшается в 2,5 раза за 7,0 суток. Найти его период полураспада.

3. Какие ядра образуются из альфа-активного ^{226}Ra в результате пяти альфа распадов и 4-х β^- -распадов?

Вариант 2.

1. Неподвижная частица массы M распадается на 2 γ -кванта. Определите импульс каждого γ -кванта.

2. В начальный момент активность некоторого изотопа составляла $1,2 \cdot 10^6$ Бк. Какова будет его активность по истечении половины периода полураспада?

3. При делении одного ядра ^{235}U на два осколка выделяется около 200 МэВ энергии. Сколько энергии (в Дж) выделится при сжигании в ядерном реакторе 20-ти граммов этого изотопа?

Текущий и рубежный контроль осуществляются по контрольным вопросам по изучаемой дисциплине, по итогам выполнения лабораторных работ и индивидуальных практических заданий.

4.2. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

4.2.1. Вопросы, выносимые на зачет по дисциплине «Специальные вопросы ядерной физики» для направления подготовки: 03.03.03 Радиофизика

В процессе подготовки и сдачи зачета формируются и оцениваются все требуемые ФГОС и ООП для направления 03.03.03 Радиофизика (профиль: Радиофизические методы по областям применения (биофизика) компетенции: ОПК-1, ПК-1.

1. Общие свойства атомных ядер. Протон-нейтронная модель ядра.
2. Заряд, размеры, и массы ядер. Методы их определения. Изотопы, изобары, изотоны. Плотность ядерного вещества.
3. Энергия связи ядра. Полуэмпирическая формула Вайцеккера для энергии связи ядра.
4. Спин и магнитный момент нуклонов и ядра. Ядерный магнетон. Методы определения спина и магнитного момента ядра.
5. Капельная модель ядра. Область применения и недостатки капельной модели.
6. Радиоактивные превращения ядер. Законы радиоактивного распада. Виды радиоактивного распада.
7. Альфа-распад ядер. Механизм альфа-распада.
8. Бета-распад ядер. Элементы теории бета-распада.
9. Нейтрино и его свойства. Несохранение четности при слабых взаимодействиях.
10. Гамма-излучение ядер и внутренняя конверсия электронов.
11. Эффект Мессбауэра и его практическое применение.
12. Ядерные реакции. Законы сохранения в ядерных реакциях.
13. Энергетическая схема ядерной реакции. Порог эндотермической реакции.
14. Импульсные диаграммы рассеяния при ядерных взаимодействиях.
15. Ядерные реакции с образованием компаундов ядра.
16. Взаимодействие нейтронов с ядрами. Фотоядерные реакции.
17. Деление атомных ядер. Энергетические условия деления и элементарная теория деления.
18. Вынужденное и спонтанное деление ядер. Вторичные нейтроны. Коэффициент размножения.
19. Цепной процесс ядерного деления и его практическое применение.
20. Взаимодействие заряженных частиц, нейтронов и гамма-квантов с веществом. Потери энергии на ионизацию и возбуждение атомов.
21. Основные характеристики процесса прохождения заряженных частиц через вещество.
22. Биологическое действие ионизирующих излучений. Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений.
23. Характеристика известных типов фундаментальных взаимодействий. Константы, радиусы и переносчики взаимодействия.

24. Классификация элементарных частиц в рамках Стандартной Модели.
25. Квантовые числа и законы сохранения. Частицы и взаимодействия. Классификация стабильных и квазистабильных элементарных частиц.
26. Частицы и античастицы. Принцип зарядового сопряжения. Странность. Четность. Изотопический спин. Законы сохранения в мире элементарных частиц.
27. Классификация и квантовые характеристики адронов. Барионы и мезоны. Кварки.
28. Кварковая структура адронов. Цветовое взаимодействие, понятие о квантовой хромодинамике, глюоны.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

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.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

5.1. Основная литература:

1. Барков А.П., Дорош В.С., Никитин В.А., Прохоров В.П., Хотнянская Е.Б. Основы ядерной физики: лаборат. практикум. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2011.

2. Иродов И. Е. Квантовая физика. Основные законы. – М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2010. (посл. стер. изд. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014.)

3. Иродов И.Е. Квантовая физика. Основные законы: учебное пособие [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – Москва: Издательство «Лаборатория знаний», 2017. – 261 с. – Режим доступа:

<https://e.lanbook.com/book/94103>

4. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: учебник: [в 3 т.] / Т. 1: Физика атомного ядра. Изд. 6-е, испр. и доп. – СПб. [и др.]: Лань, 2008.

5. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: учебник: [в 3 т.] / Т. 2: Физика ядерных реакций. Изд. 6-е, испр. и доп. – СПб. [и др.]: Лань, 2008.

6. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: учебник: [в 3 т.] / Т. 3: Физика

элементарных частиц. Изд. 6-е, испр. и доп. – СПб. [и др.]: Лань, 2008.

7. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 1. Физика атомного ядра [Электронный ресурс]: учеб. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2009. – 384 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/277>

8. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 2. Физика ядерных реакций [Электронный ресурс]: учеб. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2009. – 326 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/279>

9. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 3. Физика элементарных частиц [Электронный ресурс]: учеб. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2008. – 432 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/280>

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья имеются издания в электронном виде в электронно-библиотечных системах «Лань» и «Юрайт».

5.2. Дополнительная литература:

1. Савельев И.В. Курс физики: учебное пособие для студентов вузов: в 3 т. Т. 3.: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. – Изд. 3-е, стер. – СПб.: Лань, 2007.

2. Савельев И.В. Курс общей физики: учебное пособие для втузов: в 5 кн. Кн. 5: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. – М.: АСТ: Астрель, 2007. (посл. стер. изд.: СПб.: Лань, 2011.)

3. Сивухин Д. В. Общий курс физики. Т. 5: Атомная и ядерная физика. - М.: Физматлит, 2006.

4. Гончарова Н.Г. Частицы и атомные ядра. Задачи с решениями и комментариями [Электронный ресурс]: учеб.-метод. пособие / Н.Г. Гончарова, Б.С. Ишханов, И.М. Капитонов. – Электрон. дан. – Москва: Физматлит, 2013. – 448 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59636>

5. Иродов И.Е. Задачи по общей физике [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – Москва: Издательство "Лаборатория знаний", 2014. – 431 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/66335>

6. Проскурякова Е.А. Физика элементарных частиц [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2016. – 104 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/87587>

7. Сазонов А.Б. Ядерная физика и дозиметрия. Сборник задач: учебное пособие для вузов / А.Б. Сазонов, М.А. Богородская. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2018. – 98 с. – (Серия: Специалист). – Гриф УМО ВО. – Режим доступа: www.biblio-online.ru/book/1198FA07-AA4A-4FC4-8658-41D5D8F4CC81

5.3. Периодические издания:

В мире науки

Журнал экспериментальной и теоретической физики

Известия высших учебных заведений. Ядерная энергетика

Известия российской академии наук. Серия физическая

Инженерно-физический журнал

Письма в журнал «Физика элементарных частиц и атомного ядра

Письма в журнал экспериментальной и теоретической физики

Успехи физических наук – ежемесячный журнал. Электронная версия журнала: аннотации, статьи в формате pdf

Физика элементарных частиц и атомного ядра

6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. Электронная библиотека ЮРАЙТ: www.biblio-online.ru
2. Электронно-библиотечная система ЛАНЬ: <https://e.lanbook.com>
3. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»: <http://window.edu.ru/window>
4. Библиотека электронных учебников: <http://www.book-ua.org/>
5. Аннотированный тематический каталог Интернет ресурсов по физике: <http://www.college.ru/>
6. Федеральный образовательный портал: http://www.edu.ru/db/portal/sites/res_page.htm
7. Каталог научных ресурсов: <http://www.scintific.narod.ru/literature.htm>
8. Большая научная библиотека: <http://www.sci-lib.com/>
9. Естественно-научный образовательный портал: <http://www.en.edu.ru/catalogue/>
10. Учебно-образовательная физико-математическая библиотека сайта EqWorld: <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics/>
11. Лекции по физике для ВУЗов: <http://physics-lectures.ru/>
13. Техническая библиотека: <http://techlibrary.ru/>
14. «Ядерная физика в Интернете»: <http://nuclphys.sinp.msu.ru/>

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Лекция является одной из форм изучения теоретического материала по дисциплине. В ходе лекционного курса проводится изложение современных научных подходов и теорий. В тетради для конспектирования лекций необходимо иметь поля, где по ходу конспектирования делаются необходимые пометки. Записи должны быть избирательными, полностью следует записывать только определения. В конспекте применяют сокращение слов, что ускоряет запись. Вопросы, возникающие в ходе лекции, рекомендуется записывать на полях и после окончания лекции обратиться за разъяснением к преподавателю. Необходимо активно работать с конспектом лекции: после окончания лекции рекомендуется перечитать свои записи, внести поправки и дополнения.

Одним из основных видов деятельности студента является самостоятельная работа, которая включает в себя изучение лекционного материала, учебников и учебных пособий, подготовки к выполнению лабораторных работ и оформлению технических отчётов по ним, а так же подготовки к практическим занятиям изучением краткой теории в задачниках и решении домашних заданий.

Сопровождение самостоятельной работы студентов может быть организовано в следующих формах:

- составлением индивидуальных планов самостоятельной работы каждого из студентов с указанием темы и видов занятий, форм и сроков представления результатов;
- проведением консультаций (индивидуальных или групповых), в том числе с приме-

нением дистанционной среды обучения.

Критерий оценки эффективности самостоятельной работы студентов формируется в ходе промежуточного контроля процесса выполнения заданий и осуществляется на основе различных способов взаимодействия в открытой информационной среде и отражается в процессе формирования так называемого «электронного портфеля студента».

Сопровождение самостоятельной работы студентов также организовано в следующих формах:

- выполнение семестровой контрольной работы по индивидуальным вариантам;
- усвоение, дополнение и вникание в разбираемые разделы дисциплины при помощи знаний получаемых по средствам изучения рекомендуемой литературы и осуществляемое путем написания реферативных работ;
- консультации, организованные для разъяснения проблемных моментов при самостоятельном изучении тех или иных аспектов разделов усваиваемой информации в дисциплине.

К средствам обеспечения освоения дисциплины «Специальные вопросы ядерной физики» также относятся электронные варианты дополнительных учебных, научно-популярных и научных изданий по ядерной физике.

Рекомендуется следующий график и календарный план самостоятельной работы студентов по учебным неделям (5 недель):

Типовые задания для самостоятельной работы студентов

№ темы	Тема или задание текущей работы	Кол-во часов	Форма представления результатов	Сроки выполнения (недели)
1	Свойства атомных ядер	6	Устный ответ. Текстовый документ. Ответы на контрольные вопросы. Выполнение практических заданий.	1
2	Радиоактивность	6	Устный ответ. Текстовый документ. Ответы на контрольные вопросы. Выполнение практических заданий.	1
3	Ядерные реакции	7,8	Устный ответ. Текстовый документ. Ответы на контрольные вопросы. Выполнение практических заданий.	1
4	Взаимодействие ядерного излучения с ве-	6	Устный ответ.	1

	ществом		Текстовый документ. Ответы на контрольные вопросы. Выполнение практических заданий.	
5	Частицы и взаимодействия	6	Устный ответ. Текстовый документ. Ответы на контрольные вопросы. Выполнение практических заданий.	1
Итого:		31,8		5

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету (в том числе через email, Skype или viber) являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю)

8.1. Перечень информационных технологий

Информационные образовательные технологии возникают при использовании средств информационно-вычислительной техники. Образовательную среду, в которой осуществляются образовательные информационные технологии, определяют работающие с ней компоненты:

- техническая (вид используемых компьютерной техники и средств связи);
- программно-техническая (программные средства поддержки реализуемой технологии обучения);
- организационно-методическая (инструкции учащимся и преподавателям, организация учебного процесса).

Под образовательными технологиями в высшей школе понимается система научных и инженерных знаний, а также методов и средств, которые используются для создания, сбора, передачи, хранения и обработки информации в предметной области высшей школы. Формируется прямая зависимость между эффективностью выполнения учебных программ и степенью интеграции в них соответствующих информационно-коммуникационных технологий.

Информационная образовательная среда представляет собой информационную систему, объединяющую посредством сетевых технологий, программные и технические средства, организационное, методическое и математическое обеспечение, предназначенное для повышения эффективности и доступности образовательного процесса подготовки специалистов.

Характерной чертой образовательной среды является возможность студентов и преподавателей обращаться к структурированным учебно-методическим материалам, обучающим мультимедийным комплексам всего университета в любое время и в любой точке пространства. Помимо доступности учебного материала, необходимо обеспечить обучаемому

возможность связи с преподавателем, получение консультации в он-лайн или офф-лайн режимах, а также возможность получения индивидуальной «навигации» в освоении того или иного предмета. Студенты будут стремиться к гибкому режиму обучения, модульным программам с многочисленными поступлениями и отчислениями, которые позволят накапливать зачетные единицы, свободно переводиться из одного вуза в другой с учетом предыдущего опыта, знаний и навыков. По-прежнему важной для студентов останется возможность личного развития и профессионального роста; программы получения степени и короткие курсы, возможно, будут пользоваться одинаковым спросом; резко возрастет потребность в программах профессионального обучения и аспирантских программах.

Информационные технологии могут быть использованы при обучении студентов несколькими способами. В самом простом случае реальный учебный процесс идет по обычным технологиям, а информационные технологии применяются лишь для промежуточного контроля знаний студентов в виде тестирования. Этот подход к организации образовательного процесса представляется очень перспективным ввиду того, что при его достаточно широком использовании университет может получить серьезную экономию средств из-за более низкой стоимости проведения сетевого компьютерного тестирования по сравнению с аудиторным.

Применение образовательных информационных ресурсов в качестве дополнения к традиционному учебному процессу имеет большое значение в тех случаях, когда на качественное усвоение объема учебного материала, предусмотренного ГОС, не хватает аудиторных занятий по учебному плану. Кроме того, такая форма организации учебного процесса очень важна при неодинаковой начальной подготовке обучающихся.

Следует особенно подчеркнуть, что при таком подходе крайне важно обеспечить интенсивный контроль степени усвоения материала. Как правило, по каждой теме предусмотрено большое по объему контрольное задание или контрольное тестирование.

Таким образом, накопленный опыт применения информационных и дистанционных технологий в учебном процессе в различных вариантах позволяет говорить об определенных преимуществах подобных форм организации учебного процесса:

- становится возможной принципиально новая организация самостоятельной работы студентов;
- возрастает интенсивность учебного процесса;
- у студентов появляется дополнительная мотивация к познавательной деятельности;
- доступность учебных материалов в любое время;
- возможность самоконтроля степени усвоения материала по каждой теме неограниченное количество раз.

8.2. Перечень необходимого программного обеспечения

1. Операционная система MS Windows (© Microsoft Corporation).
2. Интегрированное офисное приложение MS Office (© Microsoft Corporation).
3. Программное обеспечение для организации управляемого и безопасного доступа в Интернет.

№ договора	Перечень лицензионного программного обеспечения
Контракт №104-АЭФ/2016 от 20.07.2016	Продление подписки на 2016-2017 учебный год на программное обеспечение компании Microsoft по программе «Academic and School Agreement для компьютеров и серверов Кубанского государственного университета и его филиалов:
	DsktpSchool ALNG LicSAPk MVL
Дог. №77-АЭФ/223-ФЗ/2017 от 03.11.2017	Подписка на 2017-2018 учебный год на программное обеспечение в рамках программы компании Microsoft “Enrollment for Education Solutions” для компьютеров и

	серверов Кубанского государственного университета и его филиалов:
	DsktpEdu ALNG LicSAPk MVL

4. Программное обеспечение для безопасной работы на компьютере – файловый антивирус, почтовый антивирус, веб-антивирус и сетевой экран.

№ договора	Перечень лицензионного программного обеспечения
Контракт №69-АЭФ/223-ФЗ от 11.09.2017	Комплект антивирусного программного обеспечения (продление прав пользования):
	Антивирусная защита физических рабочих станций и серверов: Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition. 1500-2499 Node 1 year Educational Renewal License
	Антивирусная защита виртуальных серверов: Kaspersky Security для виртуальных сред, Server Russian Edition. 25–49 VirtualServer 1 year Educational Renewal License
	Защита почтового сервера от спама: Kaspersky Anti-Spam для Linux Russian Edition. 5000+ MailBox 1 year Educational Renewal License
	Антивирусная защита виртуальных рабочих станций (VDI): Kaspersky Security для виртуальных сред, Desktop Russian Edition. 150–249 VirtualWorkstation 1 year Educational Renewal License

5. Система компьютерной математики MATHCAD с необходимыми пакетами расширений (© Parametric Technology Corporation).

6. Система компьютерной математики MATLAB + SIMULINK с необходимыми тулбоксами (© The MathWorks).

№ договора	Перечень лицензионного программного обеспечения
Контракт №115-ОАЭФ/2013 от 05.08.2013	Продление программной поддержки и приобретение прав пользования прикладным программным обеспечением
	MathWorks MATLAB
	PTC Mathcad University Classroom Perpetual – Floating Maintenance Gold
Контракт №127-АЭФ/2014 от 29.07.2014	Предоставление бессрочных прав пользования программным обеспечением, возможность загрузки лицензионного программного обеспечения через Интернет:
	Mathworks MATLAB Wavelet Toolbox
	Mathworks Simulink, Signal Processing Toolbox

	Mathworks Fuzzy Logic Toolbox Neural Network Toolbox Optimization Toolbox Statistics Toolbox Partial Differential Equation Toolbox DSP System Toolbox Communications System Toolbox Financial Toolbox Econometrics Toolbox
--	---

8.3. Перечень информационных справочных систем

1. Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU:
<http://www.elibrary.ru>
2. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»:
<http://window.edu.ru/window>
3. Рубрикон – крупнейший энциклопедический ресурс Интернета:
<http://www.rubricon.com/>
4. Аннотированный тематический каталог Интернет ресурсов по физике:
<http://www.college.ru/>
5. Каталог научных ресурсов:
<http://www.scintific.narod.ru/literature.htm>
6. Естественно-научный образовательный портал:
<http://www.en.edu.ru/catalogue/>
7. Физическая энциклопедия:
<http://www.femto.com.ua/articles/>
8. Академик – Словари и энциклопедии на Академике:
http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_physics/
http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_physics/150/Атомная_физика/
9. Википедия – свободная энциклопедия.
<http://ru.wikipedia.org/wiki/>
10. Физическая энциклопедия
<http://www.femto.com.ua/articles/>
11. Ядерная физика в интернете. Справочная информация. Проект кафедры общей ядерной физики физического факультета МГУ, осуществляемый при поддержке НИИЯФ МГУ
www.nuclphys.sinp.msu.ru/
12. Физика атомного ядра | Ядерная физика в Интернете | НИИЯФ МГУ
www.sinp.msu.ru/ru/project/8343
www.sinp.msu.ru/en/node/8343
(Электронные версии учебников, статей. Справочная информация. Учебные материалы курса «Физика атомного ядра и элементарных частиц»)
13. Ядерная физика в Интернете | Единое окно доступа | Кафедра общей ядерной физики физического факультета МГУ и НИИЯФ МГУ
www.window.edu.ru/resource/621/34621
14. Ядерная физика – Википедия
www.ru.wikipedia.org/wiki/Ядерная_физика
15. Ядерная физика – Narod.ru
www.profbeckman.narod.ru/YadFiz.htm
16. Физика нейтрино – Видеотека
www.elementy.ru/video?pubid=432031

17. Институт Ядерной Физики им. Г.И.Будкера СО РАН

www.inp.nsk.su/

18. DMOZ – World: Russian: Наука: Физика: Ядерная физика: Справочная информация

www.dmoz.org/

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Успешная реализация преподавания дисциплины «Специальные вопросы ядерной физики» предполагает наличие минимально необходимого для реализации бакалаврской программы перечня материально-технического обеспечения:

- дисплейный класс с персональными компьютерами для проведения практических групповых занятий;
- программы моделирования физических процессов в атомной физике;
- программы онлайн-контроля знаний студентов (в том числе программное обеспечение дистанционного обучения);
- наличие необходимого лицензионного программного обеспечения (операционная система MS Windows; интегрированное офисное приложение MS Office; системы компьютерной математики MATHCAD и MATLAB+SIMULINK с необходимыми тулбоксами).

При использовании электронных изданий вуз должен обеспечить каждого обучающегося во время самостоятельной подготовки рабочим местом в компьютерном классе с выходом в Интернет в соответствии с объемом изучаемых дисциплин.

№ п/п	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность
1	Лекционные занятия	Лекционная аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) и соответствующим программным обеспечением (ПО), а также достаточным количеством посадочных мест: № 209с (проектор EPSON EB-1776W).
2	Практические занятия	Аудитория оснащенная тремя меловыми или маркерными досками, презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) и соответствующим программным обеспечением (ПО), а также достаточным количеством посадочных мест: № 209с (проектор EPSON EB-1776W), № 205с (проектор SANYO PLC-SW20A).
3	Лабораторные занятия	Лаборатория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения и работы: презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) и соответствующим программным обеспечением (ПО), а также достаточным количеством посадочных мест: № 205с (проектор SANYO PLC-SW20A).
4	Курсовое проектирование	Комнаты для выполнения курсовых работ: 202с ИТиСС бак.; 137с ИТиСС маг.; 311 (РТ, ЭиН, РФ); 132с (Ф)
5	Групповые (индивидуальные) консультации	Аудитории: 209с, 207с, 205с
6	Текущий контроль, промежуточная	Аудитории: 209с, 205с

	аттестация	
7	Самостоятельная работа	Кабинет для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета: 207с, 205с