|  |
| --- |
| **Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»** |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | **«УТВЕРЖДАЮ»**  |  |
|  |  |  |  | **Директор физтех-школы фундаментальной и прикладной физики** |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ В.В. Киселев** |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Рабочая программа дисциплины (модуля)** |
| **по дисциплине:** | Основы физики и техники ускорения заряженных частиц |
| **по направлению:** | Прикладные математика и физика (бакалавриат) |
| **профиль подготовки:** |  | Физика атомного ядра, элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий |
|  |  | факультет проблем физики и энергетики |
|  |  | Кафедра фундаментальных взаимодействий и космологии |
| **курс:** | 3 |
| **квалификация:** | бакалавр |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Семестры, формы промежуточной аттестации: |  |  |
|  |  | 5(Осенний) - без промежуточной аттестации |  |  |
|  |  | 6(Весенний) - Дифференцированный зачет |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Аудиторных часов: 60 всего, в том числе: |  |  |
|  | лекции: 60 час. |  |  |
|  | практические и семинарские занятия: 0 час. |  |  |
|  | лабораторные занятия: 0 час. |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Самостоятельная работа: 30 час. |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2 |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Программу составил:** | А.В. Фещенко, д-р физ.-мат. наук |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Программа обсуждена на заседании кафедры**  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 марта 2018 г. |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| СОГЛАСОВАНО: |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Заведующий кафедрой | В.А. Матвеев |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Начальник учебного управления | И.Р. Гарайшина |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Декан факультета | А.Г. Леонов |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **1. Цели и задачи** |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Цель дисциплины** |  |  |  |  |  |  |
| - изучение основ физики и техники ускорения заряженных частиц, приобретение навыков использовании полученных знаний в исследовательской работе, в том числе в области ускорителей, физики атомного ядра и элементарных частиц. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Задачи дисциплины** |  |  |
| – освоение студентами базовых знаний в области физики и техники ускорения заряженных частиц;  |
| – приобретение знаний о состоянии и перспективах развития ускорительной техники; |
| – оказание консультаций и помощи студентам в проведении собственных теоретических и ориентированных на практическое применение исследований в области ускорителей заряженных частиц;  |
| – приобретение навыков применения полученных знаний в смежных и междисциплинарных научных областях.  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Курс "Основы физики и техники ускорения заряженных частиц" относится к вариативной части образовательной программы |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Дисциплина «Основы физики и техники ускорения заряженных частиц» базируется на дисциплинах: |
| Теория поля; |
| Математика; |
| Физика. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Дисциплина «Основы физики и техники ускорения заряженных частиц» предшествует изучению дисциплин: |
| Электродинамика сверхвысоких частот; |
| Линейные ускорители; |
| Экспериментальная ядерная физика. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Освоение дисциплины направлено на формирование следующих общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций: |
| способность применять теорию и методы математики для построения качественных и количественных моделей объектов и процессов в естественнонаучной сфере деятельности (ОПК-2); |
| способность понимать ключевые аспекты и концепции в области их специализации (ОПК-3); |
| способность применять полученные знания для анализа систем, процессов и методов (ОПК-4); |
| способность критически оценивать применимость применяемых методик и методов (ПК-4). |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **В результате освоения дисциплины обучающиеся должны** |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **знать:** |  |  |  |  |  |  |
|  фундаментальные понятия, законы, теории классической и современной физики;
 порядки численных величин, характерные для различных разделов физики;
 современные проблемы физики и математики;
 общие подходы к решению прикладных и теоретических задач физики и техники ускорителей;
 основные положения и методы ускорения заряженных частиц, применяемые для создания различных ускорителей.
 |
| **уметь:** |  |  |
|  абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;
 пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач и технологических задач;
 делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
 производить численные оценки по порядку величины;
 делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
 видеть в технических задачах физическое содержание;
 осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики;
 получать наилучшие значения параметров ускорителей и иных электрофизических установок различного назначения и правильно оценивать степень их достоверности;
 эффективно использовать полученные знания, имеющиеся методы решения задач экспериментальной физики для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.
 |
| **владеть:** |  |  |
|  навыками освоения большого объема информации;
 навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;
 культурой постановки и моделирования физических задач;
 навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными;
 практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач;
 навыками теоретического анализа реальных задач, связанных с созданием ускорителей заряженных частиц для фундаментальных, прикладных и медицинских исследований.
 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| № | Тема (раздел) дисциплины | Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу  |
|  |  | Лекции | Практичес- кие и семинарские занятия | Лаборат. работы | Задания, курсовые работы | Самост. работа |
|  |  |  |  |  |  |  |
| 1 | Физические основы ускорения заряженных частиц. | 6 |  |  |  | 3 |
| 2 | Продольное движение частиц в ускорителях. | 6 |  |  |  | 3 |
| 3 | Поперечное движение частиц в ускорителях. | 6 |  |  |  | 3 |
| 4 | Основные типы ускорителей и их особенности. | 6 |  |  |  | 3 |
| 5 | Основы электродинамики ускоряющих систем. | 6 |  |  |  | 3 |
| 6 | Особенности динамики частиц в линейных резонансных ускорителях. | 6 |  |  |  | 3 |
| 7 | Эффекты пространственного заряда. | 6 |  |  |  | 3 |
| 8 | Когерентное движение пучка, неустойчивости. | 6 |  |  |  | 3 |
| 9 | Радиационные эффекты, синхротронное излучение и его применение. | 6 |  |  |  | 3 |
| 10 | Встречные пучки, накопители. | 6 |  |  |  | 3 |
| Итого часов | 60 |  |  |  | 30 |
| Подготовка к экзамену | 0 час. |
| Общая трудоёмкость | 90 час., 2 зач.ед. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4.2.  | Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Семестр: 5 (Осенний) |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 1. Физические основы ускорения заряженных частиц. |
|  |  |  |
|  | Основные этапы развития ускорителей. Высоковольтное ускорение. Индукционное ускорение. Принцип резонансного ускорения.  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 2. Продольное движение частиц в ускорителях. |
|  |  |  |
|  | Принцип автофазировки. Синхротронные колебания. Критическая энергия. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 3. Поперечное движение частиц в ускорителях. |
|  |  |  |
|  | Описание системы частиц в фазовом пространстве. Поперечная устойчивость и фокусировка. Устойчивость в аксиально-симметричном магнитном поле. Аксептанс и эмиттанс. Принцип сильной фокусировки. Влияние ускоряющенго поля на фокусировку. Оптика ускорителей. Нелинейности и резонансы бетатронных колебаний. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 4. Основные типы ускорителей и их особенности. |
|  |  |  |
|  | Классификация ускорителей. Циклические ускорители с постоянным полем (циклотронного типа). Циклотрон и фазотрон. Изохронные циклотроны. Кольцевые ускорители с постоянным полем (микротрон). Ускорители с постоянным радиусом орбиты. Синхротрон. Особенности электронных синхротронов. Бетатрон. Источники заряженных частиц. Высоковольтные линейные ускорители. Ускорители трансформаторного типа. Каскадные ускорители. Электростатические ускорители. Сильноточные импульсные ускорители. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 5. Основы электродинамики ускоряющих систем. |
|  |  |  |
|  | Распространение волн в однородной периодической структуре. Основные характеристики ускоряющих систем. Особенности систем со стоячей волной. Дисперсионные характеристики диафрагмированного волновода. Дисперсионная характеристика резонатора с трубками дрейфа. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Семестр: 6 (Весенний) |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 6. Особенности динамики частиц в линейных резонансных ускорителях. |
|  |  |  |
|  | Продольное движение в поле медленной волны. Продольное движение в поле волны с бета-ф=1. Предгруппировка частиц. Фокусировка частиц в линейных резонансных ускорителях. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 7. Эффекты пространственного заряда. |
|  |  |  |
|  | Уравнения продольного движения в самосогласованном поле. Влияние кулоновского поля. Нагрузка током и оптимизация параметров ускорителя. Эффект обрыва импульса тока. Статические эффекты пространственного заряда. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 8. Когерентное движение пучка, неустойчивости. |
|  |  |  |
|  | Продольные и поперечные когерентные колебания. Частоты когерентных колебаний. Когерентные неустойчивости пучка. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 9. Радиационные эффекты, синхротронное излучение и его применение. |
|  |  |  |
|  | Излучение электронов в циклических ускорителях (синхротронное излучение). Влияние излучения на синхротронные и бетатронные колебания. Возбуждение бетатронных и синхротронных колебаний квантовыми флуктуациями излучения. Применение синхротронного излучения, ондуляторы, лазеры на свободных электронах. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 10. Встречные пучки, накопители. |
|  |  |  |
|  | Метод встречных пучков. Накопление легких частиц. Накопление тяжелых частиц. Методы охлаждения ускоренных частиц. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)** |
|  |  |  |
|  | Учебная аудитория, оснащенная мультимедиапроектором и доской, экраном. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **6. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Основная литература |  |
|  | 1. Добрецов Ю.П. Ускорители заряженных частиц в экспериментальной физике высоких энергий. МИФИ, 2004.
2. Wangler P. Thomas. RF Linear Accelerators (Wiley Series in Beam Physics and Accelerator Technology). Wiley-VCH, Berlin, 2008.
3. http://www.jacow.org– Joint Accelerator Conferences Website
4. Proceedings of The CERN Accelerator School, https://cas.web.cern.ch/cas/Proceedings.html
 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Дополнительная литература |  |
|  | 1. Лебедев А.Н., Шальнов А.В. Основы физики и техники ускорителей. - М.: Энергоатомиздат, 1991.
2. Коломенский А.А. Физические основы методов ускорения заряженных чатиц. - М.: Изд-во МГУб 1980.
3. Коломенский А.А., Лебедев А.Н. Теория циклических ускорителей. - М.: Физматгиз, 1962.
4. Капчинский И.М. Динамика частиц в линейных резонансных ускорителях. - М.: Атомиздат, 1982
 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 1. Забаев В.К, Применение ускорителей в нвуке и промышленности: учебное пособие. Томск: Изд. ТПУ, 2008. |
|  | 2. Милантьев В.П. Физические принципы ускорения заряженных частиц: учебное пособие. - М.: РУДН, 2011. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | http://www.jacow.org– Joint Accelerator Conferences Website. |
|  | http://www.edu.ru – федеральный портал «Российское образование».  |
|  | http://benran.ru –библиотека по естественным наукам Российской академии наук.  |
|  | http://www.i-exam.ru – единый портал Интернет-тестирования в сфере образования.  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | На лекционных занятиях могут использоваться мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций. В процессе самостоятельной работы обучающихся возможно использование таких программных средств, как Mathcad, MAFIA и др. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины** |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Студент, изучающий курс «Основы физики и техники ускорения заряженных частиц», должен, с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять полученные знания на практике. |
| В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения физики и техники ускорения заряженных частиц, такие, как темп ускорения частиц, эмиттанс, аксептанс, ускоряющие структуры, бетатронные колебания и их резонансы, сильная фокусировка, продольные и поперечные колебания, когерентные колебания, радиационные эффекты и синхротронное излучение, встречные пучки, лазеры на свободных электронах и многие другие. Обучающийся должен получить чёткое представление о типах используемых ускорителей и их назначении. В области ускоряющих структур необходимо иметь достаточно ясное представление о медленных волнах и их взаимодействии с заряженными частицами.  |
| Необходимо обратить внимание на применяемые в теории ускорителей методы решения возникающих проблем и особое внимание уделить тому значению, которое имеет развитие ускорительной техники для появления новых технологий. Студент должен уметь пользоваться в простейших случаях приобретёнными знаниями, полученными из данного курса, и иметь представление о перспективах развития ускорителей как для фундаментальных, так и для прикладных исследований.  |
| Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой. Самостоятельная работа включает в себя: |
| – чтение и конспектирование рекомендованной литературы; |
| – проработку учебного материала (по конспектам лекций, учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения, доказательство отдельных утверждений, свойств; |
| – решение задач, предлагаемых студентам на лекциях и практических занятиях; |
| – подготовку к практическим занятиям, дифференцированному зачёту. |
| Руководство и контроль самостоятельной работы студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций. |
| Показателем владения материалом служит умение решать задачи. Для формирования умения применять теоретические знания на практике студенту необходимо решать как можно больше задач. При решении задач каждое действие необходимо аргументировать, ссылаясь на известные теоретические сведения.  |
| При подготовке к практическим занятиям необходимо повторять ранее изученные основные определения и понятия. В начале занятия, как правило, проводится короткий (10 минут) опрос по материалу предыдущей лекции (нескольких лекций) занятий в устной форме. Обычно придерживаются следующей схемы: изучение материала лекции по конспекту в тот же день, когда была прослушана лекция (10 минут); повторение материала накануне следующей лекции (10-15 минут), проработка учебного материала по конспектам лекций, учебной и научной литературе, подготовка ответов на домашние задания, подготовка к практическому занятию, решение задач. Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к лектору. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **11. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации по итогам обучения**  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Приложение |  |  |  |  |  |  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  | **ПРИЛОЖЕНИЕ** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ** |
| **ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ** |
| **ПО ДИСЦИПЛИНЕ** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |
| **по направлению:** | Прикладные математика и физика (бакалавриат) |
| **профиль подготовки:** |  | Физика атомного ядра, элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий |
|  |  | Факультет проблем физики и энергетики |
|  | Кафедра фундаментальных взаимодействий и космологии |
| **курс:** | 3 |  |  |
| **квалификация:** | бакалавр |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Семестры, формы промежуточной аттестации: |  |  |
|  |  | 5(Осенний) - без промежуточной аттестации |  |  |
|  |  | 6(Весенний) - Дифференцированный зачет |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Разработчик:** | А.В. Фещенко, д-р физ.-мат. наук |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины** |
| Освоение дисциплины направлено на формирование у обучающегося следующих общекультурных (ОК), общепрофессиональных (ОПК) и профессиональных (ПК) компетенций: |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| способность применять теорию и методы математики для построения качественных и количественных моделей объектов и процессов в естественнонаучной сфере деятельности (ОПК-2); |
| способность понимать ключевые аспекты и концепции в области их специализации (ОПК-3); |
| способность применять полученные знания для анализа систем, процессов и методов (ОПК-4); |
| способность критически оценивать применимость применяемых методик и методов (ПК-4). |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **2. Показатели оценивания компетенций** |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| В результате изучения дисциплины «Основы физики и техники ускорения заряженных частиц» обучающийся должен: |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **знать:** |  |  |  |  |  |  |
|  фундаментальные понятия, законы, теории классической и современной физики;
 порядки численных величин, характерные для различных разделов физики;
 современные проблемы физики и математики;
 общие подходы к решению прикладных и теоретических задач физики и техники ускорителей;
 основные положения и методы ускорения заряженных частиц, применяемые для создания различных ускорителей.
 |
| **уметь:** |  |  |  |  |  |  |
|  абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;
 пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач и технологических задач;
 делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
 производить численные оценки по порядку величины;
 делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
 видеть в технических задачах физическое содержание;
 осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики;
 получать наилучшие значения параметров ускорителей и иных электрофизических установок различного назначения и правильно оценивать степень их достоверности;
 эффективно использовать полученные знания, имеющиеся методы решения задач экспериментальной физики для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.
 |
| **владеть:** |  |  |  |  |  |  |
|  навыками освоения большого объема информации;
 навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;
 культурой постановки и моделирования физических задач;
 навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными;
 практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач;
 навыками теоретического анализа реальных задач, связанных с созданием ускорителей заряженных частиц для фундаментальных, прикладных и медицинских исследований.
 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **3. Перечень типовых контрольных заданий, используемых для оценки знаний, умений, навыков** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Промежуточная аттестация по дисциплине «Основы физики и техники ускорения заряженных частиц» осуществляется в форме дифференцированного зачета. Дифференцированный зачет проводится в устной форме. |
| Перечень контрольных вопросов: |
| 1. Основные физические принципы, используемые для ускорения заряженных частиц. |
| 2. Основные типы ускорителей. |
| 3. Движение частиц в бегущей волне. |
| 4. Принцип автофазировки. |
| 5. Фазовые траектории при продольном движении. |
| 6. Продольные фазовые колебания. |
| 7. Особенности продольного движения в циклических ускорителях. |
| 8. Эффективная масса и критическая энергия. |
| 9. Движение в аксиально-симметричном магнитном поле. |
| 10. Критерии устойчивости при движении в аксиально-симметричном магнитном поле. |
| 11. Бетатронные колебания. |
| 12. Дипольные и квадрупольные поля. |
| 13. Сильная и слабая фокусировка. |
| 14. Движение частиц в периодической магнитной системе. |
| 15. Описание системы частиц в фазовом пространстве. Теорема Лиувилля. |
| 16. Эмиттанс пучка и аксептанс ускорителя. |
| 17. Резонансы бетатронных колебаний. |
| 18. Классификация ускорителей. |
| 19. Циклические ускорители с постоянным магнитным полем. |
| 20. Циклические ускорители с постоянным радиусом. |
| 21. Высоковольтные ускорители. |
| 22. Источники частиц. |
| 23. Замедляющие структуры и ускоряющие системы. |
| 24. Особенности распространения электромагнитных волн в периодических структурах. |
| 25. Особенности систем со стоячей волной. |
| 26. Типы и основные параметры ускоряющих структур. |
| 27. Особенности движения частиц в линейных ускорителях при фазовой скорости волны равной скорости света. |
| 28. Группировка частиц. |
| 29. Нагрузка пучком. Переходные процессы в ускоряющих структурах. |
| 30. Эффект обрыва импульса. |
| 31. Дефокусирующее действие ускоряющего поля. |
| 32. Фокусировка частиц в линейных ускорителях. Способы фокусировки. |
| 33. Высокочастотная квадрупольная фокусировка. |
| 34. Эффекты пространственного заряда в циклических ускорителях. Устойчивость замкнутой орбиты. |
| 35. Эффекты пространственного заряда в циклических ускорителях. Устойчивость бетатронных колебаний. |
| 36. Эффекты пространственного заряда в циклических ускорителях. Влияние на автофазировку. |
| 37. Когерентные эффекты в циклических ускорителях. |
| 38. Частоты когерентных бетатронных колебаний. |
| 39. Продольные когерентные неустойчивости. Неустойчивость отрицательной массы. Резонаторная неустойчивость. |
| 40. Волны поперечного когерентного смещения в несгруппированном пучке. Аномальный эффект Допплера. Резистивная неустойчивость. |
| 41. Синхротронное излучение. |
| 42. Влияние синхротронного излучения на бетатронные и синхротронные колебания. |
| 43. Возбуждение колебаний квантовыми флуктуациями излучения. |
| 44. Применение синхротронного излучения. Лазеры на свободных электронах. |
| 45. Метод встречных пучков. |
| 46. Накопители легких и тяжелых частиц. |
| 47. Охлаждение пучков. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **4. Критерии оценивания** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Оценку «отлично (10)» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного программного материала, самостоятельно выполнивший все предусмотренные программой задания, глубоко усвоивший основную и дополнительную литературу, рекомендованную программой, активно работавший на практических, семинарских, лабораторных занятиях, разбирающийся в основных научных концепциях по изучаемой дисциплине, проявивший творческие способности и научный подход в понимании и изложении учебного программного материма, ответ отличается богатством и точностью использованных терминов, материал излагается последовательно и логично. |
| Оценка «отлично (9)» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое знание учебного программного материала, самостоятельно выполнивший все предусмотренные программой задания, глубоко усвоивший основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой, активно работавший на практических, семинарских, лабораторных занятиях, показавший систематический характер знаний по дисциплине, достаточный для дальнейшей учебы, а также способность к их самостоятельному пополнению, ответ отличается точностью использованных терминов, материал излагается последовательно и логично. |
| Оценку «отлично (8)» заслуживает студент, обнаруживший полное знание учебно-программного материала, не допускающий в ответе существенных неточностей, самостоятельно выполнивший все предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, активно работавший на практических, семинарских, лабораторных занятиях, показавший систематический характер знаний по дисциплине, достаточный для дальнейшей учебы, а также способность к их самостоятельному пополнению. |
| Оценку «хорошо (7)» заслуживает студент, обнаруживший достаточно полное знание учебно-программного материала, не допускающий в ответе существенных неточностей, самостоятельно выполнивший все предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, активно работавший на практических, семинарских, лабораторных занятиях, показавший систематический характер знаний по дисциплине, достаточный для дальнейшей учебы, а также способность к их самостоятельному пополнению. |
| Оценку «хорошо (6)» заслуживает студент, обнаруживший достаточно полное знание учебно-программного материала, не допускающий в ответе существенных неточностей, самостоятельно выполнивший основные предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, отличавшийся достаточной активностью на практических (семинарских) и лабораторных занятиях, показавший систематический характер знаний по дисциплине, достаточный для дальнейшей учебы. |
| Оценку «хорошо (5)» заслуживает студент, обнаруживший знание основного учебно-программного материала в объёме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, не отличавшийся активностью на практических (семинарских) и лабораторных занятиях, самостоятельно выполнивший основные предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, однако допустивший некоторые погрешности при их выполнении и в ответе на экзамене, но обладающий необходимыми знаниями для их самостоятельного устранения. |
| Оценку «удовлетворительно (4)» заслуживает студент, обнаруживший знание основного учебно-программного материала в объёме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, не отличавшийся активностью на практических (семинарских) и лабораторных занятиях, самостоятельно выполнивший основные предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, однако допустивший некоторые погрешности при их выполнении и в ответе на экзамене, но обладающий необходимыми знаниями для устранения под руководством преподавателя допущенных погрешностей. |
| Оценку «удовлетворительно (3)» заслуживает студент, обнаруживший знание основного учебно-программного материала в объёме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, не отличавшийся активностью на практических (семинарских) и лабораторных занятиях, самостоятельно выполнивший основные предусмотренные программой задания, однако допустивший погрешности при их выполнении и в ответе на экзамене, но обладающий необходимыми знаниями для устранения под руководством преподавателя наиболее существенных погрешностей. |
| Оценка «неудовлетворительно (2)» выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях или отсутствие знаний по значительной части основного учебно-программного материала, не выполнившему самостоятельно предусмотренные программой основные задания, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий, не отработавшему основные практические, семинарские, лабораторные занятия, допускающему существенные ошибки при ответе, и который не может продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. |
|  Оценка «неудовлетворительно (1)» выставляется студенту, не ответившему на заданные (отказ от ответа, представленный ответ полностью не по существу содержащихся в экзаменационном задании вопросов). |
| Оценка «зачтено» выставляется студенту, если по десятибалльной шкале его знания оцениваются не ниже «удовлетворительно»; оценка «не зачтено» выставляется обучающемуся в противном случае. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| При проведении устного дифференцированного зачёта обучающемуся предоставляется не менее 45 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном зачете не должен превышать двух астрономических часов.  |
| Во время проведения дифференцированного зачёта обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также всей необходимой литературой для решения задачи; при ответах на устные вопросы пользоваться литературой запрещено.  |