

*Приложение к приказу первого проректора
по учебной и научной работе*

от _____ № _____

**Правительство Российской Федерации
Санкт-Петербургский государственный университет**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Деление ядер и физика реакторов.
Nuclear fission and reactor physics

Язык(и) обучения

Русский

Трудоёмкость (границы трудоёмкости) в зачетных единицах: 3

Регистрационный номер рабочей программы: _____

Санкт-Петербург

2015

Раздел 1. Характеристики учебных занятий

1.1. Цели и задачи учебных занятий

Передать студентам знания о современном состоянии физики деления атомных ядер и физики реакторов. Ознакомить с совокупностью экспериментальных данных и теоретических моделей для описания основных наблюдаемых закономерностей процесса деления. Показать важность глубокого изучения деления тяжёлых и сверхтяжёлых ядер для ядерной энергетики нового поколения. Ознакомить с основными современными методами расчётов делительных характеристик и процессов происходящих в ядерных реакторах.

1.2. Требования к подготовленности обучающегося к освоению содержания учебных занятий (пререквизиты)

Для успешного освоения программы дисциплины «Деление ядер и физика реакторов» студентам необходимо прослушать курсы лекций «Нейтронная физика», и «Радиоактивность» и «Структура атомных ядер».

1.3. Перечень результатов обучения (learning outcomes)

В результате освоения дисциплины студенты должны:

- знать основные экспериментальные данные по делению ядер;
- знать сущность основных теоретических моделей для описания основных наблюдаемых закономерностях и характеристик процесса деления;
- уметь планировать проведение эксперимента на пучках ускорителей, нейтронных пучках;
- знать основные закономерности развития цепной ядерной реакции в реакторе;
- знать физику процессов переноса нейтронов в реакторе.

1.4. Перечень активных и интерактивных форм учебных занятий

- Информационная лекция – последовательное изложение материала в дисциплинарной логике, осуществляемое преимущественно вербальными средствами (монолог преподавателя) (20 часов).
- Семинар – коллективное обсуждение заранее подготовленных рефератов (4 часа).
- Лекция-визуализация – изложение содержания сопровождается презентацией (демонстрацией учебных материалов, представленных в различных знаковых системах, в т.ч. иллюстративных, графических, аудио- и видеоматериалов) (10 часов).
- Практическое занятие в форме контрольных работ под руководством преподавателя (5 часов).

Раздел 2. Организация, структура и содержание учебных занятий

2.1. Организация учебных занятий

2.1.1 Основной курс

Трудоёмкость, объёмы учебной работы и наполняемость групп обучающихся				
Период обучения (модуль)	Контактная работа обучающихся с преподавателем	Самостоятельная работа	Всего занятый	Трудоёмкость

	лекции	семинары	консультации	практические занятия	лабораторные работы	контрольные работы	коллоквиумы	текущий контроль	промежуточная аттестация	итоговая аттестация	под руководством преподавателя	в присутствии преподавателя	сам.раб. с использованием методических материалов	текущий контроль (сам.раб.)	промежуточная аттестация (сам.раб.)	итоговая аттестация (сам.раб.)			
ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ																			
очная форма обучения																			
Семестр 1 (____ часы кол. студ.)	30		2						2		5				23			39	3
	2-10		2-10						2-10		2-10				2-10				
ИТОГО	30		2						2		5				23				3

Формы текущего контроля успеваемости, виды промежуточной и итоговой аттестации			
Период обучения (модуль)	Формы текущего контроля успеваемости	Виды промежуточной аттестации	Виды итоговой аттестации (только для программ итоговой аттестации и дополнительных образовательных программ)
ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ			
очная форма обучения			
Семестр 1		экзамен	

2.2. Структура и содержание учебных занятий

Основной курс Основная траектория Очная форма обучения

Период обучения (модуль): **Семестр 1**

№ п/п	Наименование темы (раздела, части)	Вид учебных занятий	Количество часов
1	I. Введение 1. Открытие и основные этапы исследования деления атомных ядер. 2. Практическое использование деления ядер. II. Поверхность потенциальной энергии делящихся ядер 1. Расчёты в модели жидкой капли.	лекции	2
2	2. Метод оболочечных поправок В.М. Струтинского. 3. Систематика барьеров деления.	лекции	2

	<ul style="list-style-type: none"> 4. Прохождение через барьер деления 5. Систематика периодов спонтанного деления. 6. Делительные изомерные состояния. 		
3	<p>III. Сечения деления атомных ядер</p> <ul style="list-style-type: none"> 1. Ширина деления. 2. Сечение деления нейтронами. 3. Резонансы в сечении деления. 4. Временная шкала деления 	лекции	3
4	<ul style="list-style-type: none"> 5. Деление в прямых ядерных реакциях. 6. Деление в реакциях с тяжёлыми ионами. <p>IV. Угловые распределения осколков деления</p> <ul style="list-style-type: none"> 1. Теория угловых распределений осколков деления. 	лекции	2
5	<p>V. Распределение по массам осколков деления</p> <ul style="list-style-type: none"> 1. Общие закономерности в распределении осколков деления по массам. 2. Теоретические модели для описания распределений по массам. 3. Моды деления. 	лекции	2
6	<p>VI. Кинетическая энергия осколков</p> <ul style="list-style-type: none"> 1. Систематика полной кинетической энергии осколков деления. 2. Зависимость кинетической энергии от массовой асимметрии и роль ядерных оболочек. 	лекции	2
7	<p>VII. Зарядовые распределения осколков деления</p> <ul style="list-style-type: none"> 1. Тонкая структура в выходах элементов. 2. Зарядовое распределение изобарных цепочек. 3. Модель квантовых флуктуаций для зарядового распределения изобарных цепочек. 	лекции	2
8	<p>VIII. Нейтроны деления</p> <ul style="list-style-type: none"> 1. Временная шкала эмиссии мгновенных нейтронов деления. 2. Энергетические и угловые распределения мгновенных нейтронов деления. 3. Множественность мгновенных нейтронов деления. 	лекции	3
9	<p>IX. Тройное деление атомных ядер</p> <ul style="list-style-type: none"> 1. Основные свойства тройного деления. 2. Механизм тройного деления. 3. Четверное деление – деление, сопровождаемое вылетом двух ЛЗЧ. 	лекция	2
10	<p>X. Физические основы ядерных реакторов.</p> <ul style="list-style-type: none"> 1. Общие характеристики процессов в ядерном реакторе. 2. Цепная ядерная реакция. 	лекция	2

	3. Формула четырёх сомножителей. 4. Конструкция ядерного реактора.		
11	XI. Диффузия нейтронов. 1. Понятие о диффузии нейтронов. 2. Диффузия моноэнергетических нейтронов. 3. Отражение нейтронов.	лекция	2
12	XII. Замедление нейтронов. 1. Механизмы замедления нейтронов 2. Характеристики замедлителей. 3. Замедление в водороде. 4. Замедление в средах с $A > 1$. XIII. Диффузионное уравнение с энергетической зависимостью и теория возраста.	лекция	2
13	XIV. Нестационарные процессы в реакторах. 1. Кинетика ядерных реакторов и роль запаздывающих нейтронов. XV. Критический размер реактора. 1. Реакторы без отражателя. 2. Реакторы с отражателем. XVI. Эффекты выгорания топлива. 1. Отравление продуктами деления. 2. Отравление ксеноном.	лекция	2
14	XVII. Классификация реакторов 1. Типы реакторов. 2. Обзор современных поколений реакторов. 3. Перспективные реакторы следующих поколений.	лекция	2
15	Расчёты энерговыделения при делении, выходов нейтронноизбыточных ядер, спектров мгновенных нейтронов деления, угловых распределений осколков.	Самостоятельная работа под руководством преподавателя	5

Раздел 3. Обеспечение учебных занятий

3.1. Методическое обеспечение

3.1.1 Методические указания по освоению дисциплины

Для освоения дисциплины студенту предоставляются тексты лекций в формате PDF и электронная презентация в формате PPT.

3.1.2 Методическое обеспечение самостоятельной работы

Для самостоятельной работы студенты должны обеспечиваться перечнем заданий для самостоятельной работы.

3.1.3 Методика проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации и критерии оценивания

Проведение промежуточной аттестации будет осуществляться в виде устного экзамена и оцениваться на основании Балльно-рейтинговой системы. Целями введения балльно-рейтинговой системы являются стимулирование систематической учебной работы студентов в течение всего периода обучения, повышение объективности оценки знаний студентов и мотивация их к систематической самостоятельной работе по изучению дисциплины в течение семестра.

Общее максимальное количество баллов – 100, из них за посещение и работу на лекциях – 10 баллов, за работу, выполняемую под руководством преподавателя – 20 баллов, за ответ на вопросы во время промежуточной аттестации – 70 баллов.

Экзаменационный билет содержит три вопроса, на каждый из которых студент должен привести развернутый конспект с планом ответа, необходимыми определениями, иллюстрациями, формулами и зависимостями. В устной форме студент, пользуясь конспектом, должен связно и исчерпывающе изложить содержание ответа.

В ходе ответа преподавателем могут быть заданы студенту уточняющие вопросы по билету. На подготовку конспекта ответа по билету отводится не более 1 часа, на обдумывание ответа на дополнительные вопросы не более 10 минут на каждый. В общей сложности ответ студента не должен превышать 40 минут без учета времени на обдумывание дополнительных вопросов.

3.1.4 Методические материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации (контрольно-измерительные материалы, оценочные средства)

Предполагается одна из следующих методик оценки:

	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично	Превосходно
Буквенная система	F FX	E D	C	B	A
Балльная система (100 баллов максимум)	< 30 31-49	50-59 60-70	71-80	81-90	91-100
Болонская система	1 2	3 4	5-7	8-9	10
Балльная система (5 баллов максимум)	2	3	4	5	5 с отличием

A - “Превосходно” – теоретическое содержание дисциплины освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

В - “Отлично” – теоретическое содержание дисциплины освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения большинства из них оценено числом баллов, близким к максимальному, однако есть несколько незначительных ошибок.

С - “Хорошо” – теоретическое содержание дисциплины освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Д - “Удовлетворительно” – теоретическое содержание дисциплины освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Е - “Посредственно” – теоретическое содержание дисциплины освоено частично, некоторые практические навыки работы не сформированы, многие предусмотренные программой обучения учебные задания не выполнены, либо качество выполнения некоторых из них оценено числом баллов, близким к минимальному.

ФХ - “Условно неудовлетворительно” – теоретическое содержание дисциплины освоено частично, необходимые практические навыки работы не сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, либо качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному; при дополнительной самостоятельной работе над материалом дисциплины возможно повышение качества выполнения учебных заданий.

Г - “Безусловно неудовлетворительно” – теоретическое содержание дисциплины не освоено, необходимые практические навыки работы не сформированы, все выполненные учебные задания содержат грубые ошибки, дополнительная самостоятельная работа над материалом дисциплины не приведет к какому-либо значимому повышению качества выполнения учебных заданий.

Перечень билетов для проведения промежуточной аттестации студентов.

БИЛЕТ № 1

1. Расчёты барьера деления в модели жидкой капли.
2. Общие характеристики процессов в ядерном реакторе.
3. Ширина деления.

БИЛЕТ № 2

1. Систематика барьеров деления.
2. Цепная ядерная реакция
3. Общие закономерности в распределения осколков деления по массам.

БИЛЕТ № 3

1. Делительные изомерные состояния.
2. Формула четырёх сомножителей.
3. Основные свойства тройного деления.

БИЛЕТ № 4

1. Угловые распределения осколков при делении γ - квантами
2. Сечение деления нейтронами.
3. Зависимость кинетической энергии от массовой асимметрии и роль ядерных оболочек.

БИЛЕТ № 5

1. Метод оболочечных поправок В.М. Струтинского.

2. Резонансы в сечении деления.
3. Временная шкала эмиссии мгновенных нейтронов деления.

БИЛЕТ № 6

1. Теория угловых распределений осколков деления.
2. Понятие о диффузии нейтронов.
3. Тонкая структура в выходах элементов.

БИЛЕТ № 7

1. Прохождение через двугорбый барьер деления
2. Моды деления.
3. Энергетические и угловые распределения мгновенных нейтронов деления.

БИЛЕТ № 8

1. Систематика полной кинетической энергии осколков деления.
2. Отражение нейтронов.
3. Четверное деление – деление, сопровождаемое вылетом двух ЛЗЧ.

БИЛЕТ № 9

1. Модель квантовых флуктуаций для зарядового распределения изобарных цепочек.
2. Механизмы замедления нейтронов
3. Энергетические и угловые распределения мгновенных нейтронов деления.

БИЛЕТ № 10

1. Зависимость кинетической энергии от массовой асимметрии и роль ядерных оболочек.
2. Множественность мгновенных нейтронов деления.
3. Основные свойства тройного деления.

БИЛЕТ № 11

1. Временная шкала деления.
2. Кинетика ядерных реакторов и роль запаздывающих нейтронов.
3. Общие закономерности в распределения осколков деления по массам.

БИЛЕТ № 12

1. Делительные изомерные состояния.
2. Характеристики замедлителей.
3. Механизм тройного деления.

БИЛЕТ № 13

1. Деление в реакциях с тяжёлыми ионами.
2. Отравление продуктами деления.
3. Метод оболочечных поправок В.М. Струтинского.

БИЛЕТ № 14

1. Систематика периодов спонтанного деления.
2. Резонансы в сечении деления.
3. Зарядовое распределение изобарных цепочек.

БИЛЕТ № 15

1. Ширина деления.
2. Замедление в водороде.
3. Деление в прямых ядерных реакциях.

3.1.5 Методические материалы для оценки студентами содержания и качества учебного процесса

Анкета-отзыв на дисциплину «Деление ядер и физика реакторов»

Просим Вас заполнить анкету-отзыв по прочитанной дисциплине. Обобщенные данные анкет будут использованы для ее совершенствования. По каждому вопросу проставьте соответствующие оценки по шкале от 1 до 10 баллов (**обведите** выбранный Вами балл). В случае необходимости впишите свои комментарии.

1. Насколько Вы удовлетворены содержанием дисциплины в целом?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Комментарий _____

2. Насколько Вы удовлетворены общим стилем преподавания?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Комментарий _____

3. Как Вы оцениваете качество подготовки предложенных методических материалов?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Комментарий _____

4. Какой из модулей (разделов) дисциплины Вы считаете наиболее полезным, ценным с точки зрения дальнейшего обучения и/или применения в последующей практической деятельности?

Комментарий _____

5. Что бы Вы предложили изменить в методическом и содержательном плане для совершенствования преподавания данной дисциплины?

Комментарий _____

СПАСИБО!

3.2. Кадровое обеспечение

3.2.1 Образование и (или) квалификация преподавателей и иных лиц, допущенных к проведению учебных занятий

К чтению лекций должны привлекаться преподаватели, имеющие ученую степень и/или ученое звание, имеющие опыт планирования и организации учебного процесса, а также главные и ведущие специалисты в этой области.

3.2.2 Обеспечение учебно-вспомогательным и (или) иным персоналом

Требования не предъявляются

3.3. Материально-техническое обеспечение

3.3.1 Характеристики аудиторий (помещений, мест) для проведения занятий

Стандартно оборудованные лекционные аудитории для проведения интерактивных лекций: видеопроектор, экран настенный, интерактивная доска др. оборудование или компьютерный класс.

3.3.2 Характеристики аудиторного оборудования, в том числе неспециализированного компьютерного оборудования и программного обеспечения общего пользования

Для проведения занятия необходимы: видеопроектор, ноутбук, переносной экран. В компьютерном классе должны быть установлены средства MS Office 2007: Word, PowerPoint и др.

3.3.3 Характеристики специализированного оборудования

Рабочие места преподавателя и студентов должны быть оснащены оборудованием не ниже: Pentium III-800/ОЗУ-256 Мб / Video-32 Мб / Sound card – 16bit /Headphones / HDD 80 Гб / CD-ROM – 48x / Network adapter – 10/100/ Мбс / SVGA – 19”

3.3.4 Перечень и объёмы требуемых расходных материалов

Фломастеры цветные, губки, бумага формата А4, канцелярские товары, картриджи принтеров, диски, флеш-накопители и др. в объёме, необходимом для организации и проведения занятий, по заявкам преподавателей, подаваемым в установленные сроки.

3.4. Информационное обеспечение

3.4.1 Список обязательной литературы

1. Рубченя В. А. Нейтронная физика и ядерная энергетика. Учебное пособие. Изд-во СПбГУ, 2013. - 154 с.
2. В. Е. Бунаков, Л. В. Краснов Нейтронная физика: учебное пособие. Изд-во СПбГУ, 2014. - 191 с.

3.4.3 Перечень иных информационных источников

1. The nuclear fission process. Ed. Cyriel Wagemans. CRC Press, 1991, 608 p.
2. H.J. Krappe, K. Pomorski. Theory of nuclear fission. Springer, 2012, 320 p.
3. M.A. Hooshyar, I. Reichstein, F.B. Malik. Nuclear Fission and Cluster Radioactivity: An Energy-Density Functional Approach. Springer, 2005, 200 p.
4. П.Ф. Цвайфель Физика реакторов. М., Атомиздат, 1977.
5. Д. Белл, С. Глесстон Теория ядерных реакторов. М., ИЛ, 1974.
6. Галанин А.Д. Введение в теорию ядерных реакторов на тепловых нейтронах. М.: Энергоатомиздат, 1990. 536 с.
7. W.M. Stacey Nuclear Reactor Physics. Wiley-VCH, 2007, 735 p.
8. N. Bohr, J.A. Wheeler, The mechanism of Nuclear fission. Phys. Rev. 56 (1939) 426.
9. M. Brack, J. Damgaard, A.S. Jensen, H.C. Pauli, V.M. Strutinsky, C.Y. Wong, Funny Hills: The Shell-Correction Approach to the Nuclear Shell Effects and Its Applications to the Fission Process. Rev. Mod. Phys. 44 (1972) 320.
10. Поликанов С.М. Изомерия формы атомных ядер. М., Атомиздат, 1977, с. 200.
11. Н.А. Перфилов, И. Романов, З.И. Соловьёва, Деление тяжёлых ядер с вылетом длиннопробежных альфа частиц. УФН 3 (1961) 542.
12. R. Vandenbosch and J.R. Huizenga, Nuclear Fission. Ch. V, (1973) AP New York & London.
13. V.A. Rubchenya, Prompt fission neutron emission in neutron and proton induced reactions at intermediate energies. Phys. Rev. C 75 (2007) 054601.
14. V.A. Rubchenya, S.G. Yavshits, Dynamic treatment of ternary fission. Z.Phys.A. 329 (1988) 217-228.
15. Барабанов А. Л. Симметрии и спин-угловые корреляции в реакциях и распадах. М.: Физматлит, 2010. - 520 с.

Раздел 4. Разработчики программы

Фамилия, имя, отчество	Учёная степень	Учёное звание	Должность	Контактная информация
Рубченя Валерий Андреевич	д.ф.-м.н.	профессор		
Мальцев Николай Александрович	к.ф.-м.н.		Ст.преп.	Tel:8-911-174-28-74 E-mail: n.maltsev@spbu.ru

В соответствии с порядком организации внутренней и внешней экспертизы образовательных программ проведена двухуровневая экспертиза:

первый уровень (оценка качества содержания рабочей программы и применяемых педагогических технологий)		
Наименование кафедры	Дата заседания	№ протокола
второй уровень (соответствие целям подготовки и учебному плану образовательной программы)		
Экспертиза второго уровня выполнена в порядке, установленном приказом		
<i>должностное лицо</i>	<i>дата приказа</i>	<i>№ приказа</i>
Уполномоченный орган (должностное лицо)	Дата принятия решения	№ документа

Иные документы об оценке качества рабочей программы

Документ об оценке качества	Дата документа	№ документа

--	--	--