

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
Ядерной физики

 / С.Г. Кадменский

28.08.2019г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В. 05 Ускорители заряженных частиц

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

03.03.02 Физика

2. Профиль подготовки/специализация:

Ядерная физика

3. Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

кафедра ядерной физики

6. Составители программы:

Гитлин Валерий Рафаилович, к.т.н., доцент

7. Рекомендована: Научно-методическим советом физического факультета, протокол № 6 от 26.06.2019

РП продлена на 2022-2023 учебный год НМС физического факультета 14.06.2022, протокол №6.отметки о продлении вносятся вручную)

8. Учебный год: 2022/2023

Семестр(ы): 7

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целью изучения дисциплины является получение представления о физике ускорителей заряженных частиц, знания принципов построения и управления техникой ускорения заряженных частиц.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина «Ускорители заряженных частиц» относится к базовой части профессионального цикла Б1 основной образовательной программы подготовки бакалавров по профилю «Физика ядра и элементарных частиц» направления 03.03.02 Физика. Для освоения дисциплины «Ускорители заряженных частиц» необходимы знания, умения и компетенции, полученные при изучении соответствующих дисциплин основной образовательной программы бакалавра по направлению 03.03.02 Физика.

В результате обучающийся должен знать

Знать: методы ускорения заряженных частиц, достижение устойчивости и фокусировки пучка, явление автофазировки, конструкционные особенности и принципы ускорения в линейных ускорителях, циклических ускорителях, циклических индукционных ускорителях, в коллайдерах, использование ускорительной техники в науке и в производстве.

Уметь: самостоятельно проводить расчеты ускорения частиц.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ПК-4	способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин	Знать: — основы теории ускорения частиц в циклических и линейных ускорителях; — основные принципы построения и конструирования, особенности эксплуатации всех существующих типов ускорителей.
		Уметь: применять пакеты прикладных программ для моделирования процессов в ускорителях
		Владеть: готовностью участвовать в разработке способов применения электронных, нейтронных и протонных пучков, методов экспериментальной физики в решении научных, технических и технологических задач.

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 2/72.

Форма промежуточной аттестации экзамен.

13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость	
	Всего	По семестрам
		7 семестр
Аудиторные занятия	34	34
в том числе:		
лекции		
практические		
лабораторные	34	34
Самостоятельная работа	38	38
Форма промежуточной аттестации	Зачет	Зачет-
Итого:	72	72

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лабораторные работы		
3.1	История ускорительной техники	
3.2	Характеристики пучков	Кинематика релятивистских частиц
3.3	Критерии устойчивости движения частиц в процессе ускорения	Фокусировка пучка. Автофазировка Описание пучка в фазовом пространстве. Устойчивость продольных колебаний частиц .
3.4	Основные типы ускорителей	Высоковольтные ускорители. Индукционные ускорители. Циклотрон. Фазотрон. Изохронный циклотрон. Микротрон. Синхротрон. Коллайдеры.
3.5	Ускорители в научных исследованиях	Ускорители в ядерной физике. Ускорители в физике элементарных частиц. Получение на ускорителях пучков вторичных частиц.
3.6	Ускорители в промышленности	Радиационные технологии с использованием ускорителей заряженных частиц.

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	
3.1	История ускорительной техники			4	6	12
3.2	Характеристики пучков			6	6	12
3.3	Критерии устойчивости движения частиц в процессе ускорения			6	6	12
3.4	Основные типы ускорителей			6	6	12
3.5	Ускорители в научных исследованиях			6	6	12
3.6	Ускорители в промышленности			6	6	12
	Итого:			36	36	72

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

- изучение учебной, научной и методической литературы, материалов периодических изданий с привлечением электронных средств научной информации;
- подготовка к лабораторным занятиям, оформление отчетов.

Данная программа реализуется с учетом следующих принципов: современной научной целесообразности, нелинейности, учебной и исследовательской автономии студентов.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Черняев А. П. Ускорители в современном мире : [учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению 011200 - "Физика" и по специальности 010701 - "Физика"] / А. П. Черняев .— Москва : Изд-во Московского университета, 2012 .
2	Винтизенко, И.И. Линейные индукционные ускорители / И.И. Винтизенко. - Москва : Издательство Физматлит, 2015. - 303 с. - ISBN 978-5-9221-1637-4 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=467578 (18.01.2018).

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	Ишханов Б.С. Частицы и атомные ядра/ Б.С.Ишханов, И.М.Капитонов, Н.П.Юдин.- М.: Изд-во Моск.ун-та,2005.-250 с.
4	Лебедев А.Н. Основы физики и техники ускорителей / А.Н. Лебедев, А.Н. Шальнов. – М. : Энергоатомиздат, 1991.
5	Коломенский А.А. Физические основы методов ускорения заряженных частиц / А.А. Коломенский – М. : Изд-во МГУ, 1980.
6	Мешков И.Н. Ускорители заряженных частиц в ядерной физике и физике высоких энергий / И.Н. Мешков, Е.М. Сыресин; ОИЯИ, Препринт Р1-98-162. – Дубна, 1998.
7	Ускорители заряженных частиц :учеб. пособие для студентов 5-6 курсов физ. фак. / М.Н.Левин, В.Р. Гитлин – Воронеж: ЛОП ВГУ, 2003 – Ч. 1 : Введение. Принципы управления пучками.
8	Ускорители заряженных частиц: учеб. пособие для студентов 5-6 курсов физ. фак. / М.Н.Левин, В.Р. Гитлин – Воронеж: ЛОП ВГУ, 2003 – Ч. 2 : Классификация и основные типы ускорителей.
9	Мешков И.Н. Транспортировка пучков заряженных частиц в ядерной физике / И.Н. Мешков. – Новосибирск : Наука, 1991.
10	Адо Ю.М. Введение в физику ускорителей. Задачи / Ю.М. Адо, С.М. Варзарь, А.П., Черняев. – М. : Изд-во МГУ, 1999.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет):

№ п/п	Источник
11	www.lib.vsu.ru – ЗНБ ВГУ Источник
12	Полнотекстовая база данных англоязычных научных журналов JSTOR. - <URL: http://www.jstor.org >
13	Кузнецов С.И. Ускорители заряженных частиц. Курс физики с примерами решения задач/, Г.Н. Дудкин, В.Н. Забаев.– Томск.: Изд-во Томского политехнического университета , 2011.– 45 с. http://www.lib.tpu.ru/fulltext/m/2011/m16.pdf

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

№ п/п	Источник
14	Левин, М.Н. Ускорители заряженных частиц : Учеб. пособие по спец. 010400, 014100, 510400 для студентов 5-6 курсов физ. фак. / М.Н.Левин, В.Р.Гитлин .— Воронеж, 2003 .— Ч. 1. - Введение. Принципы управления пучками. - 24 с.
15	Левин, М.Н. Ускорители заряженных частиц : Учеб. пособие по спец. 010400, 014100, 510400 для студентов 5-6 курсов физ. фак. / М.Н.Левин, В.Р.Гитлин .— Воронеж, 2003 .— Ч. 2. - Классификация и основные типы ускорителей. - 28 с.

17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости):

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Компьютерный класс, кпроектор, экран, маркерная доска.

19. Фонд оценочных средств:

19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
ПК-4	Знать: — основы теории ускорения частиц в циклических и линейных ускорителях; — основные принципы построения и конструирования, особенности эксплуатации всех существующих типов ускорителей.	1.2 – 3.6	Устный и письменный опрос
	Уметь: применять пакеты прикладных программ для моделирования процессов в ускорителях.	1.2 – 3.6	Устный и письменный опрос
	Владеть: готовностью участвовать в разработке способов применения электронных, нейтронных и протонных пучков, методов экспериментальной физики в решении научных, технических и технологических задач.	1.2 – 3.6	Устный и письменный опрос
Промежуточная аттестация			КИМ

* В графе «ФОС» в обязательном порядке перечисляются оценочные средства текущей и промежуточной аттестаций.

19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Для оценивания результатов обучения на зачете используются следующие показатели (ЗУНЫ из 19.1):

- 1) знание учебного материала и владение понятийным аппаратом дисциплины;
- 2) умение связывать теорию с практикой;
- 3) умение иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований;
- 4) умение применять полученные знания на практике

Для оценивания результатов обучения на экзамене используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Для оценивания результатов обучения на зачете используется – зачтено, не зачтено
Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<p>Полное соответствие ответа обучающегося всем перечисленным критериям.</p> <p>Продемонстрировано знание основы теории ускорения частиц в циклических и линейных ускорителях; основные принципы построения и конструирования, особенности эксплуатации всех существующих типов ускорителей.</p> <p>умение применять пакеты прикладных программ для моделирования процессов в ускорителях.</p> <p>владение методиками разработок способов применения электронных, нейтронных и протонных пучков, методов экспериментальной физики в решении научных, технических и технологических задач.</p>	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Зачтено</i>
<p>Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трем из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки в ответе.</p>	–	<i>Не зачтено</i>

19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

19.3.1 Перечень вопросов к зачету

1. Какие ускорители называют ускорителями прямого действия? Основной признак ускорителя прямого действия?
2. С какой целью УПД помешают в сжатый газ?
3. Зачем секционируются металлическими электродами ускорительные трубки?
4. Перечислить известные Вам ускорители прямого действия.
5. Нарисовать упрощенную блок-схему сильноточного импульсного ускорителя.
6. Для чего в роторном генераторе используется неподвижный статор?
7. Как получают высокое напряжение в электростатическом генераторе?
8. Что является причиной бетатронных колебаний частиц в ускорителях?
9. Записать формулы для частот вертикальных и радиальных бетатронных колебаний.
10. Сформулировать условие устойчивости орбиты частиц в ускорителях со слабой фокусировкой.
11. Как осуществляется "мягкая" фокусировка магнитным полем?
12. Пояснить механизм "жесткой" фокусировки.
13. Сформулируйте условия, при которых работает механизм автофазировки.
14. В каких ускорителях имеет место автофазировка частиц?
15. Нужна ли автофазировка в изохронном циклотроне?
16. Что описывает фазовая диаграмма?
17. Чем отличаются вынужденные колебания частиц от свободных?
18. Почему в линейных резонансных ускорителях электронов на энергию несколько ГэВ автофазировка отсутствует, а при низких энергиях имеет место?
19. Какие типы резонансов Вы знаете?
20. Чем ограничивается предельная энергия частиц, которая может быть получена в циклотроне?
21. Чем отличается фазотронный режим ускорения от циклотронного?
22. Почему в кольцевые ускорители необходимо инжектировать частицы с достаточно большой начальной энергией?
23. Чем отличаются режимы работы электронного и протонного синхротронов?
24. Что такое "критическая энергия" для синхротронов?
25. Почему нельзя ускорять тяжелые частицы в микротроне?
26. Что называется режимом "кратного" ускорения и в каком ускорителе он реализуется?
27. Как влияет синхротронное излучение на режим ускорения электронов в синхротроне?

28. Что такое ондуляторное излучение?
29. Чем отличаются плоский и спиральный ондуляторы?
30. Какие устройства используются для получения синхротронного излучения?
31. Как осуществляется вертикальная фокусировка частиц в изохронном циклотроне?
32. Как осуществляется "жесткая" фокусировка в кольцевых ускорителях?
33. Записать условие постоянства радиуса равновесной орбиты в бетатроне.
34. Какие элементы включает в себя магнитная структура с разделёнными функциями жёско-фокусирующих синхротронов?
35. Зачем необходимо выполнять условие «2:1» в бетатроне?
36. Что называют фазовой неоднородностью магнитного поля и каковы причины ее возникновения?
37. Чем отличаются ускоряющие системы электронных и протонных линейных резонансных ускорителей?
38. Зачем нужна группировка электронов в сгустки в линейном резонансном ускорителе электронов?
39. Как называется ускоряющее устройство в линейном индукционном ускорителе?
40. Каково устройство и назначение банчера?
41. Почему линейные ускорители с бегущей волной не используются для ускорения тяжелых частиц?

19.3.2 Перечень практических заданий

Для оценки качества освоения дисциплины при проведении контролируемых мероприятий предусмотрены следующие средства (фонд оценочных средств):

1. Вопросы входного контроля.

Входной контроль осуществляется заданием простых задач, для решения которых достаточно знаний, полученных в курсе «Физика». Пример:

Задача № 1

Простейшим фильтром для скоростей заряженных частиц является комбинация электрического и магнитного полей, направленных так, чтобы они отклоняли пролетающие частицы в противоположных направлениях. Определить напряженность электрического поля в таком фильтре для пропускания электронов с энергией 1 МэВ, если напряженность магнитного поля равна 20 эрст.

Задача №2

Покоившийся электрон начинает двигаться под действием однородного магнитного поля с напряженностью 100 В/см. Определить кинетическую энергию W , которую он приобрел, и пройденный путь за время 1 мкс.

Задача №3

Электрон начинает движение без начальной скорости в однородном электрическом поле, напряженность которого линейно возрастает во времени со скоростью 20 МВ/см*с. Какую кинетическую энергию приобретает электрон, пройдя путь 10 см, если в момент начала движения напряженность поля равна нулю. Какова напряженность поля в конце пути электрона?

Задача №4

Пучок электронов, ускоренных разностью потенциалов 1 кВ, проходит в вакууме через два больших конденсатора, отстоящих друг от друга на $l=20$ см. В обоих конденсаторах синфазно возбуждается переменное поле от одного генератора. Изменением частоты генератора добиваемся, чтобы пучок электронов проходил эту систему без отклонения. Определить отношение заряда к массе электрона, если две последовательные частоты равны 141 МГц и 188 МГц.

2. Контрольные вопросы, задаваемые при выполнении и защите лабораторных работ.
3. Контрольные вопросы, задаваемые при проведении практических занятий.
4. Вопросы, выносимые на зачёты и экзамены.
5. Вопросы для текущего контроля и самоконтроля.

19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме(ах) (указать нужное): устного опроса (индивидуальный опрос, фронтальная); письменных работ (лабораторные работы и пр.); тестирование.

Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и практические задания, позволяющие оценить степень сформированности умений и навыков. При оценивании используются количественные . Критерии оценивания приведены выше.