

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(ТГПУ)

«Утверждаю»
декан физико-математического факультета
Е.Г. Пьяных
_____ 2015г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б.3.В.34 «ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА»

ТРУДОЕМКОСТЬ (В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ) 2

Направление подготовки: 44.03.05 Педагогическое образование.

Профили: математика и физика

Квалификация (степень) выпускника бакалавр

Форма обучения очная

1. Цели изучения дисциплины

Курс «Физика атомного ядра» относится к завершающему курсу общей физики разделу «Физика атомного ядра и элементарных частиц», посвященному изучению свойств и структуры атомных ядер и физических явлений, в которых ядра играют основную роль. Данный раздел является одним из основных в системе современной общефизической подготовки. Программа предназначена для построения курса лекционных занятий для студентов-физиков (квалификация – бакалавр педагогического образования).

Целью курса «Физика атомного ядра» является формирование у студента-физика современных представлений о структуре материи, включая свойства и структуру атомных ядер и физических явлений, в которых ядра играют основную роль, представление о фундаментальных взаимодействиях и элементарных частицах.

Изучая основные законы, модели и методы исследования физики атомного ядра, студенты получают широкое представление о данном предмете и возможности, позволяющие впоследствии использовать полученные знания в преподавании и для дальнейшей специализации.

Содержание предмета помогает студенту-физику дополнить уже имеющиеся представления о материальном мире картиной процессов, происходящих на субатомных масштабах. Именно физика сверхмалых масштабов дает научные основы для понимания закономерностей поведения макромира и даже мегамира, что проявляется в космологических приложениях субатомной физики.

Главной задачей курса является расширение фундаментальной базы физических знаний, на основе которой в дальнейшем можно развивать более глубокое и детализированное изучение всех разделов физики в рамках цикла курсов по теоретической физике.

2. Место учебной дисциплины в структуре основной образовательной программы

Курс «Физика атомного ядра» относится к *Профессиональному циклу* образовательной программы и входит в состав его *Вариативной части (Дисциплины по выбору студента)*.

Областью профессиональной деятельности бакалавров, на которую ориентирует дисциплина «Физика атомного ядра», является образовательная деятельность.

Дисциплина готовит к решению следующих задач профессиональной деятельности в педагогической, культурно-просветительской и научно-исследовательской деятельности бакалавров:

- обучение школьников с использованием конкретных знаний из области общей и теоретической физики;
- привитие им навыков физического мышления;
- тренировка умения школьников ставить и решать конкретные задачи;
- участие в формировании научного мировоззрения учащихся;
- использование полученных знаний и навыков в научно-исследовательской деятельности;
- популяризация физических знаний среди населения.

Для освоения дисциплины «Физика атомного ядра» обучающиеся используют знания, умения, способы деятельности и установки, сформированные в ходе изучения курсов *Вариативной части* Профессионального цикла:

- Математический анализ (1-3 семестры),
- Дифференциальные уравнения (4 семестр),
- Общая физика (1-5 семестры).

Курс «Физика атомного ядра» помогает в изучении или служит дополнением для последующих (либо читаемых параллельно) курсов *Вариативной части* Профессионального цикла:

- Методы математической физики/ Дифференциальные уравнения в частных производных (6 семестр),
- Астрономия (8 семестр),
- Теоретическая физика (4-7 семестры),
- Астрофизика/ Небесная механика, Физика твердого тела/ Физика сплошных сред (9 семестр),

- Современные методы исследования природных систем/ Физическая экология (9 семестр)
 - Решение олимпиадных задач по физике/ Специальные методы решения задач по физике (10 семестр),
 - История физики/ Физика в современном мире (10 семестр)
- и других дисциплин.

3. Требования к уровню освоения программы

Процесс изучения дисциплины «Физика атомного ядра» направлен на формирование у магистрантов следующих компетенций:

Общекультурных (ОК): ОК-1, ОК-4, ОК-6, ОК-8, ОК-9.

Профессиональных (ОПК): ОПК-3.

В результате освоения материала курса обучающийся должен:

- знать фундаментальные принципы и основные модели изучаемой дисциплины, физическое содержание основных законов, иметь представление о частных методах, применяемых в ядерной физике;
- знать свойства ядер и основные ядерные процессы, понимать физические механизмы, лежащие в их основе;
- уметь ориентироваться в физических моделях, используемых для описания атомных ядер, иметь представление о фундаментальных взаимодействиях и тенденциях развития физики высоких энергий;
- владеть общими и специальными навыками решения задач, основанных на практическом применении изучаемого материала, владеть общетеоретической культурой, необходимой современному преподавателю и научному работнику.

4. Общая трудоемкость дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы.

Объем дисциплины и виды учебной работы:

Таблица 1

Вид учебной работы	Трудоемкость	Распределение по семестрам
	Всего72	6 семестр
Аудиторные занятия	32	32
Лекции (Л)		
Практические занятия (ПЗ)	32	32
Семинары (С)		
Лабораторные работы (ЛР)		
Другие виды аудиторных работ (в интерактиве не менее 30 %)	8	8
Другие виды работ		
Самостоятельная работа (СР)	13	13
Курсовой проект (работа)		
Реферат		
Расчетно-графические работы		
Формы текущего контроля		Выполнение учебных заданий в ходе занятий. Домашние задания. Устный опрос. Контрольная работа (см. раздел 8.6 Программы)
Формы промежуточной аттестации в соответствии с учебным планом	27	экзамен

5. Содержание учебной дисциплины

5.1. Разделы учебной дисциплины

Таблица 2

№	Наименование раздела дисциплины	Аудиторные часы	Сам. работа
---	---------------------------------	-----------------	-------------

п/п						(час)
		Всего	лекция	практические	интеракт. формы обучения	
1	Введение. Краткая история развития ядерной физики	2		2		1
2	Состав и свойства атомных ядер	2		2		1
3	Статические характеристики ядер. Энергия связи ядра	4		4	2	1
4	Нуклон-нуклонное взаимодействие и свойства ядерных сил	2		2		1
5	Модели атомных ядер. Модель жидкой капли. Оболочечная и обобщенная модели	2		2		2
6	Общие закономерности радиоактивного распада. Естественная и искусственная радиоактивность. Виды распада	4		4		2
7	Ядерные реакции. Классификация. Законы сохранения. Энергетика реакций и распадов	6		6		2
8	Деление ядер. Термоядерные реакции. Использование ядерной энергии	4		4		1
9	Эксперименты в физике высоких энергий. Методы исследования в физике ядра и частиц. Наблюдение, регистрация и производство элементарных частиц. Ускорители	4		4	4	1
10	Классификация элементарных частиц. Фундаментальные взаимодействия. Тенденции развития физики высоких энергий	2		2	2	1
	Итого	32 час/0,9 зачет.ед.		32 час.	8 час., 25%	13 час.

5.2. Содержание разделов дисциплины

1. Введение. Краткая история развития ядерной физики

Введение. Краткая история развития ядерной физики. Возникновение ядерной физики. Естественная и искусственная радиоактивность: экспериментальные открытия. Эволюция теоретических представлений о строении атомного ядра

2. Состав и свойства атомных ядер

Состав и свойства атомных ядер. Характеристики атомного ядра. Структурные составляющие ядра. Свойства протона и нейтрона. Терминология. Размеры ядер и распределение плотности ядерного вещества. Форма ядра и электрический квадрупольный момент

3. Статические характеристики ядер. Энергия связи ядра

Статические характеристики ядер. Энергия связи ядра. Масса и энергия связи атомного ядра. Зависимость удельной энергии связи от массового числа. Спин и магнитный дипольный момент ядра. Четность состояния ядра и изотопический спин. Изотопический мультиплет. Аналоговые уровни энергии

4. Нуклон-нуклонное взаимодействие и свойства ядерных сил

Нуклон-нуклонное взаимодействие и свойства ядерных сил. Ядерные силы. Нуклон-нуклонный потенциал. Свойства ядерных сил: короткодействие, зарядовая независимость,

нецентральность, свойство насыщения, обменный характер сил. Дейтрон. Мезонная теория ядерных сил. Переносчики ядерного взаимодействия — π -мезоны. Механизм сильного взаимодействия

5. Модели атомных ядер. Модель жидкой капли. Оболочечная и обобщенная модели

Модели атомных ядер. Модель жидкой капли. Оболочечная и обобщенная модели. Коллективные модели: капельная модель ядра. Формула Вайцзеккера для энергии связи ядра. Качественное объяснение процесса деления ядра. Магические ядра. Одночастичные модели: оболочечная модель ядра. Обобщенная и другие модели ядра

6. Общие закономерности радиоактивного распада. Естественная и искусственная радиоактивность. Виды распада

Общие закономерности радиоактивного распада. Естественная и искусственная радиоактивность. Виды распада. Стабильные и радиоактивные ядра. Виды радиоактивного распада. Радиоактивные ряды. Основной закон радиоактивного распада. Альфа-распад. Особенности альфа-распада. Гамма-излучение. Бета-распад. Электронный бета-распад. Позитронный бета-распад. Нейтрино и антинейтрино. Электронный захват. Другие виды распада. Протонная радиоактивность

7. Ядерные реакции. Классификация. Законы сохранения. Энергетика реакций и распадов

Ядерные реакции. Классификация. Законы сохранения. Энергетика реакций и распадов. Основные определения. Эффективное сечение и выход реакции. Законы сохранения в ядерных реакциях и распадах. Модели ядерных реакций. Классификация реакций. Ядерное время. Прямые ядерные реакции. Реакции срыва и подхвата. Теория составного ядра. Энергия распада. Энергия реакции. Порог реакции. Нерелятивистское приближение. Взаимодействие ядерного излучения с веществом

8. Деление ядер. Термоядерные реакции. Использование ядерной энергии

Деление ядер. Термоядерные реакции. Использование ядерной энергии. Открытие деления ядер. Спонтанное деление ядер. Простейшая теория деления. Критическое значение параметра деления. Деление ядер под действием нейтронов. Трансурановые элементы. Синтез легких ядер. Термоядерные реакции, идущие на Солнце и в звездах. Водородный цикл. Углеродно-азотный и другие циклы. Военное и промышленное использование ядерной энергии

9. Эксперименты в физике высоких энергий. Методы исследования в физике ядра и частиц. Наблюдение, регистрация и производство элементарных частиц. Ускорители

Эксперименты в физике высоких энергий. Методы исследования в физике ядра и частиц. Наблюдение, регистрация и производство элементарных частиц. Ускорители. Электронные детекторы. Трековые детекторы. Принципы действия приборов. Ускорители частиц высоких энергий: классификация. Производство новых частиц. Резонансы

10. Классификация элементарных частиц. Фундаментальные взаимодействия. Тенденции развития физики высоких энергий

Классификация элементарных частиц. Фундаментальные взаимодействия. Тенденции развития физики высоких энергий. Лептоны. Адроны. Частицы и античастицы. Частицы-переносчики взаимодействий. Электромагнитное, сильное, слабое, гравитационное взаимодействия. Электрослабое взаимодействие. Теории Великого объединения. Тенденции объединения всех фундаментальных взаимодействий. Понятие о суперсимметрии. Понятие о теории суперструн

5.3. Лабораторный практикум

не предусмотрен учебным планом.

6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины:

6.1. Основная литература:

1. Капитонов, И.М. Введение в физику ядра и частиц: учебник /И.М. Капитонов.– М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. –512 с. (ЭБС «КнигаФонд»)
2. Михайлов, М.А. Ядерная физика и физика элементарных частиц. В 2-х ч. Ч.1. Учебное пособие /М.А. Михайлов.– Изд-во МГПУ, 2011.– 94 с. (ЭБС «КнигаФонд»)

6.2. Дополнительная литература:

1. Пинский, А.А. Основы физики: учебник. В 2т. Т. 2. Колебания и волны. Квантовая физика. Физика ядра и элементарных частиц /А.А. Пинский, Б.М. Яворский– М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. –551 с. (ЭБС «КнигаФонд»).
2. Кириллова, Е.Н. Физика ядра и элементарных частиц. Курс лекций /Е.Н. Кириллова. Томск: Изд-во ТГПУ, 2006.– 264 с.
3. Кириллова, Е.Н. Элементарные частицы. Задачи: учебно-методическое пособие. Часть I /Е.Н. Кириллова. Томск: Изд-во ТГПУ, 2008.– 36 с.
4. Наумов, А.И. Физика атомного ядра и элементарных частиц: учебное пособие для пединститутов /А.И. Наумов.– М.: Просвещение, 1984.– 383 с.
5. Сивухин, Д.В. Сборник задач по общему курсу физики. В 5 т. Т.5. Атомная физика. Физика ядра и элементарных частиц /Д.В. Сивухин, В.Л. Гинзбург, Л.М. Левин, М.С. Рабинович. М.: ФИЗМАТЛИТ, ЛАНЬ, 2006. – 184 с. (ЭБС «КнигаФонд»).
6. «Физика элементарных частиц в преддверии Большого адронного коллайдера», летняя школа (2009; Протвино). Материалы летней школы Фонда Дмитрия Зимина «Династия»:10-20 августа 2009 г.– М.: URSS, 2011.– 362 с.
7. Бухбиндер, И.Л. Фундаментальные взаимодействия, Энциклопедия «Современное естествознание», том 4, Физика элементарных частиц /И.Л. Бухбиндер.– М: Астрофизика, Издательский дом Магистр-Пресс, 2000, стр. 7- 12.
8. Полянин, А.Д. Справочник по линейным уравнениям математической физики/ А.Д. Полянин.– М.: ФИЗМАТЛИТ.– 2011.– 429 с. (ЭБС «КнигаФонд»)

6.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

При изучении дисциплины полезно при необходимости использовать Интернет-ресурсы:

1. <http://libserv.tspu.edu.ru/> – Научная библиотека Томского государственного педагогического университета
2. <http://www.knigafund.ru/> – электронная библиотечная система «КнигаФонд»
3. <http://e.lanbook.com/> – электронная библиотечная система «Лань»
4. <http://arxiv.org/> – open access to e-prints in Physics, Mathematics, Computer Science, Quantitative Biology, Quantitative Finance and Statistics (открытый доступ к препринтам по физике, математике, компьютерным и другим наукам)
5. <http://publish.aps.org/> – Journals of the American Physical Society (APS)
6. <http://inspirehep.net/help/easy-search> – the High Energy Physics information system (информационная система физики высоких энергий)
7. <http://www.elementy.ru/> – сайт «Элементы большой науки»
8. <http://www.dxdy.ru/> – научный форум
9. <http://www.math-net.ru/> – общероссийский математический сайт
10. <http://www.femto.com.ua/index1.html> – энциклопедия физики и техники

6.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Таблица 3

№ тем	Наименование раздела учебной дисциплины	Наименование материалов обучения, пакетов программного обеспечения	Наименование технических и аудиовизуальных средств, используемых с целью демонстрации материалов
9	Работа с поисковыми системами, с архивами препринтов	Интернет-источники № 4-6 п. 6.3 программы: http://arxiv.org/ , http://publish.aps.org/ , http://inspirehep.net/help/easy-search , программы, обеспечивающие работу LaTeX-2ε	Компьютеры (в количестве пять) к.261 (КТФ), 1 корпус, и МФУ к.261. На компьютерах установлено лицензионное программное обеспечение, имеется выход в интернет
10	Работа с электронными	Интернет-источники № 1-	

библиотечными системами	3 п. 6.3 программы: http://libserv.tspu.edu.ru/ , http://www.knigafund.ru/ , http://e.lanbook.com/
-------------------------	--

7. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины.

7.1. Методические рекомендации для преподавателей

Односеместровый курс для бакалавров «Физика атомного ядра» сориентирован, прежде всего, на традиционные образовательные технологии, см. следующую ниже таблицу.

Таблица 4

№ п/п	Виды учебной работы	Образовательные технологии
1	Практическое занятие	Традиционный подход к решению задач по предложенному алгоритму, а также самостоятельный поиск решения проблемы (проведение расчётов и доказательств, требующих поиска алгоритма)
2	Интерактивное практическое занятие (8 часов), см. содержание работ в табл. 2	Тема 2. Статические характеристики ядер. Энергия связи ядра. Тема 9. Эксперименты в физике высоких энергий. Методы исследования в физике ядра и частиц. Наблюдение, регистрация и производство элементарных частиц. Ускорители. Тема 10. Классификация элементарных частиц. Фундаментальные взаимодействия. Тенденции развития физики высоких энергий
3	Устный опрос	Традиционная форма

В течение семестра преподавателям рекомендуется проверять усвоение студентами учебного материала. Опросы по пройденному материалу целесообразно проводить через каждые 6-12 часов в начале практического занятия.

При этом в опрос должны включаться темы всех прочитанных после предыдущего опроса разделов. Каждый студент, присутствующий в аудитории, успеваеt ответить на 1-2 (максимум – 3) кратких вопроса, не предполагающих использование доски и мела (маркера). Ответы студентов оцениваются по пятибалльной системе, заносятся в журнал и используются как дополнительная информация при выставлении зачёта и при аттестации студентов в середине семестра.

В ходе курса преподаватель задаёт студентам задачи для внеаудиторной самостоятельной работы, подобные разобранным на занятии и контролирует выполнение студентами этих заданий. При систематическом невыполнении текущих заданий студент получает дополнительную нагрузку на зачёте в виде задач и вопросов по незачтённым разделам. Об этом следует проинформировать студентов на первых занятиях. Кроме того, в начале курса преподаватель должен огласить список рекомендованной для изучения литературы, сделав упор на более близких к читаемому курсу источниках. При этом следует предупредить студентов, что некоторые темы, входящие в вопросы зачёта, будут разбираться ими самостоятельно. Предлагаемые студентам для самостоятельного изучения темы должны развивать их умение работать с литературой, но должны быть доступными, иметь обзорный характер, не требуя слишком детального проникновения в суть вопроса. Для этой цели, например, подходят такие темы данного курса: Краткая история развития ядерной физики, Использование ядерной энергии, Приборы для наблюдения и регистрации элементарных частиц, Ускорители, или другие темы по усмотрению преподавателя. Однако более двух вопросов за семестр студенты самостоятельно изучить, как правило, не могут.

В середине семестра желательно провести более длительную (от 20 до 45 минут) проверочную работу, включающую не только вопросы, но и задачи. Для простоты можно ограничиться одним вариантом заданий. Контрольные вопросы и задачи по всем темам в достаточном количестве имеются в учебном пособии Е. Н. Кириллова. Физика ядра и

элементарных частиц. Курс лекций. Томск: ТГПУ, 2006, которое легло в основу рабочей программы. Для текущего контроля и внеаудиторной работы студентов можно также использовать контрольные вопросы и задания, приведённые ниже.

7.2 Методические рекомендации для студентов

Базой для успешного усвоения материала курса «Физика атомного ядра» является успешное освоение студентами курса «Общая физика» и курса «Квантовая механика».

Для более прочного усвоения учебного материала, изложенного на лекциях, студентам рекомендуется использовать литературу из основного списка ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ. При изучении отдельных вопросов и подготовке тем, предложенных к самостоятельному изучению используются также учебники и пособия из списка дополнительной литературы.

При изучении теоретического материала, вынесенного на самостоятельное изучение, студенты могут работать совместно, разбив материал на части для индивидуального сбора информации, а затем обмениваясь найденными сведениями. Следует приступать к работе сразу же после получения задания, иначе на неё не остаётся времени в период подготовки к зачёту.

Задания, полученные на занятиях, подобные уже разобранным, являются обязательными и должны выполняться по ходу курса для закрепления пройденного. Невыполнение заданий учитывается при сдаче студентом зачёта: он получает дополнительные задачи того же типа. Большое количество дополнительных заданий затрудняет получение студентом зачёта.

Для усвоения студентами материала преподаватель проводит промежуточные опросы, результаты которых учитываются на зачёте. Готовясь к ним, студенты должны регулярно изучать теоретический материал. Игнорирование промежуточных опросов приводит к неудовлетворительному баллу «контрольной точки» и трудностям в понимании текущего материала, поскольку понятия, введённые на первых занятиях, используются в дальнейшем.

Студент может гарантировать себе ясное понимание основных вопросов и умение проводить минимальные требуемые вычисления, отвечая на вопросы учебного пособия Е. Н. Кирилловой «Физика ядра и элементарных частиц. Курс лекций», указанного в списке дополнительной литературы ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ, поскольку оно лежит в основе читаемого курса; а также решая для тренировки предлагаемые в пособии задачи. Следует заметить, что студент всегда может разобрать неясные вопросы и уточнить ход решения используемых в лекциях задач, обратившись к данному пособию.

8. Формы текущего контроля

8.1. Тематика рефератов

не предусмотрены учебным планом.

8.2. Контрольные задания и задания для самостоятельной работы

1. Используя формулу для эффективного радиуса ядра $R = 1,3 \cdot A^{1/3}$ фм, вычислить массовую плотность числа частиц ядерного вещества. Масса нуклона (протона, для определенности) $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг. Число нуклонов в единице объема $n = A/V_{\text{я}}$, где A – массовое число, $V_{\text{я}}$, объем ядра.
2. Найти число нуклонов в единице объема ядерного вещества $n = A/V_{\text{я}}$, где A – массовое число, $V_{\text{я}}$ – объем ядра, эффективный радиус ядра $R = 1,3 \cdot A^{1/3}$ фм.
3. Добавить недостающий элемент в записи распада: ${}^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{222}_{86}\text{Rn} + \dots?$
4. Добавить недостающие индексы в записи распада: ${}^{238}_{92}\text{U} \rightarrow \dots? \dots? \text{Th} + \alpha$
5. Добавить недостающий показатель массового числа в правой части записи распада возбужденного ядра урана U^* : ${}^{236}_{92}\text{U}^* \rightarrow \dots? {}_{92}\text{U} + \gamma$.
6. Добавить недостающий показатель массового числа в правой части записи распада возбужденного ядра урана U^* : ${}^{236}_{92}\text{U}^* \rightarrow \dots? {}_{92}\text{U} + n$.
7. Найти удельную энергию связи ядра атома гелия ($E_{\text{св}}({}^4_2\text{He}) = 28,5$ МэВ).
8. Добавить, исходя из законов сохранения, недостающий элемент в правой части записи реакции синтеза ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow \dots? + {}^1_1\text{H}$.

9. Добавить, исходя из законов сохранения, недостающий элемент в правой части записи реакции синтеза ${}^2_1\text{H} + {}^3_2\text{He} \rightarrow \dots? + {}^4_2\text{He}$.
10. Вычислить, какая энергия (в МэВ) выделится при слиянии двух ядер тяжелого водорода ${}^2_1\text{H}$ в ядро гелия ${}^3_2\text{He}$, ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$, если $\varepsilon({}^3_2\text{He}) = 2,573$ МэВ/нукл, $\varepsilon({}^2_1\text{H}) = 1,112$ МэВ/нукл, энергией нейтрона ${}^1_0\text{n}$ пренебрегаем.
11. Разрешена ли законами сохранения реакция $e^- + p \rightarrow n + \pi^0$?
12. Разрешена ли законами сохранения реакция $e^- + \pi^+ \rightarrow n + \nu_e$?
13. Разрешена ли законами сохранения реакция $n + \nu_e \rightarrow e^- + p$?
14. Какой закон сохранения запрещает реакцию $p + n \rightarrow \pi^+ + \pi^0$, где p – протон, n – нейтрон, π^+ и π^0 – положительный и нейтральный π -мезоны?
15. Какой закон сохранения разрешает реакцию $p + p \rightarrow p + p + \pi^0$, но запрещает реакцию $p + p \rightarrow p + n + \pi^+$, где p – протон, n – нейтрон, π^+ и π^0 – положительный и нейтральный π -мезоны?
16. Выразить массу протона 938,28 МэВ в граммах. $1 \text{ эВ} = 1,602 \cdot 10^{-19}$ Дж.
17. Выразить 1 а.е.м. $1,67 \cdot 10^{-24}$ г в энергетических единицах. $1 \text{ эВ} = 1,602 \cdot 10^{-19}$ Дж.
18. Вычислить энергию связи нуклонов в ядре ${}^4_2\text{He}$. $M_{am}({}^4_2\text{He}) = 4,00260 \cdot 931,49$ МэВ = 3728,38 МэВ, $M_{am}({}^1_1\text{H}) = 1,00794$ а. е. м. = $1,00794 \cdot 931,49$ МэВ = 938,88 МэВ, $m_n = 939,57$ МэВ.
19. Найти энергию связи ядра ${}^{235}_{92}\text{U}$, если удельная энергия связи урана – 7,5 МэВ/нукл.
20. При захвате нейтрона ядром ${}^{235}_{92}\text{U}$ происходит деление по схеме: ${}^1_0\text{n} + {}^{235}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{94}_{38}\text{Sr} + {}^{140}_{54}\text{Xe} + 2{}^1_0\text{n}$. Какая энергия выделяется в результате этой реакции, если $E_{св}({}^{235}\text{U}) = 1762,5$ МэВ, $E_{св}({}^{94}\text{Sr}) + E_{св}({}^{140}\text{Xe}) = 2012,4$ МэВ? Дефектом массы нейтрона пренебречь

8.3. Контрольные вопросы и вопросы для самопроверки

1. Состав ядра
2. Каковы различия между протоном и нейтроном?
3. Зарядовое число
4. Массовое число
5. Методы определения размеров атомных ядер
6. Классификация экспериментальных методов наблюдения частиц
7. Какие силы действуют внутри ядра?
8. Какая величина характеризует меру прочности ядра?
9. Какая симметрия связана с квантовым числом «изоспин»?
10. Зависимость ядерных сил от расстояния между нуклонами
11. Характерный радиус действия ядерных сил
12. Наиболее известные модели ядра
13. Отличие моделей ядра от последовательной физической теории
14. Какой процесс называется радиоактивностью?
15. Основной закон радиоактивного распада
16. Основные виды радиоактивного распада
17. Запись ядерной реакции (полная и сокращенная форма)
18. Основные физические величины, сохраняющиеся в реакциях и распадах
19. Какие законы сохранения выполняются в ядерных реакциях?
20. Понятие «ядерного времени»
21. Классификация ядерных реакций по времени протекания реакции
22. Что такое «элементарные частицы»?
23. Что такое «истинно элементарная частица»?
24. На какие классы разбивают все элементарные частицы?
25. Античастица
26. Определение лептонов
27. Определение адронов

28. Структура барионов и мезонов
29. Какие законы сохранения не выполняются в слабых взаимодействиях?
30. Перечислить виды фундаментальных взаимодействий

8.4. Перечень вопросов для промежуточной аттестации (экзамен)

1. Возникновение ядерной физики и основные этапы развития
2. Понятия естественной и искусственной радиоактивности. История открытия. Имена, связанные с этими открытиями. Использование ядерной энергии
3. Экспериментальные методы исследования в физике ядра и элементарных частиц. Цели исследования. Приборы и устройства, используемые реакции Наблюдение и регистрация элементарных частиц. Классификация методов. Приборы
4. Структура ядра. История исследования структуры ядра. Структурные составляющие
5. Состав и свойства атомного ядра
6. Важнейшие статические характеристики ядра. Перечислить, дать понятие
7. Дефект массы и энергия связи атомного ядра. Расчетная формула для энергии связи (с использованием атомных масс)
8. Удельная энергия связи. Экспериментальная зависимость от массового числа. В качестве примера вычислить удельную энергию связи $^{238}_{92}\text{U}$, если полная энергия связи $^{238}_{92}\text{U}$ составляет 1801,7 МэВ
9. Размеры и эффективный радиус ядра. Связанные с этим понятия. Распределение плотности числа нуклонов в ядре. Методы определения размеров ядер
10. Спин и магнитный дипольный момент ядра. Четность состояния ядра
11. Смысл понятия изотопической симметрии. Изотопический спин ядра
12. Свойства ядерных сил. Нуклон-нуклонный потенциал
13. Обменный характер ядерных сил. Переносчики ядерного взаимодействия. История их открытия
14. Принципы классификации ядерных моделей. Капельная модель ядра. Качественное объяснение процесса деления ядра на основе капельной модели
15. Написать формулу Вайцеккера для энергии связи ядра, дать название слагаемым и объяснить их физический смысл
16. Понятие магических ядер. Какая модель и каким образом объясняет их существование?
17. Оболочечная модель ядра. На каких принципах она основывается? В каких случаях модель оболочек точно предсказывает спин и четность основного состояния ядра? Обобщенная модель ядра. Общие недостатки ядерных моделей
18. Стабильные и радиоактивные ядра. Соотношение числа протонов и нейтронов в стабильных ядрах. Виды радиоактивного распада
19. Закон радиоактивного распада. Вывод формулы. Постоянная распада. Активность
20. Период полураспада. Определение. Вывод формулы. Вычислить в качестве примера период полураспада для золота ^{198}Au , если постоянная распада для ^{198}Au равна $2,97 \cdot 10^{-6} \text{ 1/с}$
21. α -распад. γ -излучение. β -распад, все виды. Описание. Символическая запись. Примеры
22. Классификация ядерных реакций. Формы записи ядерных реакций. Пример. Основные характеристики взаимодействия. Описать реакции срыва и подхвата
23. Записать законы сохранения, действующие в ядерных реакциях и распадах. Пользуясь законами сохранения, найти конечное ядро в реакции $\gamma + ^{28}_{14}\text{Si} \rightarrow ^4_2\text{He} + x$. Какие законы сохранения использовались?
24. Сохранение энергии в реакциях и распадах. Различие между экзоэнергетическими и эндоэнергетическими реакциями. Понятие «порога реакции». Рассчитать значение Q для реакции: $^2_1\text{H} + ^{63}_{29}\text{Cu} \rightarrow n + ^{64}_{30}\text{Zn}$. Атомные массы элементов, участвующих в реакции: $M_{\text{ат}}(^2_1\text{H}) = 2,014102 \text{ а.е.м.}$, $M_{\text{ат}}(^{63}_{29}\text{Cu}) = 62,929599 \text{ а.е.м.}$, $m_n = 1,008665 \text{ а.е.м.}$, $M_{\text{ат}}(^{64}_{30}\text{Zn}) = 63,929145 \text{ а.е.м.}$ Множитель для перехода к энергетическим единицам взять равным $931,5 \text{ МэВ/а.е.м.}$
25. Спонтанное деление тяжелых ядер. От чего зависит вероятность деления? Найдите предельное значение атомного номера стабильного элемента, если условие устойчивости ядер имеет вид $Z^2/A \leq k$, где параметр $k = 47$, а связь между Z и A для тяжелых ядер такова: $Z \approx 2/5 A$

26. Вычислить энергию Q , которая выделяется в одной из самых высокоэнергетических (термоядерных) реакций ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + n$. $M_{\text{ат}}({}^2_1\text{H}) = 2,014102$ а.е.м., $M({}^3_1\text{H}) = 3,016049$ а.е.м., $M_{\text{ат}}({}^4_2\text{He}) = 4,002603$ а.е.м., $m_n = 1,008765$ а.е.м. Множитель для перехода к энергетическим единицам взять равным $\cdot 931,5$ МэВ/а.е.м.

27. Какие реакции являются энергетически более выгодными: реакции деления тяжелых ядер или синтеза легких ядер? Обосновать свою точку зрения, используя в качестве примера деления тяжелых ядер реакцию $n + {}^{235}_{92}\text{U} \rightarrow 2n + {}^{94}_{38}\text{Sr} + {}^{140}_{54}\text{Xe}$, в результате которой выделяется энергия $Q_f \approx 250$ МэВ. В качестве примера реакции синтеза возьмем ${}^2_1\text{H} + {}^3_2\text{He} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_1\text{H}$, в которой выделяется энергия $Q = 18,32$ МэВ

28. Дать понятие термоядерной реакции. Вычислить энергию Q , которая выделяется в одной из самых высокоэнергетических реакций ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + n$. $M_{\text{ат}}({}^2_1\text{H}) = 2,014102$ а.е.м., $M({}^3_1\text{H}) = 3,016049$ а.е.м., $M_{\text{ат}}({}^4_2\text{He}) = 4,002603$ а.е.м., $m_n = 1,008765$ а.е.м. Множитель для перехода к энергетическим единицам взять равным $\cdot 931,5$ МэВ/а.е.м.

29. Классификация элементарных частиц. Лептоны. Адроны: определение, свойства, кварковое строение. Античастицы. Определение истинно нейтральной частицы

30. Фундаментальные взаимодействия. Описать каждый вид взаимодействия, сравнить по интенсивности. Класс частиц – переносчиков взаимодействия

8.5. Темы для написания курсовых работ

не предусмотрены учебным планом.

8.6. Содержание и формы контроля самостоятельной работы со студентами

Таблица 5

№п/п	Наименование раздела дисциплины (Тема для самостоятельной работы)	Содержание с/р	Формы текущего контроля	Время проведения контроля с/р	Отчет по каждой теме самостоятельной работы (делается во время занятий)
1	Введение. Краткая история развития ядерной физики	вопросы, в материалах пособия	Устный опрос	после завершения изучения раздела	вся группа
2	Состав и свойства атомных ядер	материалы пособия	Выполнение заданий	в ходе занятий	
3	Статические характеристики ядер. Энергия связи ядра	задачи на аудиторных занятиях, домашние задания	Проверка домашних работ. Выполнение вычислений	в ходе практических занятий	
4	Нуклон-нуклонное взаимодействие и свойства ядерных сил	Аудиторные задачи, домашние задания, материалы пособия	Проверка домашних работ. Решение задач. Устный опрос	после завершения изучения раздела	
5	Модели атомных ядер. Модель жидкой капли и оболочечная обобщенная модели	Аудиторные задачи, домашние задания	Проверка работ. Выполнение учебных расчетов	в ходе практических занятий	
6	Общие закономерности	Материалы	Контрольная	на 8-9 неделе	


	радиоактивного распада. Естественная и искусственная радиоактивность. Виды распада	пособия, материалы предыдущих занятий	работа	
7	Ядерные реакции. Классификация. Законы сохранения. Энергетика реакций и распадов	Аудиторные задачи, домашние задания, материалы пособия	Устный опрос Проведение доказательств и вычислений	в ходе занятий
8	Деление ядер. Термоядерные реакции. Использование ядерной энергии	Аудиторные задачи, домашние задания	Проверка работ. Решение задач	в ходе занятий
9	Эксперименты в физике высоких энергий. Методы исследования в физике ядра и частиц. Наблюдение, регистрация и производство элементарных частиц. Ускорители	Задачи на аудиторных занятиях, домашние задания	Проверка домашних работ. Выполнение учебных заданий	в ходе практических занятий
10	Классификация элементарных частиц. Фундаментальные взаимодействия. Тенденции развития физики высоких энергий	Аудиторные задачи, домашние задания, материалы пособия	Устный опрос. Проверка готовности к зачёту	последнее занятие

Рабочая программа учебной дисциплины составлена в соответствии с учебным планом, федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению подготовки: 44.03.05 Педагогическое образование.

Рабочая программа учебной дисциплины составлена: доцентом кафедры теоретической физики, кандидатом физ.-мат. наук

 Е. Н. Кирилловой

Рабочая программа учебной дисциплины утверждена на заседании кафедры теоретической физики ТГПУ, протокол № 7 от «31» августа 2015 г.
Заведующий кафедрой теоретической физики, д. ф.-м.н., профессор

 И. Л. Бухбиндер

Рабочая программа учебной дисциплины одобрена УМК физико-математического факультета ТГПУ, протокол № 1 от «31» августа 2015 г.
Председатель УМК физико-математического факультета, д.п.н., профессор

 З. А. Скрипко