

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И КОСМОФИЗИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/423-573.1

от 20.04.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ЛЁГКИЕ АДРОНЫ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 14.03.02 Ядерные физика и технологии

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, экс./зач./КР/КП
8	2	72	10	0	30		32	0	3
Итого	2	72	10	0	30	20	32	0	

АННОТАЦИЯ

Изучение экспериментальной физики элементарных частиц

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины (модуля) являются получение студентами знаний по экспериментальной физике высоких энергий, знания о важнейших экспериментах в этой области, об устройстве и работе основных экспериментальных установок, об основных физических результатах в области физики высоких энергий.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Данный курс позволяет студенту приобрести знания, необходимые для проведения экспериментальных исследований по физике высоких энергий. Эти знания необходимы для выполнения лабораторных практических работ по курсам кафедры, выполнения проектов по программе Учебно-исследовательской работы студентов в рамках научных лабораторий, а также при выполнении дипломных проектов. Полученные знания являются необходимыми для исследовательской работы в области физики высоких энергий.

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
научно-исследовательский			
изучение научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по направлению исследований;	элементарные частицы, атомное ядро и плазма, газообразное и конденсированное состояние вещества, лазеры и их применения, ядерные реакторы, материалы ядерных реакторов, ядерные материалы и	ПК-9.1 [1] - Способен осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных,	3-ПК-9.1[1] - знать методы поиска, хранения, обработки и анализа информации из различных источников и баз данных, методы представления ее в требуемом формате с использованием информационных,

	<p>системы обеспечения их безопасности, ускорители заряженных частиц, современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками,</p>	<p>компьютерных и сетевых технологий;</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>компьютерных и сетевых технологий;; У-ПК-9.1[1] - уметь осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий; В-ПК-9.1[1] - владеть методами поиска, хранения, обработки и анализа информации из различных источников и баз данных, методами представления ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий;</p>
<p>проведение экспериментов по заданным методикам, обработка и анализ результатов;</p>	<p>элементарные частицы, атомное ядро и плазма, газообразное и конденсированное состояние вещества, лазеры и их применения, ядерные реакторы, материалы ядерных реакторов, ядерные материалы и системы обеспечения их безопасности, ускорители заряженных частиц, современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-</p>	<p>ПК-9.2 [1] - Способен участвовать в научных исследованиях в области физики частиц и ядра, космофизике и космологии, к самостоятельному определению необходимых средств и к их использованию для решения поставленных задач</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>3-ПК-9.2[1] - Знать методы исследования в области физики частиц и ядра, космофизике и космологии, методы определения необходимых средств и их использования для решения поставленных задач; У-ПК-9.2[1] - Уметь применять методы исследования в области физики частиц и ядра, космофизике и космологии, уметь применять методы определения необходимых средств и их использования для решения поставленных задач;</p>

	физическими установками,		В-ПК-9.2[1] - Владеть методами исследования в области физики частиц и ядра, космофизике и космологии, и методы определения необходимых средств и их использования для решения поставленных задач
проведение экспериментов по заданным методикам, обработка и анализ результатов;	элементарные частицы, атомное ядро и плазма, газообразное и конденсированное состояние вещества, лазеры и их применения, ядерные реакторы, материалы ядерных реакторов, ядерные материалы и системы обеспечения их безопасности, ускорители заряженных частиц, современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками,	ПК-9.4 [1] - Способен к общему физическому анализу процессов взаимодействия элементарных частиц, их эффектов на коллайдерах и в космическом пространстве; <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-9.4[1] - Знать методы физического анализа процессов взаимодействия элементарных частиц, их эффектов на коллайдерах и в космическом пространстве;; У-ПК-9.4[1] - Уметь выполнять физический анализ процессов взаимодействия элементарных частиц, их эффектов на коллайдерах и в космическом пространстве;; В-ПК-9.4[1] - Владеть методами физического анализа процессов взаимодействия элементарных частиц, их эффектов на коллайдерах и в космическом пространстве;
проектный			
участие в комплексном проектировании по принципу CDIO: планирование, проектирование, производство и применение реальных систем, процессов и продуктов,	разработка ядерных и физических установок, технологии применения приборов и установок для регистрации излучений, разделения	ПК-9.7 [1] - Способен к участию в комплексном проектировании по принципу CDIO: планирование, проектирование, производство и применение реальных систем, процессов и	З-ПК-9.7[1] - методы комплексного проектировании по принципу CDIO: планирование, проектирование, производство и применение реальных систем, процессов и продуктов;

<p>применению принципа в атомной отрасли и других высокотехнологичных отраслях;</p>	<p>изотопных и молекулярных смесей, а также анализа веществ,</p>	<p>продуктов, применению принципа в атомной отрасли и других высокотехнологичных отраслях;</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>У-ПК-9.7[1] - применять принцип CDIO при комплексное проектирование в атомной отрасли и других высокотехнологичных отраслях; В-ПК-9.7[1] - методами комплексного проектировании по принципу CDIO, методами применения принципа в атомной отрасли и других высокотехнологичных отраслях</p>
<p>сбор и анализ информационных источников и исходных данных для проектирования приборов и установок;</p>	<p>элементарные частицы, атомное ядро и плазма, газообразное и конденсированное состояние вещества, лазеры и их применения, ядерные реакторы, материалы ядерных реакторов, ядерные материалы и системы обеспечения их безопасности, ускорители заряженных частиц, современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками,</p>	<p>ПК-9.8 [1] - Способен проводить основные расчёты при проектировании различных детекторов и установок в области физики частиц и ядра, а также контроль их соответствия исходным требованиям с использованием средств диагностики;</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>3-ПК-9.8[1] - методы проведения расчётов при проектировании различных детекторов и установок в области физики частиц и ядра, а также методы контроля их соответствия исходным требованиям с использованием средств диагностики;; У-ПК-9.8[1] - проводить расчёты при проектировании различных детекторов и установок в области физики частиц и ядра, а также осуществлять контроль их соответствия исходным требованиям с использованием средств диагностики;; В-ПК-9.8[1] - методами проведения расчётов при проектировании различных детекторов и установок в области физики частиц и ядра,</p>

			а также методами контроля их соответствия исходным требованиям с использованием средств диагностики;
--	--	--	--

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

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

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>8 Семестр</i>						
1	Введение. Сильные и слабые взаимодействия. К0 осцилляции и СР нарушение в К-мезонах.	1-4	4/0/8		12	КИ-4	3-ПК-9.1, У-ПК-9.1, В-ПК-9.1, 3-ПК-9.2, У-ПК-9.2, В-ПК-9.2, 3-ПК-9.4, У-ПК-9.4, В-ПК-

							9.4, 3-ПК- 9.7, У- ПК- 9.7, В- ПК- 9.7, 3-ПК- 9.8, У- ПК- 9.8, В- ПК- 9.8
2	Стандартная Модель.	5-8	4/0/8		13	КИ-8	3-ПК- 9.1, У- ПК- 9.1, В- ПК- 9.1, 3-ПК- 9.2, У- ПК- 9.2, В- ПК- 9.2, 3-ПК- 9.4, У- ПК- 9.4, В- ПК- 9.4, 3-ПК- 9.7, У- ПК- 9.7, В- ПК- 9.7, 3-ПК- 9.8, У-

							ПК-9.8, В-ПК-9.8
3	?-лептон. Тяжелые кварки.	9-14	1/0/12		20	КИ-14	3-ПК-9.1, У-ПК-9.1, В-ПК-9.1, 3-ПК-9.2, У-ПК-9.2, В-ПК-9.2, 3-ПК-9.4, У-ПК-9.4, В-ПК-9.4, 3-ПК-9.7, У-ПК-9.7, В-ПК-9.7, 3-ПК-9.8, У-ПК-9.8, В-ПК-9.8
4	CP нарушение в D- и B-мезонах.	15-15	1/0/2		5	КИ-15	3-ПК-9.1, У-ПК-9.1, В-ПК-

							9.1, 3-ПК- 9.2, У- ПК- 9.2, В- ПК- 9.2, 3-ПК- 9.4, У- ПК- 9.4, В- ПК- 9.4, 3-ПК- 9.7, У- ПК- 9.7, В- ПК- 9.7, 3-ПК- 9.8, У- ПК- 9.8, В- ПК- 9.8
	<i>Итого за 8 Семестр</i>		10/0/30		50		
	Контрольные мероприятия за 8 Семестр				50	3	3-ПК- 9.1, У- ПК- 9.1, В- ПК- 9.1, 3-ПК- 9.2, У- ПК- 9.2, В- ПК- 9.2, 3-ПК- 9.4,

							У-ПК-9.4, В-ПК-9.4, 3-ПК-9.7, У-ПК-9.7, В-ПК-9.7, 3-ПК-9.8, У-ПК-9.8, В-ПК-9.8
--	--	--	--	--	--	--	--

* – 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
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>8 Семестр</i>	10	0	30
1-4	Введение. Сильные и слабые взаимодействия. К0 осцилляции и CP нарушение в К-мезонах.	4	0	8
1	Введение. Классификация частиц и виды взаимодействий. Виды взаимодействий. Константы. Истинно элементарные частицы и их свойства. Мезоны и барионы.	Всего аудиторных часов		
		1	0	2
		Онлайн		
2	Сильные взаимодействия. Сильные взаимодействия. Классификация мезонов и барионов в SU(2) и SU(3). Формула Гелл-Мана Нишиджимы. Кварки. Цвет.	Всего аудиторных часов		
		1	0	2
		Онлайн		
3	Зарядовая четность. Зарядовая четность. К0–анти-К0-осцилляции. Открытие	Всего аудиторных часов		
		1	0	2

	KL мезона. Регенерация KS в веществе. Нарушение CP инвариантности в K0-мезонах.	Онлайн		
		0	0	0
4	Непрямое и прямое CP нарушение в распадах K-мезонов. Непрямое и прямое CP нарушение в распадах K-мезонов. Измерение параметров непрямого CP нарушения, ϵ и ϕ , и параметра ϵ' в экспериментах CPLEAR, KTeV, NA-48.	Всего аудиторных часов		
		1	0	2
		Онлайн		
		0	0	0
5-8	Стандартная Модель.	4	0	8
5	Стандартная модель. Стандартная модель. Обнаружение нейтральных токов в экспериментах по рассеянию нейтрино. Обнаружение промежуточных векторных бозонов в эксперименте UA1.	Всего аудиторных часов		
		1	0	2
		Онлайн		
		0	0	0
6	Глобальный фит Стандартной модели. Эксперименты на LEP. Измерение параметров Z-бозона. Глобальный фит Стандартной модели.	Всего аудиторных часов		
		1	0	2
		Онлайн		
		0	0	0
7	Поиск явлений за пределами Стандартной Модели. Поиск хиггсовского бозона на LEP и LHC. Поиск явлений за пределами Стандартной Модели.	Всего аудиторных часов		
		1	0	2
		Онлайн		
		0	0	0
8	g-2 мюоны. g-2 мюоны. Вычисление электромагнитных, слабых и сильных поправок в g-2. Эксперимент E821.	Всего аудиторных часов		
		1	0	2
		Онлайн		
		0	0	0
9-14	?-лептон. Тяжелые кварки.	1	0	12
9	τ-лептон. Основные методы, регистрации и выделения τ -лептонов. Рождение τ -лептонов в e^+e^- -аннигиляции и определение параметров. Проверка лептонной универсальности в распадах τ -лептонов. Лептонные и адронные распады. Определение параметров Мишеля. Адронные распады τ -лептона. τ -нейтрино. Верхний предел на массу.	Всего аудиторных часов		
		1	0	2
		Онлайн		
		0	0	0
10	Тяжелый кварконий. Резонансы. Тяжелый кварконий. Эксперименты, исследовавшие J/ψ и Υ -резонансы. Измерение массы, электронной и полной ширины резонансов. Распады тяжелого кваркония. Новые мезоны со скрытым очарованием (X, Y, Z и др.).	Всего аудиторных часов		
		0	0	2
		Онлайн		
		0	0	0
11	Очарованные адроны. Очарованные адроны (мезоны и барионы), основные и возбужденные состояния. Диаграммы распадов. Измерение времен жизни очарованных барионов.. Лептонные распады D-мезонов, определение констант распада. Полулептонные распады. Адронные распады. Измерения абсолютных вероятностей распадов D-мезонов.	Всего аудиторных часов		
		0	0	2
		Онлайн		
		0	0	0
12	B-мезоны. B-мезоны, основные состояния и состояния с $L=1$. Измерения массы, времени жизни. Полулептонные и адронные распады B-мезонов. Измерение элементов V_{cb} и V_{ub} . Методы неполного восстановления B-мезона. Изучение распадов B-мезонов, идущих через пенгвинные диаграммы. Барионы, содержащие b-кварк.	Всего аудиторных часов		
		0	0	2
		Онлайн		
		0	0	0

13	Нейтральные мезоны. Смешивание в системе нейтральных В-мезонов и Вs-мезонов. Изучение осцилляций на e^+e^- -машинах в области Upsilon (4S) и при высоких энергиях; на адронных машинах. Смешивание в системе нейтральных D-мезонов. Дважды кабиббо-подавленные распады D-мезонов.	Всего аудиторных часов		
		0	0	2
		Онлайн		
14	t-кварк. Механизмы рождения и распада t-кварка. Поиски t-кварка. Обнаружение и исследование t-кварка в экспериментах CDF и D0. Одинокое рождение t-кварка. Исследование свойств t-кварка на Большом Адронном Коллайдере.	Всего аудиторных часов		
		0	0	2
		Онлайн		
15-15	CP нарушение в D- и B-мезонах.	Всего аудиторных часов		
		1	0	2
		Онлайн		
15	Матрица СКМ. Матрица смешивания кварков Кабиббо-Кобаяши-Маскава (СКМ). Определение элементов матрицы СКМ. Нарушение CP-инвариантности в распадах В-мезонов. Эволюция В0-анти-В0-пар, рожденных в Y(4S). Поиск CP-нарушения в распадах D-мезонов.	Всего аудиторных часов		
		1	0	2
		Онлайн		
		Всего аудиторных часов		
		0	0	0
		Онлайн		

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

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Проводится постоянный мониторинг знаний студентов по содержанию предыдущих лекций. Это позволяет корректировать процесс изложения материала в течение семестра, контролировать процесс обучения и заставляет студентов самостоятельно готовиться к занятиям.

По каждой лекции подготовлены презентации, что существенно повышает степень усвоения материала, позволяет использовать богатый иллюстративный материал из интернета и включать в лекции информацию о последних достижениях физики элементарных частиц. Доступ к учебному курсу обеспечивается с любого компьютера, подключённого к компьютерной сети.

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-9.1	З-ПК-9.1	З, КИ-4, КИ-8, КИ-14, КИ-15
	У-ПК-9.1	З, КИ-4, КИ-8, КИ-14, КИ-15
	В-ПК-9.1	З, КИ-4, КИ-8, КИ-14, КИ-15
ПК-9.2	З-ПК-9.2	З, КИ-4, КИ-8, КИ-14, КИ-15
	У-ПК-9.2	З, КИ-4, КИ-8, КИ-14, КИ-15
	В-ПК-9.2	З, КИ-4, КИ-8, КИ-14, КИ-15
ПК-9.4	З-ПК-9.4	З, КИ-4, КИ-8, КИ-14, КИ-15
	У-ПК-9.4	З, КИ-4, КИ-8, КИ-14, КИ-15
	В-ПК-9.4	З, КИ-4, КИ-8, КИ-14, КИ-15
ПК-9.7	З-ПК-9.7	З, КИ-4, КИ-8, КИ-14, КИ-15
	У-ПК-9.7	З, КИ-4, КИ-8, КИ-14, КИ-15
	В-ПК-9.7	З, КИ-4, КИ-8, КИ-14, КИ-15
ПК-9.8	З-ПК-9.8	З, КИ-4, КИ-8, КИ-14, КИ-15
	У-ПК-9.8	З, КИ-4, КИ-8, КИ-14, КИ-15
	В-ПК-9.8	З, КИ-4, КИ-8, КИ-14, КИ-15

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»	B	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		C	
70-74		D	
65-69		E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет
60-64			

			знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	F	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 Б 18 Квантовая механика : учебное пособие, Москва: Лаборатория знаний, 2020
2. ЭИ Ф 80 Уравнения состояния вещества от идеального газа до кварк-глюонной плазмы : учебное пособие, Москва: Физматлит, 2012
3. ЭИ Ф 80 Физика высоких плотностей энергии : учебное пособие, Москва: Физматлит, 2013

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ О-52 Элементарное введение в физику элементарных частиц : учебное пособие, Москва: Физматлит, 2009
2. 539.1 М92 Экспериментальная ядерная физика Т. 3 Физика элементарных частиц, , : Лань, 2008
3. 539.1 О-52 Лептоны и кварки : , Л. Б. Окунь, Москва: ЛКИ, 2008
4. 539.1 О-52 Элементарное введение в физику элементарных частиц : , Л. Б. Окунь, М.: Физматлит, 2006

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

1. Необходимо уметь пользоваться справочной литературой, и в первую очередь Data Particle Group.
2. Необходимо знать характеристики основных систем современных детекторов.
3. Понимать основные цели, задачи и направления развития физики высоких энергий.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

1. Необходимо уметь пользоваться справочной литературой, и в первую очередь Data Particle Group.
2. Необходимо знать характеристики основных систем современных детекторов.
3. Понимать основные цели, задачи и направления развития физики высоких энергий.

Автор(ы):

Поликарпов Сергей Михайлович