**Кафедра фундаментальных взаимодействий и космологии.**

**Физико-технические проблемы и современные тенденции ускорительных комплексов.**

**24249.Физико-технические проблемы и современные тенденции ускорительных комплексов\_кфвик\_8сем\_(ИЯИ)\_2019.**

Цель дисциплины:

изучение основных физико-технических проблем современных ускорительных комплексов для решения фундаментальных и прикладных задач физики

Задачи дисциплины:

формулирование предельных требований к параметрам ускорительных установок для решения конкретных сегодняшних задач

Знать:

примерные параметры современных ускорителей и решаемые на них задачи

Уметь:

определять требования к параметрам ускоряемых пучков при создании физических установок

Владеть:

навыками теоретического анализа реальных задач, связанных с созданием ускорителей для фундаментальных, прикладных применений

Темы и разделы:

1. Введение: Фундаментальные и прикладные физические задачи, решаемые с использованием современных ускорителей.

2. Физические комплексы на основе линейных ускорителей. Линейные ускорители класса «фабрик», основные их отличительные признаки.

3. Нейтронные «фабрики», режимы работы, основные особенности, физические программы на примере ESS.

4. Трансмутационные комплексы на основе «Accelerator driven System», топливные циклы с использованием тория на примере Европейского проекта MYRRHA.

5. Ускорительные комплексы для получения пучков радиоактивных ядер: Isolde,Riken,Ganil, Spiral2, GSI, Derica

6. Основные физико-технические характеристики ускорителей-«фабрик», ключевые технологии ускорителей-«фабрик», предельные пиковые токи, максимальная мощность пучка.

7. Ускорительные комплексы медицинской направленности.

8. Особенности сверхпроводящих ВЧ резонаторов. Основные типы сверхпроводящих резонаторов. Технология производства сверхпроводящих резонаторов.

9. Конструирование высокоинтенсивных линейных ускорителей. Динамика пучка и электродинамика ускоряющих устройств линейных ускорителей на основе сверхпроводящих резонаторов.

10. Современные кольцевые ускорители-коллайдеры.

11. Ускорители с внутренней и вынесенной мишенями на примере NICA, HESR (FAIR). Особенности коллайдера NICA на низкие энергии.

12. Магнитооптические структуры с регулируемой критической энергией, нелинейности и их коррекция, динамическая апертура.

13. Особенности кольцевых ускорителей поляризованных частиц, физические программы.

14. Накопительные кольца для поиска электрического дипольного момента протона, дейтрона.

15. Синхротронные источники 4-го поколения, основные их характеристики. Методы получения электронных пучков с эмиттансом порядка нанометра.

16. Ускорительные комплексы будущего, коллективные методы ускорения, ионно-плазменные ускорители.

Материально-техническая база:

Учебная аудитория, оснащенная мультимедиапроектором и экраном, доской

Основная литература:

1. A. Chao and M.Tigner Accelerator Physics and Engineering, World Scientific

2. H. Wiedemann, Particle accelerator physics

Дополнительная литература:

1. Thomas P. Wangler. RF Linear Accelerators (Wiley Series in Beam Physics and Accelerator Technology). Wiley-VCH, Berlin, 2008

2. Hasan Padamsee, Jens Knobloch, Tom Hays, RF superconductivity for accelerator

Перечень информационных технологий и программного обеспечения:

На лекционных занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций. документов. Типовая комплектация должна включать: мультимедийный проектор и персональный компьютер оснащенный современными программами для презентаций.

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) :

Материалы школ ЦЕРНа

Перечень типовых контрольных заданий, используемых для оценки знаний, умений, навыков:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Физико-технические проблемы и современные тенденции ускорительных комплексов» осуществляется в форме экзамена. Экзамен проводится в устной форме.

Перечень контрольных вопросов:

1. Основные задачи решаемые на ускорителях различног типа. Какие задачи и на каких ускорителях.

2. Основные характеристики ускорителя класса «фабрика».

3. Для каких задач необходимы нейтронные фабрики.

4. Основные циклы используемые при трансмутации.

5. Основные параметры изотопных комплексов и для каких физических задач они используются.

6. Методы построения «чистых» ускорителей.

7. Какого типа ускорителя используются для онкотерапии, основные их преимущества и недостатки, порог Брэга.

8. Почему необходимо использовать сверхпроводящие резонаторы, какого типа резонаторы используются на низких, средних и высоких энергиях.

9. Принцип квазиравновесного движения в сверхпроводящих резонаторах.

10. Основные параметры ускорителей коллайдеров и решаемые на них задачи.

11. Основная особенность коллайдера НИКА.

12. Для чего необходимо менять критическую энергию в ускорителе.

13. Поляризационные резонансы, методы прохождения через поляризационные резонансы.

14. В чем основная особенность накопителя для поиска ЭДМ.

15. Какие параметры синхротронного источника определяют «поколение» СИ, методы получения пучков с малым эмиттансом близким к дифракционному пределу.

16. Какие коллективные методы ускорения наиболее перспективны.

Примеры экзаменационных билетов (заданий, тестов и др. материалов, используемых для проведения зачета, экзамена):

Билет №1

1. Основные характеристики ускорителя класса «фабрика».

2. Для чего необходимо менять критическую энергию в ускорителе.

Билет №2

1. Методы построения «чистых» ускорителей.

2. В чем основная особенность накопителя для поиска ЭДМ.

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 па 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).

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания:

При проведении устного экзамена обучающемуся предоставляется не менее 45 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном экзамене не должен превышает двух астрономических часов.

Во время проведения экзамена обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также всей необходимой литературой для решения задачи; при ответах на устные вопросы пользоваться литературой запрещено.

Краткое содержание курса для обучающихся:

Курс лекций включает в себя обсуждение основных параметров современных ускорительных комплексов для решения фундаментальных и прикладных задач. Первоначально предлагается обзор различных типов ускорителей, в каких областях энергий они работают и современные технологии, применяемые для их создания. В следующих лекциях особое внимание уделяется ускорителям класса «фабрик» для изучения редких распадов, обсуждаются их параметры. Ускорители этого класса применяются в прикладных задачах для получения больших нейтронных потоков, в частности в нейтронных фабриках, в трансмутационных комплексах. Другим выделенным классом ускорителей являются комплексы для ускорения радиоактивных пучков. На примере Isolde, Riken, Ganil, Spiral2, GSI, Derica рассматриваются методы получения радиоактивных пучков и какие типы ускорителей используются для этого. Следующие лекции посвящены медицинским ускорителям, какие типы ускорителей используются, их преимущества, недостатки. Для всех вышеупомянутых ускорителей используются сверхпроводящие резонаторы и этому типу ускоряющих устройств, учитывая их специфику, посвящены 2 лекции. Во второй части лекций рассматриваются ускорители-коллайдеры. Основные требования к ним, методы решения ускорительных задач анализируются на примере двух коллайдеров на супервысокую порядка несколько ТэВ и супернизкую порядка несколько ГэВ энергии LHC и NICA соответственно. Кольцевые ускорители на энергию порядка от несколько ГэВ до несколько десятков ГэВ стоят обособленным классом в виду особых проблем по преодолению различных неустойчивостей пучка и прохождению через критическую энергию. В заключительной части лекций рассматриваются ускорители для поляризованных частиц, ускорители для получения синхротронного излучения и перспективы использования коллективных методов ускорения.