

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ
КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ ЯДЕРНЫХ
РЕАКТОРОВ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/08/24-573.1

от 30.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
МЕТОДЫ И ПРИБОРЫ ФИЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 14.05.01 Ядерные реакторы и материалы

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
7	5	180	48	0	64		16	16	Э
Итого	5	180	48	0	64	24	16	16	

АННОТАЦИЯ

Курс имеет задачу активного усвоения слушателями знаний в быстро развивающейся области экспериментальных исследований радиационных полей и процессов. Он призван ознакомить с состоянием приборно-методической базы и тенденцией их развития, с системным подходом к планированию и измерений.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины является приобретение студентами знаний о реакторных экспериментах, об источниках нейтронов и экспериментальной аппаратуре, об измерениях ядерных излучений и использовании полученных результатов для определения состава и массы ядерных материалов, характеристик ядерных реакторов. Рассматриваются вопросы оптимизации экспериментов и математической обработки экспериментальных данных, минимизации погрешности полученной информации.

Студенты овладевают методами спектрометрии ядерных излучений и проведения нейтронно-физических экспериментов, принципами построения экспериментальных систем. Знакомятся с современными потребностями в экспериментальной информации о нейтронно-физических характеристиках ядерных реакторов, необходимой для их создания и эксплуатации.

Подробно описываются и анализируются особенности измерений параметров нейтронных процессов, характеристик стационарных и нестационарных нейтронных полей в установках разных типов, изменение характеристик реакторов в зависимости от времени и режимов работы, от вариации топливных загрузок. Обсуждаются особенности неразрушающих и разрушающих измерений ядерных материалов.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

При изучении дисциплины используются полученные ранние знания по ядерной физике и переносу излучений, математической обработки экспериментальных данных. Предлагаемый студентам материал взаимосвязан с вопросами создания и эксплуатации ядерных реакторов, ядерного нераспространения, международных и национальных гарантий, системой учета ядерных материалов.

Материал курса необходим для успешного освоения теоретического материала курсов «Экспериментальная реакторная физика и метрология», «Стандартизация, сертификация, планирование экспериментов», «Методы и приборы измерения ЯМ», «Методы и процедуры учета и контроля ядерных материалов», «Основы ядерной и радиационной безопасности», «Основы обращения с РАО».

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
производственно-технологический			
Поддержание работоспособности систем, оборудования, средств измерения, контроля, управления, автоматики, вычислительной техники	Атомный ледокольный флот Атомные электрические станции Плавучая АЭС Сфера научных исследований в области ядерной физики и технологий	ПК-11 [1] - способен к организации рабочих мест, их техническому оснащению, размещению технологического оборудования <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028	З-ПК-11[1] - Знать требования к организации труда ; У-ПК-11[1] - Уметь организовывать рабочее места, их техническое оснащение, размещение технологического оборудования ; В-ПК-11[1] - Владеть требованиями безопасности технических регламентов в сфере профессиональной деятельности
Поддержание работоспособности систем, оборудования, средств измерения, контроля, управления, автоматики, вычислительной техники	Атомный ледокольный флот Атомные электрические станции Плавучая АЭС Сфера научных исследований в области ядерной физики и технологий	ПК-12 [1] - способен к эксплуатации современного физического оборудования и приборов, к освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новых материалов, приборов, установок и систем; <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028, 24.081	З-ПК-12[1] - Знать технологические процессы в ходе подготовки производства новых материалов, приборов, установок и систем ; У-ПК-12[1] - Уметь подготавливать производство новых материалов, приборов, установок и систем ; В-ПК-12[1] - Владеть навыками эксплуатации современного физического оборудования и приборов

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
-----------------------------	-------------------------	------------------------------------

Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (B18)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (B19)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик «Научно-исследовательская работа», «Проектная практика», «Научный семинар» для: - формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин "История науки и инженерии", "Критическое мышление и основы научной коммуникации", "Введение в специальность", "Научно-исследовательская работа", "Научный семинар" для: - формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед; - формирования критического мышления, умения рассматривать различные исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок появления тех или иных открытий и теорий.

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практ. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>7 Семестр</i>						
1	Часть 1	1-8	24/0/32		25	КИ-8	3-ПК-11, У-ПК-11, В-ПК-11, 3-ПК-12, У-ПК-12, В-ПК-12
2	Часть 2	9-16	24/0/32		25	КИ-16	3-ПК-11, У-ПК-11, В-ПК-11, 3-ПК-12, У-ПК-12, В-ПК-12
	<i>Итого за 7 Семестр</i>		48/0/64		50		
	Контрольные мероприятия за 7 Семестр				50	Э	3-ПК-11, У-ПК-11, В-ПК-11, 3-ПК-12, У-ПК-12, В-ПК-12

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>7 Семестр</i>	48	0	64
1-8	Часть 1	24	0	32

1	Введение. Природа и виды радиоактивных излучений. Цели измерений: обеспечение радиационной и ядерной безопасности, контроль ядерных и радиоактивных материалов, управление технологическими процессами.	Всего аудиторных часов		
		3	0	4
		Онлайн		
		0	0	0
2	Основные характеристики детектора. Представление детектора в виде функции отклика. Определение характеристик детектора (энергетическое и временное разрешение, эффективность) с помощью стандартных источников и образцов.	Всего аудиторных часов		
		3	0	4
		Онлайн		
		0	0	0
3	Гамма-излучение. Происхождение гамма - излучения и процессы его взаимодействия с веществом: фотоэффект, комптоновское рассеяние, образование электронно-позитронных пар. Зависимость сечений процессов от энергии гамма - квантов и Z- вещества. Проникающая способность и энергетический спектр гамма - излучения.	Всего аудиторных часов		
		3	0	4
		Онлайн		
		0	0	0
4	Ионизационные камеры. Газовые ионизационные детекторы. Ионизационная камера. Пропорциональный счетчик. Коронный счетчик. Характеристики и применение.	Всего аудиторных часов		
		3	0	4
		Онлайн		
		0	0	0
5	Сцинтилляционные детекторы. Сцинтилляционные детекторы. Процесс регистрации. Типы детекторов. Применение. Нейтронный активационный анализ. Измерение нейтронных полей.	Всего аудиторных часов		
		3	0	4
		Онлайн		
		0	0	0
6	Полупроводниковые детекторы. Полупроводниковые детекторы. Характеристики, особенности конструкции, применение.	Всего аудиторных часов		
		3	0	4
		Онлайн		
		0	0	0
7	Детекторы для нейтронных измерений. Камеры деления. Счетчики гелий -3. Характеристики, применение.	Всего аудиторных часов		
		3	0	4
		Онлайн		
		0	0	0
8	Трековые детекторы. Трековые детекторы для измерения слабых потоков нейтронов.	Всего аудиторных часов		
		3	0	4
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	Часть 2	24	0	32
9	Внутриреакторные измерения. Нейтронные детекторы для внутриреакторных измерений. Особенности применения (диапазон измерений потока, выгорание нейтронно-чувствительного элемента). ДПЗ, термопары, активационные детекторы.	Всего аудиторных часов		
		3	0	4
		Онлайн		
		0	0	0
10	Системы СВРК. Системы СВРК. Комплектование. Подвижные и неподвижные детекторы. Перекалибровка. Реактиметр.	Всего аудиторных часов		
		3	0	4
		Онлайн		
		0	0	0
11	Бета-излучение. Измерения бета- излучения. Особенности. Задачи бета-	Всего аудиторных часов		
		3	0	4

	спектрометрии при контроле радиоактивного загрязнения окружающей среды.	Онлайн	0	0	0
12	Альфа-излучение. Измерения альфа- излучения. Детектирование. Приготовление источников.	Всего аудиторных часов	3	0	4
		Онлайн	0	0	0
13	Факторы, искажающие результаты измерений. Фон и меры его снижения. Самопоглощение излучения внутри образцов. Просчеты импульсов в измерительных системах.	Всего аудиторных часов	3	0	4
		Онлайн	0	0	0
14	Построение измерительных систем. Построение измерительных систем. Структурная схема построения измерительной системы. Назначение блоков. Аналоговая и цифровая электроника. Автоматизация измерений.	Всего аудиторных часов	3	0	4
		Онлайн	0	0	0
15	Программы математической обработки спектров Программы математической обработки измеренных спектров гамма, бета, альфа и рентгеновского излучений.	Всего аудиторных часов	3	0	4
		Онлайн	0	0	0
16	Виды измерений и контроль качества. Понятия неразрушающего (НРА) и разрушающего (РА) анализов. Активные и пассивные методы. Контроль качества измерений.	Всего аудиторных часов	3	0	4
		Онлайн	0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>7 Семестр</i>
1 - 8	Перечень лабораторных работ по курсу «Методы и приборы физических измерений» ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ: Работа 1. Изучение ионизационной камеры деления. Работа 2. Сцинтилляционные спектрометры гамма-излучения. Работа 3. Полупроводниковые спектрометры гамма-излучения. Работа 4. Оптимизация электронного тракта полупроводникового спектрометра гамма-излучения. Работа 5. Определение интегральной плотности потока тепловых нейтронов

	активационным методом. Работа 6. Возмущение поля тепловых нейтронов образцами. Лабораторные работы на подкритических сборках: Работа 1. Экспериментальное определение материального параметра уран графитовой решетки. Работа 2. Экспериментальное определение зависимости материального параметра от шага уран-водной решетки. Работа 3. Экспериментальное определение относительного изменения Кэф в подкритической уран-водной сборке вследствие введения в неё системы поглощающих стержней. Работа 4. Моделирование процедуры определения реактивности подкритической уран-водной сборки интегральным импульсным методом. Работа 5. Моделирование загрузки активной зоны ядерного реактора и построение зависимости обратного умножения нейтронов от массы топлива, загруженного в активную зону ядерного реактора. Работа 6. Моделирование процедуры определения реактивности, вводимой стержнями регулирования посредством измерения установившегося периода изменения плотности нейтронов в ядерном реакторе. Работа 7. Моделирование процедуры определения реактивности, вводимой стержнями регулирования (дифференциальный метод сброса стержня). Работа 8. Моделирование процедуры определения реактивности, вводимой стержнями регулирования (интегральный метод сброса стержня). Студенты разбиваются на группы и работают по подготовленному преподавателем семестровому плану.
9 - 16	Перечень лабораторных работ по курсу «Методы и приборы физических измерений» ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ: Работа 1. Изучение ионизационной камеры деления. Работа 2. Сцинтилляционные спектрометры гамма-излучения. Работа 3. Полупроводниковые спектрометры гамма-излучения. Работа 4. Оптимизация электронного тракта полупроводникового спектрометра гамма-излучения. Работа 5. Определение интегральной плотности потока тепловых нейтронов активационным методом. Работа 6. Возмущение поля тепловых нейтронов образцами. Лабораторные работы на подкритических сборках: Работа 1. Экспериментальное определение материального параметра уран графитовой решетки. Работа 2. Экспериментальное определение зависимости материального параметра от шага уран-водной решетки. Работа 3. Экспериментальное определение относительного изменения Кэф в подкритической уран-водной сборке вследствие введения в неё системы поглощающих стержней. Работа 4. Моделирование процедуры определения реактивности подкритической уран-водной сборки интегральным импульсным методом. Работа 5. Моделирование загрузки активной зоны ядерного реактора и построение зависимости обратного умножения нейтронов от массы топлива, загруженного в активную зону ядерного реактора.

	Работа 6. Моделирование процедуры определения реактивности, вводимой стержнями регулирования посредством измерения установившегося периода изменения плотности нейтронов в ядерном реакторе. Работа 7. Моделирование процедуры определения реактивности, вводимой стержнями регулирования (дифференциальный метод сброса стержня). Работа 8. Моделирование процедуры определения реактивности, вводимой стержнями регулирования (интегральный метод сброса стержня). Студенты разбиваются на группы и работают по подготовленному преподавателем семестровому плану.
--	--

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В соответствии с требованиями образовательных стандартов дисциплина реализует компетентностный подход и предусматривает широкое использование в учебном процессе активных форм проведения занятий (практические занятия, система контрольно-измерительных материалов, включая тесты) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов.

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ПК-11	З-ПК-11	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-11	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-11	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-12	З-ПК-12	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-12	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-12	Э, КИ-8, КИ-16

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил

			программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	В	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		С	
70-74		Д	
65-69	3 – «удовлетворительно»	Е	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	Ф	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ А 23 Nuclear power plants : учеб. пособие по англ. яз. для студентов-физиков, Атамедова Г.М., Агамова О.Д., Москва: НИЯУ МИФИ, 2018
2. ЭИ Б94 Экспериментальная реакторная физика : учебное пособие для вузов, Бушуев А.В., Москва: МИФИ, 2008
3. 621.039 Б94 Экспериментальная реакторная физика : учебное пособие для вузов, Бушуев А.В., Москва: МИФИ, 2008
4. ЭИ Э 41 Экспериментальная ядерная физика Т. 1 Физика атомного ядра, , : , 2022

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 539.1 Б94 Лабораторный практикум "Детектирование нейтронов" : Учеб. пособие, Смирнов В.Е., Кожин А.Ф., Бушуев А.В., М.: МИФИ, 1990

2. 621.039 Л12 Лабораторный практикум "Изучение нейтронно-физических процессов в размножающих средах" : , Смирнов В.Е. [и др.], М.: МИФИ, 1993
3. 621.039 М54 Методы и приборы измерений ядерных материалов : лабораторный практикум: учебное пособие для вузов, Зубарев В.Н. [и др.], Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
4. 621.039 Б94 Методы и приборы измерений ядерных материалов : учебное пособие для вузов, Алеева Т.Б., Бушуев А.В., Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
5. 621.039 Э41 Экспериментальные комплексы исследовательского ядерного реактора ИРТ МИФИ : монография, Акимов Д.Ю. [и др.], Москва: НИЯУ МИФИ, 2013

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. Gamma-Vision 6. (31 корпус, Л-201, Л-202, Л-204, Л-211)
2. JANIS 4.0 (31 корпус, Л-201, Л-202, Л-204, Л-211)
3. SpectraLine (Л-103, Л-104)

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

1. Сайт Всемирной ядерной ассоциации (<http://world-nuclear.org>)
 2. Сборник книг на официального сайта МАГАТЭ (<http://www-pub.iaea.org/books/>)
- <https://online.mephi.ru/>
- <http://library.mephi.ru/>

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

1. камеры деления КНТ-31-1м (Л-103, Л-104, Л-105)
2. Сцинтилляционный спектрометр. (Л-103, Л-104, Л-105)
3. Гамма-спектрометр №3. (Л-103, Л-104, Л-105)
4. УВ-1 ()
5. УВ-2 (Л-105)
6. УВПШ (Л-105)
7. УГ (Л-105а)
8. Индикаторы (Л-105)

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

При изучении курса следует ознакомиться с различными типами источников нейтронов и их характеристиками (мощность и спектр нейтронов, режимы генерации), с системами

детектирования радиоактивных излучений, методами измерения энергетических и временных спектров.

Особое внимание необходимо уделить изучению нейтронных реакций в разных диапазонах энергии, на ядрах разной массы. Следует сформулировать выводы о том, какие процессы наиболее вероятны для медленных и быстрых нейтронов, как изменяются соотношения между вероятностями процессов в зависимости от типа реактора.

Нужно установить факторы, влияющие на формирование нейтронного поля и ознакомиться с методами, применяемыми для определения спектров нейтронов в экспериментальных и энергетических реакторах.

Нужно знать требования, предъявляемые к нейтронным датчикам, применяемым в системах управления нейтронным полем в реакторах.

Нужно знать принципы построения систем внутриреакторного контроля. Следует знать приемы перекалибровки эффективности датчиков для учета их выгорания.

Требуется усвоить важность определения глубины выгорания ядерного топлива в реакторе и ознакомиться с методами её определения, основанными на гамма-спектрометрии и измерениях нейтронного излучения топливных сборок. Провести анализ погрешностей определения выгорания и способов их минимизации.

Провести сравнительный анализ разрушающих и неразрушающих методов определения нуклидного состава ядерного топлива: точности, трудоёмкости, стоимости. Надо иметь представление о принципах и особенностях разрушающих методов: масс-спектрометрии, альфа-спектрометрии.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Следует особое внимание уделить вопросам измерений реактивности и измерений нуклидного состава топлива в процессе его облучения в реакторе. При описании методов измерений нужно фиксировать внимание на границах их применимости и достижимой точности. Указать на связь между требуемой точностью и технико-экономическими последствиями погрешностей. Объяснить, почему для экспериментов на разных реакторах применяют разные методы и приборы

Автор(ы):

Алеева Татьяна Борисовна, к.ф.-м.н.