

**Государственное образовательное учреждение высшего
профессионального образования Московской области «Международный
университет природы, общества и человека «Дубна»
(университет «Дубна»)**

**Факультет естественных и инженерных наук
Кафедра ядерной физики**

УТВЕРЖДАЮ

проректор по учебной работе

_____ С.В. Моржухина

« ____ » _____ 2011 г.

ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Физика ускорителей

(наименование дисциплины)

по направлению 011200 – физика
(№, наименование направления, специальности)

Форма обучения: очная

Уровень подготовки: бакалавр

Курс (семестр): 4 (8)

г. Дубна, 2011 г.

Автор программы:
д. ф.-м. н., профессор Онищенко Л.М.,
кафедра Ядерной физики / _____ /

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО с учетом рекомендаций
и ПрООП ВПО по направлению подготовки

_____ 011200 – Физика _____
(код и наименование направления подготовки (специальности))

Программа рассмотрена на заседании кафедры **Ядерной физики**

Протокол заседания № _____ от «____» _____ 2011 г.

Заведующий кафедрой д. ф.-м. н. профессор / _____ / Оганесян Ю.Ц.

Рецензент: Доктор физико-математических наук, профессор
/ _____ /
(подпись)

СОГЛАСОВАНО

Декан факультета ЕиИН к. ф.- м. наук / _____ / Деникин А.С.

Руководитель библиотечной системы / _____ / Черепанова В.Г.
(подпись)

Содержание

Выписка из ФГОС	4
1. Цели и задачи освоения дисциплины	4
2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата:	4
3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины	5
4. Содержание и структура дисциплины.....	7
4.1. Содержание разделов дисциплины.....	7
4.1.1. Содержание подразделов дисциплины.....	8
4.2. Структура дисциплины	10
4.3. Практические занятия (Семинары).....	10
4.3.1. Домашние работы.....	10
4.3.2. Коллоквиумы	10
4.4. Самостоятельное изучение разделов дисциплины.....	11
5. Образовательные технологии:.....	11
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	12
6.1. Тесты.....	12
6.2. Вопросы для проведения текущего контроля освоения лекционного материала.....	14
6.3. Перечень вопросов для подготовки к зачету	14
7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.....	15
7.1. Основная литература.....	15
7.2. Дополнительная литература	15
7.3. Периодические издания	15
7.4. Интернет–ресурсы:.....	16
7.5. Методические указания к самостоятельной работе	16
7.6. Программное обеспечение современных информационно-коммуникационных технологий.....	16
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины	17

Выписка из ФГОС

Выписка из федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки 011200 – Физика (квалификация (степень) «бакалавр»). Утвержден Приказом Министерства образования и науки РФ от 8.11.2009 № 711.

Каждый учебный цикл имеет базовую (обязательную) часть и вариативную (профильную), устанавливаемую вузом. Вариативная (профильная) часть дает возможность расширения и (или) углубления знаний, умений и навыков, определяемых содержанием базовых (обязательных) дисциплин (модулей), позволяет студенту получить углубленные знания и навыки для успешной профессиональной деятельности и (или) для продолжения профессионального образования в магистратуре. Профиль основной образовательной программы (ООП) определяется высшим учебным заведением в соответствии с примерной основной образовательной программой ВПО. ООП должна содержать дисциплины по выбору обучающихся в объеме не менее одной трети вариативной части суммарно по циклам Б.1, Б.2 и Б.3. Порядок формирования дисциплин по выбору обучающихся устанавливает ученый совет вуза.

Профиль «Физика атомного ядра и частиц» входит в рекомендуемый список профилей подготовки бакалавров по направлению 011200 – Физика, согласно Примерной основной образовательной программе высшего профессионального образования по направлению подготовки 011200 – Физика (квалификация (степень) «бакалавр»), утвержденной Председателем Совета УМО по классическому университетскому образованию, академиком РАН В.А.Садовничим 29.12.2010.

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цели освоения дисциплины:

- приобретение знаний основ физики и техники ускорителей как базовых установок для получения пучков заряженных частиц и ядер;
- ознакомление с основными направлениями научного и прикладного применения ускорителей и пучков заряженных частиц и ядер в ядерной физике и смежных областях науки и техники;

Задачи освоения дисциплины:

1. Изучение принципов действия современных ускорителей: высоковольтных ускорителей, резонансных ускорителей (линейных и циклических), накопительных колец и ускорителей на встречных пучках (коллайдеров).
2. Изучение принципов действия других ускорителей: бетатрон, микротрон, линейный индукционный ускоритель.
3. Изучение устойчивости движения заряженных частиц в циклических ускорителях: поперечная устойчивость, автофазировка, слабо- и жестко фокусирующие магнитные структуры.
4. Изучение устройства и основных систем ускорителей: магнитная система (в том числе, сверхпроводящие магниты), ускоряющая система, системы инжекции и вывода частиц, вакуумная система, каналы транспортировки ускоренных частиц к детекторам.
5. Ознакомление с действующими ускорительными установками ОИЯИ, в частности, с ускорительным комплексом - Нуклотрон ОИЯИ.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата:

Дисциплина «Физика ускорителей» относится к дисциплинам по выбору вариативной части профессионального цикла. До данной дисциплины студенты изучили

курс «Общая физика», в частности, разделы «Электричество и магнетизм», «Ядерная физика» и курс «Теоретическая физика», в частности, разделы «Механика, основы механики сплошных сред» и «Электродинамика, электродинамика сплошных сред». В качестве входных знаний студенты должны владеть основными законами классической физики – механики и электродинамики, а также иметь общие знания в области, математики, в частности, уметь решать дифференциальные уравнения, владеть методами векторного и тензорного анализа. Чрезвычайная полезность изучения данного курса состоит в том, что, он базируется 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, электромагниты, вакуумные приборы, высокочастотные электромагнитные колебания и др. В процессе освоения студентами данного курса, закрепляется материал ранее пройденных курсов.

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Требования компетенций в соответствии с ФГОС ВПО и ООП ВПО

а) Общекультурные:

- способностью приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии (ОК-3);
- способностью собирать, обрабатывать и интерпретировать с использованием современных информационных технологий данные, необходимые для формирования суждений по соответствующим социальным, научным и этическим проблемам (ОК-4);
- способностью овладеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, иметь навыки работы с компьютером как средством управления информацией (ОК-12);
- способность использовать в познавательной и профессиональной деятельности базовые знания в области информатики и современных информационных технологий, навыки использования программных средств и навыков работы в компьютерных сетях; умением создавать базы данных и использовать ресурсы Интернет (ОК-17);

б) профессиональные:

- способность использовать базовые теоретические знания для решения профессиональных задач (ПК-1);
- способность применять на практике базовые профессиональные навыки (ПК-2).
- способность эксплуатировать современную физическую аппаратуру и оборудование (ПК-3);
- способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (в соответствии с профилем подготовки Физика атомного ядра и частиц) (ПК-4).
- способность применять на практике базовые общепрофессиональные знания теории и методов физических исследований (в соответствии с профилем подготовки Физика атомного ядра и частиц) (ПК-5);
- способностью пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации (в соответствии с профилем подготовки Физика атомного ядра и частиц) (ПК-6);

в) профильные:

- способность разбираться в методах исследований в области физики атомного ядра и частиц (ПК-3), (ПК-5), (ПК-6).

Результат обучения	Компетенция	Образовательная технология	Вид задания
знать общие принципы действия всех ускорителей заряженных частиц, их классификацию и типы, основные понятия о пучках частиц и их характеристиках пучков;	ОК-3 ПК-1 ПК-4 ПК-5 ПК-6	Л1-Л16, П31-П34, зачет	Т1, К1
знать основные характеристики заряженных частиц и уравнения их движения в электрическом и магнитном полях;	ОК-3 ОК-4 ОК-12 ОК-17 ПК-1 ПК-4 ПК-5 ПК-6	Л1,Л2, Л9, П31 зачет	Т1, К1
уметь объяснять свойства пучков заряженных частиц, произведенных различными ускорителями;	ПК-1 ПК-2 ПК-4 ПК-5	Л1-Л15, П32-П35, зачет	Т1, К1
знать устройство и параметры ускорителей и основных систем ускорителей: магнитная система(в том числе, сверхпроводящие магниты), ускоряющая система, системы инжекции и вывода частиц, вакуумная система, каналы транспортировки ускоренных частиц к детекторам;	ПК-3 ПК-5 ПК-6	Л1,Л15, П32-П35, зачет	текущий опрос
приобрести опыт деятельности. элементы практической работы по выполнению исследований и прикладному применению ускорителей ОИЯИ;	ПК-3 ПК-5 ПК-6	Л1-Л16, П32-П35, зачет	текущий опрос
приобрести опыт деятельности поиска и критического анализа новой информации по ускорительным комплексам и новым физическим методам, приборов и устройств для их исследования и прикладного применения пучков заряженных частиц;	ОК-3 ОК-4 ОК-12 ОК-17	Л1-Л15, зачет	текущий опрос
анализировать достоинства и недостатки ускорителей различных типов, способы решения возможных	ПК-1 ПК-2 ПК-4 ПК-5	Л1- Л16, П32-П35, зачет	Т1, К1, текущий опрос

технических проблем;			
<i>оценивать</i> характеристики ускорителей различных типов с учетом их назначения;	ПК-1 ПК-2	Л1- Л16, ПЗ2-ПЗ5, зачет	Т1, текущий опрос
<i>применять</i> уравнения движения заряженной частицы в электрическом и магнитном полях для расчета основных параметров ускорителей.	ПК-1 ПК-2	Л1-Л15, ПЗ1 зачет	К1, текущий опрос

4. Содержание и структура дисциплины

4.1. Содержание разделов дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц 80 часов.

№ п/п	Наименование разделов и подразделов	Неделя семестра				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Л	ПЗ	СР	
			Л	ПЗ	СР	Зачет – 8 семестр
			42		38	
1	Основные понятия в физике и технике ускорителей		4	2	10	
Л1	▪ Принцип действия ускорителей заряженных частиц. Пучки частиц	1	2	2	3	
Л2	▪ Классификация и типы ускорителей.	3	2		3	
2	Линейные ускорители;		4	2	6	
Л3	▪ Ускорители прямого действия.	4	2	1	3	
Л4	▪ Линейные резонансные ускорители	5	2	1	3	
3	Циклические ускорители;		16	2	10	
Л5	▪ Циклотрон, фазотрон	6	3	2	2	Тест Т1
Л6	▪ Микротрон, бетатрон	7	1		2	
Л7	▪ Синхротрон	8	3		2	
Л8	▪ Фокусирующие свойства электрического и магнитного полей	9	1		2	
Л9	▪ Устойчивость поперечного движения частиц	10	2		2	
Л10	▪ Устойчивость продольного движения частиц	11	2		2	

Л11	▪ Резонансы	12	2		2	
Л12	▪ Накопительные кольца и встречные пучки	13	2		2	Коллоквиум К1
4	Ускорительный комплекс релятивистских ядер – нуклотрон и практическое использование явления сверхпроводимости;		4	2	6	
Л13	▪ Основные компоненты современного ускорительного комплекса	13	2	2	2	
Л14	▪ Сверхпроводящие компоненты современного ускорительного комплекса.	14	2		2	
Л15	▪ Вывод и транспортировка ускоренных частиц.	15	2	2	2	
5	Использование ускорителей;		2	2	6	
Л16	▪ Использование ускорителей	16	2	2	6	

4.1.1. Содержание подразделов дисциплины

Раздел 1. Основные понятия в физике и технике ускорителей.

Принцип действия ускорителей заряженных частиц. Пучки частиц. Энергия, импульс, масса частицы и их связь в релятивистском и нерелятивистском случаях. Вакуум для ускорителей. Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях.. Их основные характеристики.

Классификация и типы ускорителей. Основные типы линейных ускорителей. Основные типы циклических ускорителей.

Раздел 2. Линейные ускорители.

Ускорители прямого действия. Высоковольтные электростатические и каскадные генераторы.

Линейные резонансные ускорители. Принципы работы линейных резонансных ускорителей. Ускорители типа Видероз, Альвареца, с “бегущей волной”. Линейный индукционный ускоритель.

Раздел 3. Циклические ускорители.

Циклотрон и фазотрон (синхроциклотрон), принципы действия.

Бетатрон и микротрон, принципы действия.

Синхротрон, принципы действия..

Фокусирующие свойства электрического и магнитного полей. Электростатические и магнитные линзы. Оптика пучков частиц. Фокусировка и отклонение пучков.

Устойчивость поперечного движения частиц. Устойчивость движения частиц в циклических ускорителях высоких энергий. Магнитные структуры, слабая и сильная (жесткая) фокусировка.

Устойчивость продольного движения частиц. Принцип автофазировки Векслера-Макмиллана.

Резонансы. Бетатронные колебания, резонансы и критерии устойчивости.

Накопительные кольца и встречные пучки. Схема устройства накопительных колец. Охлаждение пучков накопленных колец. Протон-антипротонные кольца.

Раздел 4. Ускорительный комплекс релятивистских ядер – нуклотрон и практическое использование явления сверхпроводимости.

Основные компоненты современного ускорительного комплекса: пример комплекса Нуклотрон ОИЯИ.

Сверхпроводящие компоненты современного ускорительного комплекса. Сверхпроводящий синхротрон релятивистских протонов и ядер. Практическое использование явления низкотемпературной сверхпроводимости.

Вывод и транспортировка ускоренных частиц к экспериментальным установкам.

Раздел 5. Использование ускорителей

Использование ускорителей. Ускорители в медицине. Использование пучков для стерилизации. Использование пучков протонов и ядер в практике лечения онкологических заболеваний. Ускорители в промышленности. Использование пучков для изготовления фильтров, ионной имплантации и контроля изделий.

4.2. Структура дисциплины

Вид работы	Трудоемкость, часов	
	8 семестр	Всего
Общая трудоемкость	80	80
Аудиторная работа:	42	42
<i>Лекции (Л)</i>	32	32
<i>Практические занятия (ПЗ)</i>	10	10
<i>Лабораторные работы (ЛР)</i>		
Самостоятельная работа	38	38
Самостоятельное изучение разделов	12	12
Самоподготовка	12	12
Подготовка и сдача зачета	14	14
Зачет		
Экзамен		

4.3. Практические занятия (Семинары)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Кол-во ч.
ПЗ1	1	Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях.	2
ПЗ2	2	Ускорители прямого действия и линейные ускорители	2
ПЗ3	3	Циклические ускорители	2
ПЗ4	4	Нуклотрон ОИЯИ	2
ПЗ5	5	Применение ускорителей	2

Практические занятия ПЗ2-ПЗ5 заключаются в посещении реальных ускорителей заряженных частиц и лабораторных стендов в Лабораториях ОИЯИ.

4.3.1. Домашние работы

№	Тема задания	неделя
Д1	Повторение “Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях.”	2
Д2	Подготовка реферата по ускорителям прямого действия или линейным ускорителям	5
Д3	Подготовка реферата по циклическим ускорителям	6
Д4	Подготовка реферата по ускорителям ОИЯИ или других научных центров	14
Д5	Подготовка реферата по применению ускорителей	16

4.3.2. Коллоквиумы

№	Тема работы	неделя
К1	Линейные и циклические ускорители	12

4.4. Самостоятельное изучение разделов дисциплины

№ раздела	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение	Количество часов
2	Каскадный высоковольтный генератор – как ускоритель заряженных частиц: общая схема, основные параметры	3
3	Ускорительный комплекс: Большой Адронный Коллайдер (LHC) в ЦЕРН (Женева).	3
5	Ускорители в медицине	3
5	Ускорители в промышленности	3

5. Образовательные технологии:

В учебном процессе, в ходе чтения лекций, которые составляют 76% аудиторных занятий, используются активные и интерактивные формы (обсуждение отдельных разделов программы, наиболее тесно связанных с нейтронными методами исследования вещества. В сочетании с внеаудиторной работой это способствует формированию и развитию профессиональных навыков обучающихся.

Основными методами обучения являются чтение лекционного курса с использованием мультимедиа-презентаций, видеоматериалов по темам лекций. Удельный вес занятий проводимых в интерактивной форме, составляет не менее 30 % аудиторных занятий. Кроме того, активно используются тестовая оболочка института дистанционного обучения университета «Дубна» и локальные тестовые программы с целью проведения теста по разделу как: «Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях и линейные ускорители».

Семестр	Вид занятия (Л)	Используемые интерактивные образовательные технологии	Количество часов
8	Л	мультимедиа-презентации, образовательные материалы из Интернет, тестовая оболочка дистанционного обучения университета «Дубна», тестовая страница для Web-браузера JS_Test	14
Итого:			14

Освоение теоретической части курса происходит в процессе прослушивания лекционного курса и самостоятельной работы студентов по закреплению полученных знаний с использованием конспектов лекций, компьютерных презентаций и учебников по тематике физики ускорителей и движения заряженных частиц в электрическом и магнитном полях.

Учебную внеаудиторную деятельность, выполняемую в часы, отведенные студенту для самостоятельной работы, целесообразно разделить на две группы:

1. **Подготовка к занятиям** предполагает систематическую (ритмичную) самостоятельную работу по изучаемой дисциплине в виде повторения материала лекций, подготовки к тестированию, коллоквиуму, и т.п. Такой вид деятельности студента является необходимым и должен быть обеспечен достаточным ресурсом времени.
2. **Поиск в Интернете** информации о развитии ускорительной техники и их применении для новых исследований и решения прикладных задач, подготовка на этой основе реферата.

Самостоятельная работа студентов обеспечена следующими материалами:

- календарным планом занятий;
- учебно-методическими материалами по основным разделам дисциплины в печатной (находятся в библиотеке) и электронной форме (передаются преподавателем).

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Контроль осуществляется в виде текущего опроса студентов на практических занятиях, тестирования, коллоквиума по отдельным блокам лекционного курса.

По окончании всего курса проводится зачет.

Методика формирования результирующей оценки. Контроль усвоения студентами пройденного материала осуществляется непрерывно в виде следующих форм:

- текущий опрос студентов по вопросам, связанным с текущим изложением темы;
- проведение теста в электронном виде с использованием тестовой оболочки института дистанционного обучения и локальных тестовых программ;
- проведение коллоквиума по завершённым теоретическим темам;
- проведение зачета.

Результирующая оценка выставляется студенту на зачете по окончании курса. Допуск к зачету происходит при условии выполнения теста. Если тест не выполнен (частично или полностью), то он может быть сдан перед началом зачета.

Для оценки результатов деятельности студента по изучению дисциплины используется шесть показателей:

1. **посещение занятий и ведение конспекта;**
2. **участие в аудиторной работе, 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;
3. **активность при проведении практических занятий**, интерес к получению знаний и общая эрудиция, задание лектору вопросов, по тематике предмета, выходящих за рамки возможностей включения в программу курса в силу ограниченности выделенных часов;
4. **способность подготовить реферат;**
5. **выполнение теста и сдача коллоквиума;**
6. **уровень ответов на зачетные вопросы.**

6. 1. Тесты

В ходе курса проводятся **тесты** по темам:

- Т1 – Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях и линейные ускорители

Образец теста по теме

«ДВИЖЕНИЕ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ И МАГНИТНОМ ПОЛЯХ И ЛИНЕЙНЫЕ УСКОРИТЕЛИ»

Вопрос № 1

Расставьте ускорители в порядке возрастания получаемой энергии частиц:

- 1) генератор Ван-де-Граафа;
- 2) ускорительная трубка;
- 3) тандемный генератор;
- 4) каскадный генератор.

Вопрос № 2

В каких ускорителях используется переменное напряжение:

- 1) генератор Ван-де-Граафа;
- 2) ускоритель Видерое;
- 3) ускоритель Альвареца;
- 4) каскадный генератор.

Вопрос № 3

Общим видом траектории в однородном электростатическом поле является...

- 1) гиперболоа;
- 2) парабола;
- 3) синусоида;
- 4) винтовая линия.

Вопрос № 4

Общим видом траектории в однородном магнитном поле является...

- 1) гиперболоа;
- 2) парабола;
- 3) синусоида;
- 4) винтовая линия.

Вопрос № 5

Направление силы Лоренца, действующей на заряженную частицу в магнитном поле можно определить по правилу ...

- 1) правой руки;
- 2) правого винта;
- 3) левой руки;
- 4) Ленца.

Вопрос № 6

Главными характеристиками ускорителя являются...

- 1) линейные размеры;
- 2) энергия частиц;
- 3) потребляемая электрическая мощность;
- 4) интенсивность.

Вопрос № 7

Ускорителями непрерывного действия являются...

- 1) синхрофазотрон;
- 2) циклотрон;
- 3) генератор Ван-де-Граафа.

Вопрос № 8

Ускорителями импульсного действия являются ...

- 1) бетатрон;
- 2) линейные ускорители;
- 3) синхротрон;
- 4) изохронный циклотрон.

Вопрос № 9

Наилучшую монохроматичность пучка обеспечивают...

- 1) синхрофазотрон;
- 2) генератор Ван-де-Граафа;
- 3) циклотрон;
- 4) изохронный циклотрон.

Вопрос № 10

Электромагнитные волны используются в ускорителе ...

- 1) "с бегущей волной";
- 2) ускорителе Видерое;
- 3) ускорителе Альвареца;
- 4) синхротроне;

6.2. Вопросы для проведения текущего контроля освоения лекционного материала

Контрольные вопросы для проведения текущего контроля по итогам освоения отдельных разделов дисциплины и самостоятельной работы обучающегося с помощью коллоквиумов, включающих **группы тем:**

Образец: КОЛЛОКВИУМ К1.

“ **Линейные и циклические ускорители** ”

1. Назначение и общие принципы действия ускорителей заряженных частиц.
2. Основные характеристики пучков заряженных частиц
3. Энергия, импульс, основные характеристики ускоряемых частиц. Общее уравнение движения заряженных частиц в электромагнитном поле.
4. Классификация ускорителей и их основные типы.
5. Линейные ускорители заряженных частиц (основные типы).
6. Индукционные линейные ускорители.
7. Линейные резонансные ускорители.
8. Физические основы действия ускорителей Видероз, Альвареца и с «бегущей волной»
9. Циклические ускорители (основные типы)
10. Физические основы действия циклотрона. Синхроциклотрона (фазотрона), бетатрона и микротрона.
11. Синхротрон. Принцип автофазировки Векслера-Макмиллана.
12. Устойчивость движения частиц в синхротронах (общий принцип).
13. Критерий устойчивости в синхротронах со слабой фокусировкой.
14. Бетатронные колебания частиц при движении в аксиально-симметричном магнитном поле (уравнения движения в r - и z - плоскостях).
15. Рабочая точка ускорителя (синхротрона). Резонансы в синхротронах со слабой фокусировкой.
16. Принцип сильной (жесткой) фокусировки в синхротронах, физические основы.

6.3. Перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Назначение и общие принципы действия ускорителей заряженных частиц.
2. Основные характеристики пучков заряженных частиц
3. Энергия, импульс, основные характеристики ускоряемых частиц. Общее уравнение движения заряженных частиц в электро-магнитном поле.
4. Классификация ускорителей и их основные типы.
5. Линейные ускорители заряженных частиц (основные типы).
6. Индукционные линейные ускорители.
7. Линейные резонансные ускорители.
8. Физические основы действия ускорителей Видероз, Альвареца и с «бегущей волной»
9. Циклические ускорители (основные типы)
10. Физические основы действия циклотрона. Синхроциклотрона (фазотрона), бетатрона и микротрона.
11. Синхротрон. Принцип автофазировки Векслера-Макмиллана.
12. Крупнейшие действующие и строящиеся в мире ускорительные комплексы для получения частиц предельно высоких энергий на основе синхротронов.
13. Устойчивость движения частиц в синхротронах (общий принцип).
14. Критерий устойчивости в синхротронах со слабой фокусировкой.
15. Бетатронные колебания частиц при движении в аксиально-симметричном магнитном поле (уравнения движения в r - и z - плоскостях).

16. Рабочая точка ускорителя (синхротрона). Резонансы в синхротронах со слабой фокусировкой.
17. Принцип сильной (жесткой) фокусировки в синхротронах, физические основы.
18. Магнитные структуры синхротронов с совмещенными и разделенными функциями.
19. Критерий устойчивости движения частиц в ускорителе с сильной фокусировкой. Резонансы.(общее условие)
20. Типы магнитных структур синхротронов с сильной фокусировкой.
21. Явление сверхпроводимости и основные направления его использования в технике ускорителей.
22. Сверхпроводящие материалы и сплавы наиболее широко применяющиеся в технике ускорителей.
23. Основные компоненты ускорительного комплекса заряженных высоких энергий.
24. Ускорительный комплекс релятивистских ядер на основе сверхпроводящего синхротрона. (на примере Нуклотрона ОИЯИ).
25. Ускорители в медицине
26. Ускорители в промышленности.

7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

1. А.А. Коломенский, А.Н. Лебедев. Теория циклических ускорителей Москва 1962
2. А.Н. Лебедев А.В. Шальнов Основы физики и техники ускорителей, Москва, Энергоиздат 1991
3. Г. Брук. Циклические ускорители заряженных частиц. Атомиздат, М., 1970
4. Л.Л. Гольдин. Физика ускорителей. М., Энергоиздат, 1984.
5. Л.М. Онищенко, Циклотроны, ЭЧАЯ, т.39, вып.6 1843-1897
6. Л.А. Арцимович, С.Ю. Лукьянов. Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях. М., «Наука», 1978.
7. А.Д. Коваленко. От синхрофазотрона – к Нуклотрону. УФН, т.177, №8, август 2007.
8. А.А. Смирнов, А.Д. Коваленко. «Нуклотрон – сверхпроводящий ускоритель ядер в ЛВЭ ОИЯИ: создание, работа, развитие», Письма в ЭЧАЯ, т.1 (6(123)), 11, 2004.

7.2. Дополнительная литература.

1. Физическая энциклопедия. В 5 Т. М. : Советская энциклопедия, Большая российская энциклопедия, 1988 - 1998.- 757 с.
2. Робертсон, Б. Современная физика в прикладных науках. – М.: Мир, 1985.- 272 с
3. Широков, Ю.М. Ядерная физика. /Ю. М. Широков., Н. П. Юдин. - М.: Наука, 1980. - 727 с.
4. Фрауэнфельдер, Г. Субатомная физика. /Г. Фрауэнфельдер, Э. Хэнли. – М.: Мир. 1979.- 736 с.
5. Петросьянц А.М., Логунов А.А. Физика высоких энергий и ускорители заряженных частиц. – М.: Наука. 1973.- 78 с.

7.3. Периодические издания

1. Атомная Энергия.
2. Физика Элементарных Частиц и Атомного Ядра(ЭЧАЯ)
3. Письма в ЭЧАЯ
4. IEEE Transactions on Nuclear Science(Particle Accelerators Conference)
5. Particles Accelerators
6. Revue of Scientific Instruments(RSI)
7. Nuclear Instruments and Methods(NIM).

7.4. Интернет–ресурсы:

1. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"
<http://window.edu.ru/window>
2. Википедия : <http://wiki.web.ru>,

7.5. Методические указания к самостоятельной работе

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 и подготовка реферата;
- 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.

7.6. Программное обеспечение современных информационно-коммуникационных технологий

Для проведения тестов используются тестовая оболочка дистанционного обучения университета «Дубна» и локальная тестовая страница для Web-браузера JS_Test (см. рис. 1)

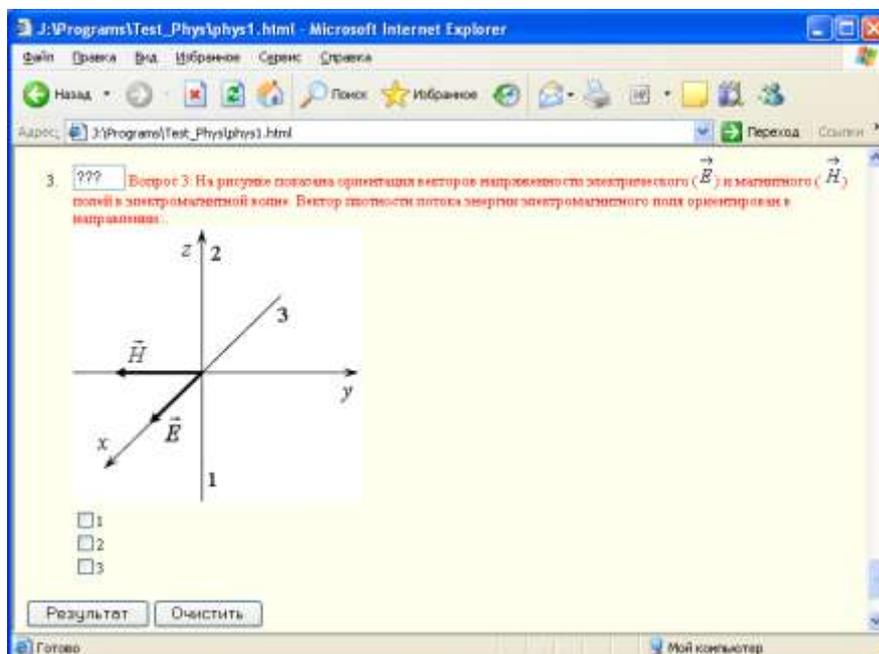


Рис. 1. Пример теста в странице для Web-браузера JS_Test

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- мультимедийный проектор;
- иллюстративный материал в форме компьютерных презентаций и образовательных материалов из Интернет;
- стенды, макеты и плакаты, демонстрирующие устройство и принципы действия ускорителей;
- ускорители ЛЯР.