

**Государственное образовательное учреждение высшего
профессионального образования Московской области «Международный
университет природы, общества и человека «Дубна»
(университет «Дубна»)
Факультет естественных и инженерных наук
Кафедра Биофизики**

УТВЕРЖДАЮ

проректор по учебной работе

_____ С.В. Моржухина

« _____ » _____ 20 г.

ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Физика и техника ускорителей

(наименование дисциплины)

по направлению (специальности)

140307.65 Радиационная безопасность человека и окружающей среды

(№, наименование направления, специальности)

Форма обучения: очная

Уровень подготовки: специалист.

Курс (семестр): 5 курс (9 семестр)

г. Дубна, 2010 г.

Автор программы: Коваленко Александр Дмитриевич, д.физ.-мат.н., профессор кафедры биофизики

ФИО, ученое звание, кафедра _____
(подпись)

Программа составлена в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования и учебным планом по направлению подготовки (специальности) 140307.65 Радиационная безопасность человека и окружающей среды
(код и наименование направления подготовки (специальности))

Программа рассмотрена на заседании кафедры _____
(название кафедры)

Протокол заседания № _____ от « _____ » _____ 20 ____ г.

Заведующий кафедрой _____ / проф. Красавин Е.А. /
(ученое звание) (подпись) (фамилия, имя, отчество)

СОГЛАСОВАНО

заведующий выпускающей кафедрой¹ _____ / _____ /
(ученое звание) (подпись) (фамилия, имя, отчество)

« _____ » _____ 20 ____ г.

Рецензент: _____
(ученая степень, ученое звание, Ф.И.О., место работы, должность)

Руководитель библиотечной системы _____ / _____ /
(подпись) (ФИО)

¹ Для программ общеуниверситетских кафедр

1. Аннотация

ОПД.Р.00	НАЦИОНАЛЬНО-РЕГИОНАЛЬНЫЙ (ВУЗОВСКИЙ) КОМПОНЕНТ	89
ОПД.Р.01	ФИЗИКА И ТЕХНИКА УСКОРИТЕЛЕЙ	89

Настоящий курс является общепрофессиональной дисциплиной в ГОС ВПО и посвящен изложению основ физики и техники ускорителей как базовых установок для получения пучков заряженных частиц и ядер в широком диапазоне энергий. Ускорители заряженных частиц, являющиеся базовыми приборами для изучения структуры вещества (микромира) от нано- до фемто- масштабов размерности изучаемых объектов, приборами, широко распространенными и используемыми не только в среде физиков-экспериментаторов, но и медиками, биологами, инженерами-технологами, криминалистами и представителями многих других специальностей. Можно определенно сказать, что знание общих принципов и понятий из области ускорителей заряженных частиц стало элементом общечеловеческой культуры, а для образованной части мирового сообщества и необходимым показателем профессионального уровня образованности и эрудиции. Чрезвычайная полезность изучения данного курса состоит в том, что, базируясь на многих основных понятиях и законах общей физики, электродинамики, математических выражениях этих законов, а также большом числе инженерных и технологических специальностей таких как, например, электротехника, электро-магниты, вакуумные приборы, высокочастотные электромагнитные колебания, и др., которые постигаются студентами в процессе освоения данного курса, мы тем самым, усиливаем усвоение ранее пройденных курсов. Освоение программы курса не требует узко специализированных знаний, курс рассчитан на студентов, обладающих общими знаниями в области физики, математики, электротехники в объеме программы Университета «Дубна», владеющих также умением пользования интернет-ресурсами.

Методы обучения включают: 1) лекционные и семинарские занятия в аудитории, 2) самостоятельная работа с рекомендованной литературой, 3) поиск материала по заданной теме в интернете, подготовка сообщения и представление данного сообщения на занятии в аудитории, 4) практические занятия, которые главным образом состоят в посещении реальных ускорителей заряженных частиц и лабораторных стендов в Лабораториях ОИЯИ. Надо отметить, что в данном отношении Объединенный институт ядерных исследований представляет уникальную возможность практического прикосновения студентами к самым передовым и лидирующим в мире во многих направлениях «ускорительных технологиях». Необходимо также отметить, что вклад российских ученых в развитие мировой науки и технологии ускорителей заряженных частиц весьма значителен. Это имело достойное признание мирового сообщества в свое время, но это признание необходимо поддерживать и, по меньшей мере, наши студенты должны обладать необходимой совокупностью знаний в этом направлении.

Основными видами контроля работы студентов являются: 1) посещение занятий, 2) ведение конспекта, 3) активность в диалоге при постановке лектором вопросов, уточняющих формулировки по изучаемой теме или ее связь с другими, ранее пройденными темами или определениями, которые уже должны быть усвоены студентами, 4) задание лектору вопросов, по тематике предмета, выходящих за рамки возможностей включения в программу курса в силу ограниченности выделенных часов, 5) активность при проведении практических занятий, 6) способность подготовить выступление на занятии, 7) интерес к получению знаний и общая эрудиция.

Методика формирования результирующей оценки (экзамен, зачет) состоит в том, что преподаватель, основываясь на уровне и качестве ответа на два - три контрольных вопроса («билет»), случайным образом «вытащенные» студентом из общей выборки контрольных вопросов по курсу (в среднем за период чтения данного курса число билетов варьируется в пределах 18-20, а число контрольных вопросов - в пределах 36 - 40), а также с учетом

совокупности условных баллов по всем вышеизложенным факторам контроля работы студента в течение изучения курса, выводит суммарный качественный балл, на основании которого выставляет оценку по принятой шкале.

Специфика данного предмета состоит в том, что из огромного потока информации по ускорителям заряженных частиц и связанным с этим научным и техническим проблемам, публикуемого в основном на английском языке, необходимо выбрать и адаптировать то, что необходимо знать нашим студентам, а именно: статус проблем, основные тенденции развития вообще (для эрудиции) и в области, непосредственно связанной с использованием ускорителей заряженных частиц, по проблемам радио-биологическим, медицинско-космическим, радиационной безопасности и др. Кроме того, для усвоения базы предмета, а это фактически сконцентрированный обзор основных понятий и кратких описаний физических основ и основных технических подходов, используя которые был достигнут современный уровень развития ускорителей, преподавателю необходимо составлять курс лекций для студентов. Имеется большой пробел в издании русскоязычной литературы по ускорителям за период с начала 90-х годов.

2. Цель и задачи дисциплины

Целью курса является приобретение знаний основ физики и техники ускорителей как базовых установок для получения пучков заряженных частиц и ядер. Основное внимание уделяется освоению принципов действия современных ускорителей, фундаментальным законам устойчивости движения заряженных частиц в циклических ускорителях: резонансное ускорение, автофазировка, слабо- и жестко фокусирующие магнитные структуры. Применение явления сверхпроводимости в современной ускорительной технике.

Курс включает также практическое ознакомление с действующими ускорительными установками ОИЯИ, в частности, с ускорительным комплексом - Нуклотрон ОИЯИ, включающим в себя уникальный сверхпроводящий синхротрон, линейный резонансный ускоритель протонов и ядер, комплекс устройств для инъекции и вывода пучков, каналы транспортировки пучков, оснащенные устройствами контроля и управления, необходимыми для использования пучков в научных и прикладных исследованиях.

3. Требования к уровню освоения содержания дисциплины.

Студенты после изучения курса должны знать:

- Общий принцип действия всех ускорителей заряженных частиц, классификацию и типы существующих ускорителей. Основные понятия о пучках частиц и характеристиках пучков.
- Основные понятия, такие как: энергия, импульс, масса частицы и их связь в релятивистском и нерелятивистском случаях. Уравнение движения заряженной частицы в электрическом и магнитном полях.
- Основные типы линейных ускорителей. Ускорители прямого действия: высоковольтные электростатические и каскадные генераторы. Принципы работы линейных резонансных ускорителей. Ускорители типа Видероз, Альвареца, с “бегущей волной”. Линейный индукционный ускоритель.
- Основные типы циклических ускорителей. Циклотрон, фазотрон, бетатрон, микротрон - принципы действия.
- Синхротрон. Принцип автофазировки Векслера-Макмиллана, устойчивость движения частиц в циклических ускорителях высоких энергий, магнитные структуры, слабая и сильная (жесткая) фокусировка, бетатронные колебания, резонансы и критерии устойчивости.
- Основные компоненты современного ускорительного комплекса (на примере комплекса Нуклотрон ОИЯИ) Сверхпроводящий синхротрон релятивистских

протонов и ядер. Практическое использование явления низкотемпературной сверхпроводимости.

- Принцип построения системы вывода и транспортировка ускоренных частиц к экспериментальным установкам.

В ходе изучения дисциплины студенты получают:

- знания об основных понятиях, связанных с методами и средствами измерений, принятых единицах измерений и связи между единицами измерений в различных системах, приобретают навыки расчетов основных параметров системы в базовых системах единиц;
- умение выбирать необходимые параметры для проведения расчета интересующего параметра, например предельной энергии протона в циклическом ускорителе при заданном магнитном поле и радиусе орбиты и др;

4. Объем дисциплины и виды учебной работы (час):

Вид занятий	Всего часов	Семестры
		IX
Общая трудоемкость	89	89
Аудиторные занятия:	51	51
Лекции	34	34
Практические занятия (ПЗ)		
Семинары (С)	17	17
Лабораторные работы (ЛР)		
Самостоятельная работа:	2	2
Курсовой проект (работа)		
Расчетно-графические работы		
Реферат		
Вид итогового контроля (зачет, экзамен)	экзамен	экзамен

5. Разделы (темы) дисциплины, содержание и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Лекции	ПЗ	С	ЛР	СР
1.	Основные понятия в физике и технике ускорителей, единицы измерения.	10				2
2.	Линейные ускорители	4				
3.	Циклические ускорители	20				
4.	Ускорительный комплекс релятивистских ядер – нуклотрон и практическое использование явления сверхпроводимости			17		

Содержание разделов дисциплин

1. Принцип действия ускорителей заряженных частиц, энергия, импульс, масса частицы и их связь в релятивистском и нерелятивистском случаях. Уравнение движения заряженной частицы в электрическом и магнитном полях. Пучки частиц, их основные характеристики. Классификация и типы ускорителей.

2. Основные типы линейных ускорителей. Ускорители прямого действия: высоковольтные электростатические и каскадные генераторы. Принципы работы линейных резонансных ускорителей. Ускорители типа Видероз, Альвареца, с “бегущей волной”. Линейный индукционный ускоритель.

3. Основные типы циклических ускорителей. Циклотрон, фазотрон (синхроциклотрон), бетатрон, микротрон - принципы действия. Синхротрон: принцип автофазировки Векслера-Макмиллана, устойчивость движения частиц в циклических ускорителях высоких энергий, магнитные структуры, слабая и сильная (жесткая) фокусировка, бетатронные колебания, резонансы и критерии устойчивости.

4. Основные компоненты современного ускорительного комплекса (на примере комплекса Нуклотрон ОИЯИ) Сверхпроводящий синхротрон релятивистских протонов и ядер. Практическое использование явления низкотемпературной сверхпроводимости. Сверхпроводящие провода, кабели, магниты - основные типы, используемые в современных ускорителях. Вывод и транспортировка ускоренных частиц к экспериментальным установкам.

6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Основная литература

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики: Учеб. пособие для вузов. Т. 5. Атомная и ядерная физика. 3-е изд., стер. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. – 784 с. // ЭБС «КнигаФонд». – URL: <http://www.knigafund.ru/books/112647> (дата обращения: 29.08.2011).-Режим доступа: с компьютеров ун-та «Дубна».
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Учеб. пособие: Для вузов. В 5 т. Т. 3. Электричество. 5-е изд., стер. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 656 с. // ЭБС «КнигаФонд». – URL: <http://www.knigafund.ru/books/87578> (дата обращения: 29.08.2011).-Режим доступа: с компьютеров ун-та «Дубна».

Дополнительная литература:

1. Ливингстон М.С. Ускорители: Установки для получения заряженных частиц больших энергий. Пер. с англ.Э.Л. Бурштейна; Под ред. М.С. Рабиновича. М.: Иностранная литература, 1956. – 148 с.
2. Резонансные циклические ускорители элементарных частиц: Сборник статей / Эльдер Ф., Гуревич А., Лэнгмюр Р. и др.; Пер. с англ. Э.Л.Бурштейна. М.: Иностранная литература, 1950. – 184 с.

7. Технические и электронные средства обучения

Лекционные материалы в виде Power Point – презентации.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- Мультимедийный проектор,
- Проектор «overhead»

9. Формы контроля

Основными формами контроля работы студентов являются: 1) посещение занятий, 2) ведение конспекта, 3) активность в диалоге при постановке лектором вопросов, уточняющих формулировки по изучаемой теме или ее связь с другими, ранее пройденными темами или определениями, которые уже должны быть усвоены студентами, 4) задание лектору вопросов, по тематике предмета, выходящих за рамки возможностей включения в программу курса в силу ограниченности выделенных часов, 5) активность при проведении практических занятий, 6) способность подготовить выступление на занятии, 7) интерес к получению знаний и общая эрудиция.

Вследствие ограниченного времени, планируемого для аудиторных занятий и необходимого объема информации, планируемой к усвоению всей группой более продуктивным является текущий опрос студентов по вопросам, связанным с текущим изложением темы.

Перечень вопросов и заданий для самостоятельной работы:

1. Высоковольтный ускоритель Ван-де-Граафа: принцип действия, общая схема и основные параметры.
2. Каскадный высоковольтный генератор – как ускоритель заряженных частиц: общая схема, основные параметры
3. Ускорительный комплекс: Большой Адронный Коллайдер (ЛНС) в ЦЕРН (Женева).
4. Использование пучков протонов и ядер в практике лечения онкологических заболеваний. (эта проблема может быть разделена на несколько направлений)
5. Сверхпроводящие материалы и сплавы наиболее широко применяющиеся в технике ускорителей.

Перечень примерных контрольных вопросов, выносимых на экзамен по курсу: «ФИЗИКА И ТЕХНИКА УСКОРИТЕЛЕЙ»

Назначение и общие принципы действия ускорителей заряженных частиц.

Основные характеристики пучков заряженных частиц

Энергия, импульс, основные характеристики ускоряемых частиц. Общее уравнение движения заряженных частиц в электро-магнитном поле.

Классификация ускорителей и их основные типы.

Линейные ускорители заряженных частиц (основные типы).

Индукционные линейные ускорители.

Линейные резонансные ускорители.

Физические основы действия ускорителей Видероз, Альвареца и с «бегущей волной»

Циклические ускорители (основные типы)

Физические основы действия циклотрона. Синхроциклотрона (фазотрона), бетатрона и микротрона.

Синхротрон. Принцип автофазировки Векслера-Макмиллана.

Крупнейшие действующие и строящиеся в мире ускорительные комплексы для получения частиц предельно высоких энергий на основе синхротронов.
Устойчивость движения частиц в синхротронах (общий принцип).
Критерий устойчивости в синхротронах со слабой фокусировкой.
Бетатронные колебания частиц при движении в аксиально-симметричном магнитном поле (уравнения движения в r - и z - плоскостях).
Рабочая точка ускорителя (синхротрона). Резонансы в синхротронах со слабой фокусировкой.
Принцип сильной (жесткой) фокусировки в синхротронах, физические основы.
Магнитные структуры синхротронов с совмещенными и разделенными функциями.
Критерий устойчивости движения частиц в ускорителе с сильной фокусировкой.
Резонансы.(общее условие)
Типы магнитных структур синхротронов с сильной фокусировкой.
Явление сверхпроводимости и основные направления его использования в технике ускорителей.
Сверхпроводящие материалы и сплавы наиболее широко применяющиеся в технике ускорителей.
Основные компоненты ускорительного комплекса заряженных высоких энергий.
Ускорительный комплекс релятивистских ядер на основе сверхпроводящего синхротрона. (на примере Нуклотрона ОИЯИ)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Рабочей программой дисциплины предусмотрена самостоятельная работа студентов в объеме 2 часов

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- изучение отдельных разделов тем дисциплины
- чтение студентами рекомендованной литературы и усвоение теоретического материала дисциплины;
- подготовку к практическим занятиям;
- работу с Интернет-источниками;
- подготовку к различным формам контроля.

Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе.

По каждой из тем для самостоятельного изучения, приведенных в рабочей программе дисциплины следует сначала прочитать рекомендованную литературу и при необходимости составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме и для освоения последующих разделов курса.

Для расширения знаний по дисциплине рекомендуется использовать Интернет-ресурсы: проводить поиск в различных системах и использовать материалы сайтов, рекомендованных преподавателем на лекционных занятиях.

ПРИЛОЖЕНИЕ

К УМК приложены

Учебные материалы, литература

Лекционные материалы в виде слайдов для оверхеда и Power Point – презентации.