

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра электрофизических установок и ускорителей

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФТФ

к.ф-м.н. Корель И. И.

“ ____ ” _____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Магнитные системы ускорителей

Образовательная программа: 03.04.02 Физика, магистерская программа: Экспериментальная физика

Курс: 1, семестр : 1

Физико-технический факультет,

		Семестр
№	Вид деятельности	1
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	2
2	Всего часов	72
3	Всего занятий в контактной форме, час.	20
4	Лекции, час.	18
5	Практические занятия, час.	0
6	Лабораторные занятия, час.	0
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	2
8	Аттестация, час.	2
9	Консультации, час.	
10	Самостоятельная работа, час.	52
11	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе)	
12	Вид аттестации	3

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 03.04.02 Физика

ФГОС введен в действие приказом №913 от 28.08.2015 г. , дата утверждения: 23.09.2015 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, вариативная, по выбору студента

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 03.04.02 Физика

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ЭФУиУ, протокол заседания кафедры №4 от 20.06.2017

Утверждена на совете физико-технического факультета, протокол № 3 от 21.06.2017

Программу разработал:

профессор, д.ф-м.н. Кооп И. А.

Заведующий кафедрой:

с.н.с., д.ф-м.н. Бурдаков А. В.

Ответственный за образовательную программу:

заведующий кафедрой Бурдаков А. В.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Компетенция ФГОС: ОПК.6 способность использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе; в части следующих результатов обучения:
з3. понимать современные проблемы физики и использовать фундаментальные физические представления в сфере профессиональной деятельности
у4. иметь навыки практического использования методов физики для решения практических задач
Компетенция ФГОС: ПК.1 способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта; в части следующих результатов обучения:
у1. иметь представление о современной технике и технологиях в области профессиональной деятельности

2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий
<i>Магнитные системы ускорителей</i>	
ПК.1.у1 иметь представление о современной технике и технологиях в области профессиональной деятельности	
1.о современных технологиях в магнитных системах ускорителей	Лекции; Самостоятельная работа
ОПК.6.з3 понимать современные проблемы физики и использовать фундаментальные физические представления в сфере профессиональной деятельности	
2.применение магнитных систем в ускорительной технике	Лекции; Самостоятельная работа
3.Уравнения электродинамики. Интегральные соотношения.	Лекции; Самостоятельная работа
4.Назначение дипольных, квадрупольных и секступольных магнитов	Лекции; Самостоятельная работа
5.Магнитные материалы магнитов с нормально-проводящими и сверхпроводящими обмотками . Постоянные магниты	Лекции; Самостоятельная работа
ОПК.6.у4 иметь навыки практического использования методов физики для решения практических задач	
6.Рассчитывать влияние краевых полей магнитов	Лекции; Самостоятельная работа
7.Основ проектирования импульсных магнитных систем	Лекции; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 1				
Дидактическая единица: Уравнения движения заряженных частиц				
1. Обзор современных циклических ускорителей.	2	2	1, 2	

2. Уравнения электродинамики. Интегральные соотношения. Системы единиц. Двумерные магнитные поля. Комплексный скалярный и векторный потенциалы.	0	4	1, 3	
Дидактическая единица: Мультипольное разложение магнитных полей				
3. Мультипольные разложения двумерных полей. Дипольные, квадрупольные и секступольные магниты.	0	2	1, 4	
4. Краевые поля магнитов. Краевые мультипольные разложения. Двумерное описание краевого поля дипольного магнита с широким полюсом.	0	2	1, 6	
Дидактическая единица: Магниты с нормально-проводящими обмотками				
5. Магниты с нормально-проводящими обмотками. Магнитные материалы. Примеры оптимальных конструкций. Весовые и мощностные характеристики магнитов. Проблемы охлаждения обмоток.	0	2	1, 5	
Дидактическая единица: Импульсные магниты				
6. Импульсные магниты. Примеры конструкций. Обсуждение преимуществ и недостатков импульсных магнитных систем. Энергоемкость магнитов. Импульсные системы питания. Синхротрон БЗМ, впускные магниты и линзы канала БЭП-ВЭПП2000, литиевые линзы конверсионного узла как примеры применения импульсного питания магнитных систем.	0	3	1, 7	
Дидактическая единица: Сверхпроводящие магниты				
7. Сверхпроводники и их основные технические характеристики. Сверхпроводящие магниты. Соленоиды. Магнитные силы. Энергия поля. Примеры конструкций сверхпроводящих магнитов. Соленоид детектора КЕДР. Соленоиды ВЭПП2000. Виглеры, ондуляторы. Криогенные системы. Токовводы с охлаждением газообразным гелием. Токовводы с применением высокотемпературных сверхпроводников.	0	2	1, 5	

Дидактическая единица: Постоянные магниты				
8. Постоянные магниты. Характеристики магнитожёстких материалов. Примеры создания магнитных систем ускорителей на постоянных магнитах.	0	1	1, 5	

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 1				
1	Подготовка к занятиям	2, 7	40	0
: Буль О. Б. Методы расчета магнитных систем электрических аппаратов : программа ANSYS : [учебное пособие по специальности "Электрические и электронные аппараты" направления "Электротехника, электромеханика и электротехнология"] / О. Б. Буль. - М., 2006. - 284, [2] с. : ил., табл.				
2	Подготовка к аттестации	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	12	0
: Буль О. Б. Методы расчета магнитных систем электрических аппаратов : программа ANSYS : [учебное пособие по специальности "Электрические и электронные аппараты" направления "Электротехника, электромеханика и электротехнология"] / О. Б. Буль. - М., 2006. - 284, [2] с. : ил., табл.				

5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	Портал НГТУ
Размещение учебных материалов	Портал НГТУ

6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Максимальный балл
Семестр: 1	
<i>Зачет:</i>	100
Контролирующие материалы - список вопросов	

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

Коды компетенций ФГОС	Результаты обучения	Формы контроля	
			Зачет
ОПК.6	з3. понимать современные проблемы физики и использовать фундаментальные физические представления в сфере профессиональной деятельности		+
	у4. иметь навыки практического использования методов физики для решения практических задач		+
ПК.1	у1. иметь представление о современной технике и технологиях в области профессиональной деятельности		+

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

7. Литература

Основная литература

1. Брехна Г. Сверхпроводящие магнитные системы / Г. Брехна ; пер. с англ. В. Р. Карасика. - М., 1976. - 704 с.
2. Бялик А. Д. Материалы электронной техники. Полупроводники. Проводниковые материалы. Магнитные материалы : [учебное пособие] / А. Д. Бялик, Р. П. Дикарева, Т. С. Романова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2017. - 95, [3] с. : табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000235439
3. Уилсон М. Сверхпроводящие магниты / М. Уилсон ; пер. с англ. Н. Н. Потапова, А. И. Русинова под ред. Е. Ю. Клименко. - М., 1985. - 407 с.

Дополнительная литература

1. CAS – CERN Accelerator School: specialised course on Magnets, CAS 2009 / D. Brandt (ed.). – Geneva : CERN, 2010. – 494 p. – (CERN Accelerator School). – Online access: <http://cdsweb.cern.ch/record/1158462?ln=ru>. – Title from title screen.

Интернет-ресурсы

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znanium.com" : <http://znanium.com/>
5. :

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

1. Буль О. Б. Методы расчета магнитных систем электрических аппаратов : программа ANSYS : [учебное пособие по специальности "Электрические и электронные аппараты" направления "Электротехника, электромеханика и электротехнология"] / О. Б. Буль. - М., 2006. - 284, [2] с. : ил., табл.

8.2 Специализированное программное обеспечение

- 1 Microsoft Office

9. Материально-техническое обеспечение

Презентационное оборудование

№	Наименование	Назначение
1	Презентационное оборудование (мультимедиа-проектор, экран, компьютер для управления)	Для проведения лекционных занятий

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра электрофизических установок и ускорителей

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФТФ
к.ф.-м.н., доцент И.И. Корель
“ ” _____ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Магнитные системы ускорителей

Образовательная программа: 03.04.02 Физика, магистерская программа: Экспериментальная физика

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Магнитные системы ускорителей приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ОПК.6/НИС способность использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе	з3. понимать современные проблемы физики и использовать фундаментальные физические представления в сфере профессиональной деятельности	Магниты с нормально-проводящими обмотками. Магнитные материалы. Примеры оптимальных конструкций. Весовые и мощностные характеристики магнитов. Проблемы охлаждения обмоток. Мультипольные разложения двумерных полей. Дипольные, квадрупольные и секступольные магниты. Обзор современных циклических ускорителей. Постоянные магниты. Характеристики магнитожёстких материалов. Примеры создания магнитных систем ускорителей на постоянных магнитах. Сверхпроводники и их основные технические характеристики. Сверхпроводящие магниты. Соленоиды. Магнитные силы. Энергия поля. Примеры конструкций сверхпроводящих магнитов. Соленоид детектора КЕДР. Соленоиды ВЭПП2000. Виглеры, ондуляторы. Криогенные системы. Токовводы с охлаждением газообразным гелием. Токовводы с применением высокотемпературных сверхпроводников. Уравнения электродинамики. Интегральные соотношения. Системы единиц. Двумерные магнитные поля. Комплексный скалярный и векторный потенциалы.		Зачет, вопросы 1- 10
ОПК.6/НИС	у4. иметь навыки практического использования методов физики для решения практических задач	Импульсные магниты. Примеры конструкций. Обсуждение преимуществ и недостатков импульсных магнитных систем. Энергоемкость магнитов. Импульсные системы питания. Синхротрон БЗМ, впускные магниты и линзы канала БЭП-ВЭПП2000,		Зачет, вопросы 5 - 8

		литиевые линзы конверсионного узла как примеры применения импульсного питания магнитных систем. Краевые поля магнитов. Краевые мультипольные разложения. Двумерное описание краевого поля дипольного магнита с широким полюсом.		
ПК.1/НИС способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта	у1. иметь представление о современной технике и технологиях в области профессиональной деятельности	Импульсные магниты. Примеры конструкций. Обсуждение преимуществ и недостатков импульсных магнитных систем. Энергоемкость магнитов. Импульсные системы питания. Синхротрон БЗМ, впускные магниты и линзы канала БЭП-ВЭПП2000, литиевые линзы конверсионного узла как примеры применения импульсного питания магнитных систем. Краевые поля магнитов. Краевые мультипольные разложения. Двумерное описание краевого поля дипольного магнита с широким полюсом. Магниты с нормально-проводящими обмотками. Магнитные материалы. Примеры оптимальных конструкций. Весовые и мощностные характеристики магнитов. Проблемы охлаждения обмоток. Мультипольные разложения двумерных полей. Дипольные, квадрупольные и секступольные магниты. Обзор современных циклических ускорителей. Постоянные магниты. Характеристики магнитожёстких материалов. Примеры создания магнитных систем ускорителей на постоянных магнитах. Сверхпроводники и их основные технические характеристики. Сверхпроводящие магниты. Соленоиды. Магнитные силы. Энергия поля. Примеры конструкций сверхпроводящих магнитов. Соленоид детектора КЕДР. Соленоиды ВЭПП2000. Виглеры, ондуляторы. Криогенные системы. Токовводы с охлаждением газообразным гелием. Токовводы с применением высокотемпературных сверхпроводников. Уравнения электродинамики. Интегральные соотношения.		Зачет, вопросы 1 - 10

		Системы единиц. Двумерные магнитные поля. Комплексный скалярный и векторный потенциалы.		
--	--	---	--	--

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 1 семестре - в форме зачета, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.6/НИС, ПК.1/НИС.

Зачет проводится в форме письменного тестирования, варианты теста составляются из вопросов, приведенных в паспорте зачета, позволяющих оценить показатели сформированности соответствующих компетенций

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе учебной дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ОПК.6/НИС, ПК.1/НИС, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Паспорт зачета

по дисциплине «Магнитные системы ускорителей», 1 семестр

1. Методика оценки

Зачет проводится в письменной форме, по тестам. Тест включает в себя 10 вопросов с возможностью выбора варианта ответа. В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Пример теста для зачета

1 Вопрос. Значение скорости света в системе CGS?

1. $2,99792458 \cdot 10^{10}$ см/с
2. $2,99792458 \cdot 10^{10}$ м/с
3. $2,99792458 \cdot 10^{10}$ км/ч
4. $2,99792458 \cdot 10^{10}$ см/ч

2 Вопрос. В случае уравнений магнитостатики выражение $\text{rot } H = ?$

1. $4\pi sj$
2. $4\pi s$
3. $\frac{4\pi}{c} j$
4. $\frac{4\pi}{c}$

3 Вопрос. Разложение двумерного поля по мультиполям является по радиусу r и гармоническим по углу α .

1. Обратно-пропорциональным
2. Степенным.
3. Квадратичным
4. Линейным.

4 Вопрос. Сверхпроводящие дипольные магниты ускорителей на высокую энергию (TEVATRON, HERA, RHIC, LHC) сделаны по технологии магнитов с?

1. Косинусными обмотками
2. Синусными обмотками
3. Линейными обмотками

5 Вопрос. Количество витков фокусирующей линзы триплета накопительного кольца ВЭПП-2000 равно?

1. 20
2. 25
3. 29
4. 35

6 Вопрос. К чему приводит снятие дополнительной фаски у магнитной линзы?

1. Снижение интеграла градиента

2. Увеличение интеграла градиента
3. На градиент линзы не влияет.

7 Вопрос. Фокусирующая линза триплета накопительного кольца ВЭПП-2000 представляет собой магнит с?

1. Газоохлаждаемыми обмотками
2. Водоохлаждаемыми обмотками
3. Обмотками без охлаждения.

2. Критерии оценки

- Ответ на тест для зачета считается **неудовлетворительным**, если студент верно ответил на 4 и менее вопроса теста, оценка составляет *25 баллов*.
- Ответ на тест для зачета засчитывается на **пороговом** уровне, если студент верно ответил на 5 – 6 вопросов теста, оценка составляет *от 26 до 50 баллов*.
- Ответ на тест для зачета засчитывается на **базовом** уровне, если студент верно ответил на 7 – 8 вопросов теста, оценка составляет *от 51 до 75 баллов*.
- Ответ на тест для зачета засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент верно ответил на 9 – 10 вопросов теста, оценка составляет *от 76 до 100 баллов*.

3. Шкала оценки

Зачет считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета оставляет не менее 50 баллов (из 100 возможных).

В общей оценке по дисциплине баллы за зачет учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Вопросы к зачету по дисциплине «Магнитные системы ускорителей»

1 Вопрос. Значение скорости света в системе CGS?

5. $2,99792458 \cdot 10^{10}$ см/с
6. $2,99792458 \cdot 10^{10}$ м/с
7. $2,99792458 \cdot 10^{10}$ км/ч
8. $2,99792458 \cdot 10^{10}$ см/ч

2 Вопрос. В случае уравнений магнитостатики выражение $\text{rot } H = ?$

5. $4\pi sj$
6. $4\pi c$
7. $\frac{4\pi}{c} j$
8. $\frac{4\pi}{c}$

3 Вопрос. Разложение двумерного поля по мультиполям является по радиусу r и гармоническим по углу α .

5. Обратно-пропорциональным
6. Степенным.
7. Квадратичным
8. Линейным.

4 Вопрос. Сверхпроводящие дипольные магниты ускорителей на высокую энергию (TEVATRON, HERA, RHIC, LHC) сделаны по технологии магнитов с?

4. Косинусными обмотками
 5. Синусными обмотками
 6. Линейными обмотками
- 5 Вопрос. Количество витков фокусирующей линзы триплета накопительного кольца ВЭПП-2000 равно?
5. 20
 6. 25
 7. 29
 8. 35
- 6 Вопрос. К чему приводит снятие дополнительной фаски у магнитной линзы?
4. Снижение интеграла градиента
 5. Увеличение интеграла градиента
 6. На градиент линзы не влияет.
- 7 Вопрос. Фокусирующая линза триплета накопительного кольца ВЭПП-2000 представляет собой магнит с?
4. Газоохлаждаемыми обмотками
 5. Водоохлаждаемыми обмотками
 6. Обмотками без охлаждения.
- 1 Вопрос. Магнитная проницаемость Вакуума в системе CGS равна?
1. 1
 2. 2
 3. -1
 4. 0,5
- 2 Вопрос. В случае уравнения магнитостатики выражение $\text{div } B = ?$
1. 1
 2. 0
 3. -1
 4. 2
- 3 Вопрос. Может ли трехмерное поле прямолинейного магнита быть представлено в виде суперпозиции бесконечного числа гармонических мультиполей?
1. Да
 2. Нет
 3. В ограниченном количестве случаев
- 4 Вопрос. Наличие продольной компоненты “вываливающегося” поля у магнитов с косыми краями обеспечивает?
1. Краевую фокусировку
 2. Краевую дефокусировку
 3. На фокусировку не влияет
- 5 Вопрос. Градиент поля фокусирующей линзы триплета накопительного кольца ВЭПП-2000 равен?
1. 1 кГс/см
 2. 5 кГс/см
 3. 10 кГс/см
 4. 15 кГс/см
- 6 Вопрос. Что необходимо сделать для компенсации снижения интеграла градиента в

магнитной линзе, которое происходит при снятии дополнительной фаски?

1. Снизить ток в обмотках линзы
2. Увеличить ток в обмотках линзы
3. Увеличить число витков

7 Вопрос. К чему приводит снятие дополнительной фаски у магнитной линзы?

1. Снижение интеграла градиента
2. Увеличение интеграла градиента
3. На градиент линзы не влияет.