

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет»
Физико-технический институт



УТВЕРЖДАЮ
Директор ФТИ

О.Ю. Долматов

2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«ОСНОВЫ ЯДЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»
НА УЧЕБНЫЙ ГОД

Направление ООП 14.03.02 «Ядерные физика и технологии»

Профиль подготовки (специализация) Физика кинетических явлений

Квалификация (степень) академический бакалавр

Базовый учебный план приема 2015 г.

Курс I семестр 1

Количество кредитов 3

Код дисциплины Б1.ВМ4.3

Виды учебной деятельности	Временной ресурс
Лекции, ч	16
Практические занятия, ч	16
Лабораторные занятия, ч	–
Аудиторные занятия, ч	32
Самостоятельная работа, ч	76
ИТОГО, ч	108

Вид промежуточной аттестации зачёт

Обеспечивающее подразделение кафедра «Техническая физика»

Заведующий кафедрой И.В. Шаманин

Руководитель ООП Д.С. Исаченко

Профессор И.В. Шаманин

2015 г.

1. Цели освоения дисциплины

Формирование у студентов представления и знаний о ядерной физике как основе ядерных технологий, о теоретических и технических основах ядерных технологий и ядерной энергетики в частности.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина "ОСНОВЫ ЯДЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ" (Б1.В2) относится к дисциплинам вариативной части основной образовательной программы (ООП) по направлению 14.03.02 "Ядерная физика и технологии". Пререквизитами дисциплины являются следующие математические и естественнонаучные дисциплины: Б1.Б8.1, Б1.Б10 по направлению подготовки 14.03.02.

3. Результаты освоения дисциплины

После изучения данной дисциплины студенты приобретают знания, умения и опыт, соответствующие результатам основной образовательной программы. В результате освоения дисциплины студент

- знает основные этапы развития ядерной физики, ее творцов, общие параметры атомных электростанций;
- может привести примеры применения радиоактивных изотопов в производстве и в других науках;
- различает естественную и искусственную радиоактивность, ядерные реакции деления тяжелых ядер и синтеза ядер легких изотопов; формулировать постулаты Бора и записать их;
- может описать опыт Резерфорда и механизмы происхождения различных видов излучения; обосновывать возможность высвобождения атомной энергии и делать вывод о современных экологических проблемах ее использования; характеризовать ядерную модель атома, строение атома ядра, сравнивать свойства протонов и нейтронов; объяснить природу радиоактивного излучения, механизм ядерных реакций деления и синтеза;
- способен наблюдать и пользоваться фотографиями треков элементарных частиц и определять их массу, энергию и электрический заряд; оценить вклад российских ученых в исследование строения атомов и ядер атомов и становления атомной энергетики; пользоваться бытовым дозиметром, соблюдая правила работы с ним; делать вывод об историческом характере и общественной обусловленности развития физической науки;
- может решать задачи, применяя формулу взаимосвязи массы и энергии; представлять результаты измерения радиоактивного фона в виде радиологической карты местности; исследовать и обобщать экологические проблемы региона, связанные с природным и техногенным радиоактивным фоном и применением радиоактивных изотопов и рентгеновского излучения в медицине, на производстве.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Содержание разделов дисциплины

ТЕМА 1. Атом и атомное ядро.

История изучения атома. Ядерная модель атома. Квантовые постулаты Н. Бора.

ТЕМА 2. Излучение и поглощение света атомами.

Атомные и молекулярные спектры. Спектральный анализ и его приложения. Лазеры.

ТЕМА 3. Структура атомного ядра.

Протонно-нейтронная модель атомного ядра. Нуклоны. Ядерные силы и их особенности. Устойчивость ядер.

ТЕМА 4. Изотопы.

Делящиеся и воспроизводящие изотопы. Стабильные изотопы. Разделение изотопов. Получение и применение изотопов.

ТЕМА 5. Физические основы ядерной энергетики.

Энергия связи атомного ядра. Способы высвобождения ядерной энергии: синтез легких и деление тяжелых ядер. Цепная реакция деления ядер урана.

ТЕМА 6. Ядерная и термоядерная энергетика.

Реакторы на тепловых и быстрых нейтронах. Термоядерные реакторы. Бортовые ядерные энергетические установки.

ТЕМА 7. Радиация и ионизирующие излучения.

Радиоактивность. Виды радиоактивного излучения. Период полураспада. Дозиметрия. Дозы излучения. Защита от излучений.

ТЕМА 8. Элементарные частицы.

Общая характеристика элементарных частиц. Классификация элементарных частиц. Кварки. Космическое излучение. Нейтрино.

9.	У.9.1.		x	x	x	x	x	x	x
10.	У.12.1.		x		x	x		x	x
11.	У.12.2.		x	x	x	x		x	
12.	В.1.1.		x	x	x	x		x	x
13.	В.1.2.		x	x	x	x		x	x
14.	В.3.1.		x	x	x	x		x	
15.	В.7.1.		x	x	x	x		x	x
16.	В.10.1.		x	x	x	x		x	
17.	В.12.3		x	x	x	x		x	x
18.	В.13.1		x	x	x	x		x	x
19.	В.14.1		x	x	x	x		x	

5. Образовательные технологии

При освоении дисциплины используются следующие сочетания видов учебной работы с методами и формами активизации познавательной деятельности студентов для достижения запланированных результатов обучения и формирования компетенций.

Методы и формы активизации деятельности	Виды учебной деятельности		
	ЛК	ЛБ	СРС
Дискуссия	x		
IT-методы	x		
Командная работа			x
Опережающая СРС	x		x
Индивидуальное обучение			x
Проблемное обучение			x
Обучение на основе опыта			x

Для достижения поставленных целей преподавания дисциплины реализуются следующие средства, способы и организационные мероприятия:

- изучение теоретического материала дисциплины на лекциях с использованием компьютерных технологий;
- самостоятельное изучение теоретического материала дисциплины с использованием *Internet*-ресурсов, информационных баз, методических разработок, специальной учебной и научной литературы;
- закрепление теоретического материала при проведении лабораторных работ с использованием учебного и научного оборудования и приборов, выполнения проблемно-ориентированных, поисковых, творческих заданий.

6. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов (СРС)

6.1 Текущая и опережающая СРС, направленная на углубление и закрепление знаний, а также развитие практических умений заключается в:

- работе студентов с лекционным материалом, поиск и анализ литературы и электронных источников информации по заданной проблеме,
- выполнении домашних заданий,
- переводе материалов из тематических информационных ресурсов с иностранных языков,
- изучении тем, вынесенных на самостоятельную проработку,
- подготовке к коллоквиуму, зачету и входному контролю на лабораторных занятиях.

6.2 Творческая проблемно-ориентированная самостоятельная работа (ТСР), ориентированная на развитие интеллектуальных умений, комплекса универсальных (общекультурных) и профессиональных компетенций, повышение творческого потенциала студентов.

ТСР может включать следующие виды работ по основным проблемам курса:

- поиск, анализ, структурирование и презентация информации,
- выполнение расчетно-графических работ;
- исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах;
- анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;
- анализ статистических и фактических материалов по заданной теме, проведение расчетов, составление схем и моделей на основе статистических материалов.

Темы для подготовки рефератов

1. Свойства нейтронов.
2. Нуклон - нуклонное взаимодействие и свойства ядерных сил.
3. Эксперименты в физике высоких энергий.
4. Современные астрофизические представления.
5. Нуклеосинтез во Вселенной.
6. Ядерные реакции в звездах.
7. Объединение взаимодействий.
8. Космические лучи. Состав и происхождение.
9. Квантовая Вселенная.
10. Физика высоких энергий и элементарные частицы.
11. Ядерная резонансная флуоресценция.
12. Детекторы частиц.
13. Гигантский дипольный резонанс атомных ядер.
14. Взаимодействие электронов и фотонов с атомными ядрами.

15. Экзотические ядра.
16. Электромагнитные взаимодействия ядер.
17. Физика нейтрино.
18. Лазерно-электронный источник рентгеновского излучения.
19. Радиоактивные изотопы.
20. Жидкие сцинтилляционные детекторы.
21. Ядерно-физические методы в хронологии.
22. Теоретические и технические основы ядерной энергетики.

6.3 Контроль самостоятельной работы

Оценка результатов самостоятельной работы организуется как единство двух форм: самоконтроль и контроль со стороны преподавателей.

6.4 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

1. Беденко С.В, Нестеров В.Н., Данейкин Ю.В. Ядерная физика. - Томск: ТПУ, 2007.
(Режим доступа: http://e-le.lcg.tpu.ru/public/JDF_ier2/index.html).
2. Введение в ядерную физику [Электронный ресурс] : учебное пособие / С. В. Беденко [и др.] ; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Электрон. дан. — Томск, 2010. — Заглавие с титульного экрана. — Доступ из корпоративной сети ТПУ.
(режим доступа www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2010/03/main.html.)
3. Беденко С.В, Нестеров В.Н. Основы физики деления и синтеза атомных ядер: Учебное пособие. – Томск: ТМЛ-Пресс, 2009. – 194 с.
4. Беденко С.В., Нестеров В.Н., Шаманин И.В. Основы радиометрии нейтронных полей в ядерном реакторе. - Томск: ТПУ, 2007. - 80 с.
5. Иродов И.Е. Сборник задач по атомной и ядерной физике. М.: ЭА, 1984.

7. Средства текущей и итоговой оценки качества освоения дисциплины (фонд оценочных средств)

Оценка текущей и итоговой успеваемости магистрантов осуществляется выставлением рейтинговых баллов по результатам:

- самостоятельного (под контролем учебного мастера) выполнения лабораторной работы,
- анализа контрольных работ и подготовленных магистрантами рефератов,
- устного опроса при сдаче выполненных индивидуальных заданий, защите отчетов по лабораторным работам и во время зачета в десятом семестре (для выявления знания и понимания теоретического материала дисциплины).

Вопросы текущего контроля:

1. Кто предложил ядерную модель строения атома?

А) Д. Томпсон. Б) Э. Резерфорд В) А. Беккерель. Г) В. Гейзенберг. Д) Н. Бор

2. В каких из перечисленных ниже состояний вещество может испускать линейчатый спектр излучения?

- 1) твердое состояние при высокой температуре
- 2) жидкое состояние при высокой температуре
- 3) газообразное состояние при высокой температуре
- 4) газообразное состояние при низкой температуре

3. Атомное ядро состоит из протонов и нейтронов. Между какими парами частиц внутри ядра действуют ядерные силы притяжения?

- 1) протон-протон
- 2) протон-нейтрон
- 3) нейтрон-нейтрон

А) только 1. Б) только 2. В) только 3. Г) 1 и 2 . Д) 1 и 3. Е) 2 и 3 Ж) действуют во всех трех парах, 1,2 и 3

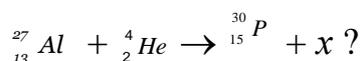
4. Из атомного ядра в результате самопроизвольного превращения вылетело ядро атома гелия. Какой это вид радиоактивного распада?

А) альфа-распад. Б) бета-распад. В) гамма-излучение. Г) протонный распад

Д) двухпротонный распад

5. Атомное ядро висмута ${}_{83}^{214}\text{Bi}$ в результате ряда радиоактивных превращений превратилось в ядро свинца ${}_{82}^{210}\text{Pb}$. Какие виды радиоактивных превращений оно испытало?

6. Определите второй продукт x ядерной реакции:



7. Кто экспериментально доказал существование атомного ядра?

А) М. Кюри. Б) Франк и Герц В) А. Беккерель. Г) Э. Резерфорд

Д) Д. Томсон

8. При пропускании света через вещество наблюдается линейный спектр поглощения. В каком состоянии может находиться это вещество?

1) твердое состояние при высокой температуре

2) жидкое состояние при высокой температуре

3) газообразное состояние при высокой температуре

4) газообразное состояние при низкой температуре

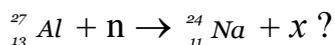
А) только 1. Б) только 2. В) только 3. Г) только 4. Д) в состояниях 1 и 2. Е) в состояниях 3 и 4. Ж) в любом состоянии.

9. Какие частицы освобождаются из атомного ядра при альфа-распаде?

А) электрон Б) позитрон В) электрон и антинейтрино Г) позитрон и нейтрино Д) ядро атома гелия Е) протон Ж) нейтрон

10. Атомное ядро полония ${}_{84}^{218}\text{Po}$ в результате ряда радиоактивных превращений превратилось в ядро висмута ${}_{83}^{214}\text{Bi}$. Какие виды радиоактивных превращений оно испытало?

11. Определите второй продукт x ядерной реакции:



Вопросы и задачи итогового контроля:

1. Вычислить дефект массы, энергию связи и удельную энергию связи ядра ${}^{16}\text{O}$. Масса атома водорода $m({}_1^1\text{H}) = 1,00783$ а.е.м.; масса нейтрона $m_n = 1,00867$ а.е.м.; масса атома кислорода $m({}_8^{16}\text{O}) = 15,99492$ а.е.м.; $Z = 8$; $A = 16$.

2. Ядро, состоящее из 92 протонов и 143 нейтронов, выбросило α -частицу. Какое ядро образовалось при α -распаде? Определить дефект массы и энергию связи образовавшегося ядра.

3. В какой элемент превращается ${}_{92}^{328}\text{U}$ после трех α -распадов и двух β -распадов?

4. Период полураспада ${}_{27}^{60}\text{Co}$ равен примерно **5,3 года**. Определить постоянную распада и среднюю продолжительность жизни атомов этого изотопа.

5. Сколько ядер, содержащихся в **1 г** трития ${}_{1}^3\text{H}$, распадается за среднее время жизни этого изотопа?

6. Активность изотопа углерода ${}_{6}^{14}\text{C}$ в древних деревянных предметах составляет **4/5** активности этого изотопа в свежесрубленных деревьях. Период полураспада изотопа ${}_{6}^{14}\text{C}$ равен **5570 годам**. Определить возраст древних предметов.

7. Определить начальную активность A_0 радиоактивного магния ${}_{12}^{27}\text{Mg}$ массой $m = 0,2$ мкг, а также активность A по истечении времени $t = 1$ ч. Предполагается, что все атомы изотопа радиоактивны.

8. В микрокалориметр теплоемкости $C = 100$ Дж/К помещен образец изотопа кобальта с относительной атомной массой $A = 61$. Масса образца $m = 10$ мг. При распаде ядра ${}_{27}^{61}\text{Co}$ выделяется энергия $W = 2 \cdot 10^{-19}$ Дж. Через время $\tau = 50$ мин температура калориметра повысилась на $\Delta t = 0,06^\circ$. Оценить период полураспада **Co-61**.

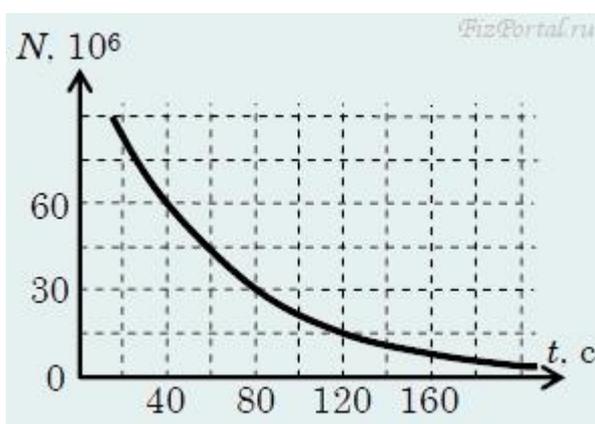
9. В настоящее время представляется возможным достижение давлений (например, с помощью специальным образом сфокусированного лазерного излучения), при которых не линейные размеры твердых тел можно уменьшить в **10 раз**. Во сколько раз у такого «сверхплотного» вещества критическая масса меньше, чем у обычного? В критическом состоянии, когда начинается цепная реакция, число вторичных нейтронов, рождающихся в веществе, равна числу нейтронов, покидающих его через поверхность. Вторичными называются нейтроны, возникающие при взаимодействии с делящимся веществом уже имеющихся и нем нейтронов.

10. При слиянии дейтрона с ядром Li^6 происходит ядерная реакция $\text{Li}^6 + d \rightarrow n + \text{Be}^7$, в которой выделяется энергия $Q = 3,37$ МэВ. Считая

кинетическую энергию исходных частиц пренебрежимо малой, найти распределение энергии между продуктами реакции.

11. Ядерная реакция $^{14}\text{N} + ^4\text{He} \rightarrow ^{17}\text{O} + \text{p}$ может идти, если налетающие на неподвижные ядра азота α -частицы имеют энергию, превышающую пороговую энергию $E_0 = 1,45 \text{ МэВ}$. На сколько энергия α -частиц должна быть больше пороговой, чтобы кинетическая энергия образующихся в реакции протонов была равна нулю?

12. Определите период полураспада $T_{1/2}$ изотопа, график зависимости числа N нераспавшихся ядер которого от времени t изображен на рисунке.



13. Определите недостающую частицу в ядерной реакции $^{12}\text{Mg}^{25} + ^1\text{p}^1 \rightarrow ^{11}\text{Na}^{22} + ?$.

14. Источник радиоактивного излучения содержит $m_0 = 600 \text{ мг}$ изотопа бария $^{56}\text{Ba}^{133}$, период полураспада которого $T_{1/2} = 10,5 \text{ года}$. Через какой промежуток времени Δt масса нераспавшегося изотопа бария составит $m = 150 \text{ мг}$.

15. Радиоактивный уран $^{92}\text{U}^{235}$, испытав семь α -распадов и четыре β -распада, превратился в изотоп ...

1) свинца $^{82}\text{Pb}^{208}$; 2) полония $^{84}\text{Po}^{210}$; 3) свинца $^{82}\text{Pb}^{207}$; 4) висмута $^{83}\text{Bi}^{209}$.

16.1. Определить:

а) энергию, выделяющуюся при делении ядер («сгорании») $m = 1 \text{ кг } ^{235}\text{U}$; какая масса нефти $M_{\text{неф}}$ с теплотворной способностью $q_{\text{неф}} = 42 \text{ кДж/г}$ выделяет при сгорании такую энергию?

б) среднюю электрическую мощность атомной электростанции, если расход нуклида ^{235}U за время $t = 1$ год составляет $M = 192$ кг при к.п.д. $\eta = 30\%$;

в) массу нуклида ^{235}U , подвергшуюся делению при взрыве атомной бомбы с тротиловым эквивалентом $E_{\text{тр}} = 30$ кт, если тепловой эквивалент тротила $q_{\text{тр}} = 4,1$ кДж/г.

16.2. Ядро ^{235}U захватило тепловой нейтрон. В результате деления образовавшегося составного ядра возникло три нейтрона и два радиоактивных осколка, которые превратились в стабильные ядра ^{89}Y и ^{144}Nb . Найти энергию, освобожденную в этом процессе, если известны:

а) избытки масс нейтрона и ядер ^{235}U , ^{89}Y ($-0,09415$ а.е.м.) и ^{144}Nb ($-0,09010$ а.е.м.);

б) энергии связи на один нуклон в ядрах ^{235}U ($7,59$ МэВ), ^{89}Y ($8,71$ МэВ), ^{144}Nb ($8,32$ МэВ) и энергия связи нейтрона в ядре ^{236}U ($6,40$ МэВ).

17. Какое из ниже приведенных утверждений справедливо?

При соединении протона и двух нейтронов в ядро:

А) Выделяется энергия $(M_{^3_1\text{H}} - m_p - 2m_n)c^2$

В) Поглощается энергия $(M_{^3_1\text{H}} - m_p - 2m_n)c^2$

С) Поглощается энергия $(m_p + 2m_n - M_{^3_1\text{H}})c^2$

Д) Выделяется энергия $(m_p + 2m_n - M_{^3_1\text{H}})c^2$

Е) Такая реакция не возможна.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература:

1. Широков Ю.М., Юдин Н.П. Ядерная физика. М.: Наука, 1972. 672 с.
2. Сивухин Д.В. Атомная и ядерная физика (Часть 2. Ядерная физика). М.: Наука, 1989. 416 с.

3. Иродов И.Е. Сборник задач по атомной и ядерной физике. М.: ЭА, 1984.
4. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики: учебное пособие для вузов. – 4-е изд., испр. – М.: Высш. шк., 2002. – 718 с.
5. Беденко С.В, Нестеров В.Н., Данейкин Ю.В. Ядерная физика. - Томск: ТПУ, 2007. - (Режим доступа: http://e-le.lcg.tpu.ru/public/JDF_ier2/index.html).
6. Нестеров В.Н., Данейкин Ю.В., Беденко С.В. Лабораторный практикум по ядерной физике. Методическое пособие. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008 г.

Дополнительная литература:

1. Фрауэнфельдер Г., Хенли Э. Субатомная физика. М.: Мир, 1979. 736 с.
2. Климов А.Н. Ядерная физика и ядерные реакторы. М.: ЭА, 1985. 352 с.
3. Абрамов А.И. Основы ядерной физики. М.: ЭА, 1983. 256 с.

Программное обеспечение и Internet-ресурсы: стандартное программное обеспечение компьютерного класса – Microsoft Office (Excel, Word, PowerPoint); редактор для программирования на языке СИ++; Mathcad; Matlab и т.д.

Интернет-ресурсы:

<http://www.rosatom.ru/>
<http://www.lib.tpu.ru/>
<http://window.edu.ru/>

9. Материально-техническое обеспечение модуля (дисциплины)

При изучении основных разделов дисциплины, выполнении лабораторных работ студенты используют различное оборудование и персональные компьютеры, применяя навыки компьютерной обработки экспериментальных результатов.

При освоении дисциплины используются технические средства компьютерного класса кафедры ТФ ауд. 242 и лабораторное оборудование ауд. 246, 247 и 001 10 уч. корпуса ТПУ.

Программа составлена на основе Стандарта ООП ТПУ в соответствии с требованиями ФГОС и ООП по направлению 14.03.02 «Ядерная физика и технологии» и профилю подготовки «Физика кинетических явлений»

Программа одобрена на заседании кафедры ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА ФТИ ТПУ (протокол № 14 от « 8 » июня 2015 г.).

Профессор кафедры ТФ ФТИ  И.В. Шаманин

Рецензент  А.П. Вергун