

«

»

“ ”

“ ”

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Физика плазмы

: 03.03.02 , :

: 4, : 7

		7
1	()	5
2		180
3	, .	85
4	, .	36
5	, .	36
6	, .	0
7	, .	0
8	, .	2
9	, .	11
10	, .	95
11	(, ,)	
12		

(): 03.03.02

937 07.08.2014 ., : 25.08.2014 .

: 1,

(): 03.03.02

, 4 20.06.2017

- , 3 21.06.2017

:

, . -

:

. . . ., . -

:

. . . .

1.

1.1

Компетенция ФГОС: ОПК.2 способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей; в части следующих результатов обучения:
1.
Компетенция ФГОС: ОПК.4 способность понимать сущность и значение информации в развитии современного общества, осознавать опасность и угрозу, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности; в части следующих результатов обучения:
2.

2.

2.1

(, , ,)	
-----------	--

.2. 1	
1.о процессах, происходящих в плазме, и основных свойствах плазмы;	; ;
2.об оценке макроскопических параметров плазмы; проводимость плазмы в магнитном поле при различных параметрах плазмы и условиях экспонирования;	; ;
3.основы физики высокотемпературной плазмы, а также основы разработки электрофизических установок, предназначенных для работы с плазмой или с ее использованием в технологических целях; знать и понимать те практические шаги, которые им придется делать при разработке и создании реальных плазменных установок, начиная с постановки задачи, оценки основных проектных данных элементов и систем, и кончая расчетом основных характеристик установки;	; ;
4.рассчитывать ход реакций синтеза легких ядер; эквивалентность различных видов топлива: ядерного, термоядерного и химического;	; ;
5.рассчитывать элементарные процессы в плазме, понятие сечения, пробега и средней энергии частицы;	; ;
6.рассчитывать движение заряженных частиц в различных типах магнитных ловушек и магнитных системах; расчеты, связанные с различными видами дрейфового движения в этих системах;	; ;
7.рассчитывать удержание плазмы в магнитных ловушках (в классическом приближении) с учетом эффектов поляризации плазмы;	; ;
.4. 2	
8.решать простейшие задачи, связанные с колебательными и волновыми свойствами плазмы;	; ;
9.проведения элементарных расчетов элементов плазменных установок	; ;

3.

3.1

: 7			

:				
1.		0	2	1
2.		0	2	1
:				
3.		0	2	1, 2, 5
4.		0	2	2, 5
5.		0	2	1, 2, 5
6.		0	2	1, 2
7.		0	2	1
:				
8.		0	2	1, 6
9.		0	2	3, 6, 7
10.		0	4	1
11.		0	4	1, 2
12.		0	2	1

10.	0	2	1, 6	
11.	0	4	1, 6, 7	
12.	0	4	1, 2, 8	
:				
17.	0	4	3, 4, 9	

4.

: 7				
1		4, 5, 6, 7, 8	2	0
2008. - 33, [2] : .. - : http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2008/2008_gell.rar				
2		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	34	0
: .. - : http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2008/2008_gell.rar , 2008. - 33, [2]				

3		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	35	9
: : / , 2008. - 33, [2] : .. - : http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2008/2008_gell.rar				
4		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	24	2
: / , 2008. - 33, [2] .. - : .. - : http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2008/2008_gell.rar				

5.

(. 5.1).

5.1

	-
	e-mail

6.

(),

15-

ECTS.

. 6.1.

6.1

:7	
<i>Практические занятия:</i>	60
-	
<i>Контрольные работы:</i>	14
-	
<i>Экзамен:</i>	40
-	

6.2

6.2

.2	1.	+	+
.4	2.	+	+

7.

1. Баранников А. А. Основные концепции современной физики : учебное пособие для вузов / А. А. Баранников, А. В. Фирсов. - М., 2009. - 348, [1] с.
 2. ЭБС IPRbooks [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система. - [Россия], 2010. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>. - Загл. с экрана.
 3. Франк-Каменецкий Д. А. Лекции по физике плазмы : учебное пособие для инженерно-физических и физико-технических вузов и фак. / Д. А. Франк-Каменецкий. - М., 1968. - 284, [2] с. : ил.
-
1. Роуз Д. Д. Физика плазмы и управляемые термоядерные реакции / Д. Лж. Роуз, М. Кларк ; пер. с англ. Ю. А. Березина [и др.] ; под ред. Д. А. Франк-Каменецкого. - М., 1963. - 486, [1] с. : ил.
 2. Котельников, И. А. Лекции по физике плазмы : учеб. пособие / И. А. Котельников, Г. В. Ступаков ; Новосиб. гос. ун-т. – Новосибирск : НГУ, 1996. – 128 с.
 3. Ландау Л. Д. Теоретическая физика. В 10 т.. Т. 2. Теория поля : учебное пособие для физических специальностей университетов / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. - М., 1988. - 509 с.
 4. Русанов В. Д. Современные методы исследования плазмы / В. Д. Русанов. - М., 1962. - 182, [1] с. : ил., схемы

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.

8.1

1. Геллер В. М. Спецглавы физики: генераторы низкотемпературной плазмы : учебное пособие / В. М. Геллер, В. А. Хрусталева, С. А. Чипурнов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 33, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2008/2008_gell.rar
2. Полосаткин С. В. Задачи для семинаров по физике плазмы [Электронный ресурс] : сборник задач и упражнений / С. В. Полосаткин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2012]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000185275. - Загл. с экрана.

8.2

- 1 Microsoft Office
- 2 Microsoft Windows

9. -

1	(-) , ,	

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

Физика плазмы

Образовательная программа: 03.03.02 Физика, профиль: Ядерная физика и ядерные технологии

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Физика плазмы 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.2 способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей	у1. уметь использовать математический аппарат для освоения теоретических основ и практического использования физических методов	Гидродинамическое описание плазмы. Уравнение двухжидкостной и одножидкостной гидродинамики Движение заряженной частицы в электрических и магнитных полях. Движение в постоянных полях, циклотронный радиус и циклотронная частота. Дрейфовое движение. Условия адиабатичности и замагниченности. Качественное и количественное рассмотрение дрейфового движения. Дрейфовая скорость. Электрический, градиентный и центробежный дрейф. Инерционный дрейф. Ток намагничивания, парамагнитный краевой ток. Излучение плазмы Классификация плазмы. Идеальная и неидеальная плазма. Классическая и вырожденная плазма Колебания и волны в плазме. а) Фазовая и групповая скорости, дисперсия и дисперсионное уравнение. Уравнения колебаний в линейном приближении. Волны в плазме без магнитного поля. Простейшие случаи распространения волн в плазме при наличии магнитного поля. Магнитогидродинамические волны. Дисперсия вблизи циклотронных частот. б) Магнитный звук. Гибридные частоты; дисперсия магнитного звука. Волны в плазме с конечной проводимостью. Резонансы поглощения и резонансы раскачки. Магнитный термоядерный синтез. Токамаки, стеллараторы и открытые ловушки. Современные достижения и	Контрольные работы 1 и 2.	Экзамен, тесты вариантов 1 и 2, вопросы 1 - 10

		<p>перспективы термоядерного синтеза Основные представления об элементарных процессах. Сечение реакций, средняя длина пробега, средняя энергия и температура. Единицы измерения этих величин. Основные представления об адиабатических инвариантах. Первый, второй, третий адиабатические инварианты в теории магнитных ловушек. Магнитные пробки. Открытая магнитная ловушка, конус потерь. Основные системы удержания заряженных частиц магнитными полями: открытая магнитная ловушка; ее модификации; замкнутые магнитные ловушки: Токамак, Стелларатор, их модификации. Понятие плазмы. Плазма в природе и технике. Дебаевский радиус, плазменные колебания Процессы с участием атомов в плазме. Упругое рассеяние, перезарядка, возбуждение, ионизация, рекомбинация и захват электронов. Равновесие плазмы в магнитном поле. Уравнения диффузии и в замороженности. Устойчивость плазмы Реакции синтеза легких ядер. Основные реакции на водороде, дейтерии и тритии. Сечения и энергетический выход реакций. Физические выводы из свойств сечений реакций синтеза. Торможение частиц в горячей плазме. Проводимость плазмы Упругое рассеяние частиц в кулоновском поле. Транспортное сечение, времена релаксации импульса и энергии Энергетический баланс термоядерного реактора. Критерий Лоусона. КПД термоядерного реактора</p>		
<p>ОПК.4 способность понимать сущность и значение информации в развитии современного общества, осознавать опасность и угрозу, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной</p>	<p>у2. уметь использовать информационные технологии для решения физических задач</p>	<p>Колебания и волны в плазме. а) Фазовая и групповая скорости, дисперсия и дисперсионное уравнение. Уравнения колебаний в линейном приближении. Волны в плазме без магнитного поля. Простейшие случаи распространения волн в плазме при наличии магнитного поля. Магнитогидродинамические волны. Дисперсия вблизи циклотронных частот. б) Магнитный звук. Гибридные</p>	<p>Контрольные работы 1 2.</p>	<p>Экзамен, тесты вариантов 1 и 2, вопросы 1 - 10</p>

безопасности		<p>частоты; дисперсия магнитного звука. Волны в плазме с конечной проводимостью. Резонансы поглощения и резонансы раскачки. Магнитный термоядерный синтез. Токамаки, стеллараторы и открытые ловушки. Современные достижения и перспективы термоядерного синтеза. Равновесие плазмы в магнитном поле. Уравнения диффузии и вмероженности. Устойчивость плазмы. Энергетический баланс термоядерного реактора. Критерий Лоусона. КПД термоядерного реактора</p>		
--------------	--	---	--	--

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 7 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.2, ОПК.4.

Экзамен проводится в письменной форме по тестам. Каждый тест состоит из 10 вопросов с вариантами ответа.

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

В 7 семестре обязательным этапом текущей аттестации является контрольная работа. Требования к выполнению контрольной работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте контрольной работы.

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.2, ОПК.4, 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 экзамена

по дисциплине «Физика плазмы», 7 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в письменной форме, по тестам. Тест состоит из 10 теоретических вопросов с вариантами ответов. В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Пример теста для экзамена

1. Как зависит дебаевский радиус от температуры плазмы
 1. Прямо пропорционален температуре
 2. Прямо пропорционален корню из температуры
 3. Обратно пропорционален температуре
 4. Обратно пропорционален корню из температуры

2. Плазма является идеальной если
 1. Энергия электрического взаимодействия частиц плазмы много больше тепловой энергии
 2. Энергия электрического взаимодействия частиц плазмы много меньше тепловой энергии

3. При какой минимальной энергии налетающего электрона может происходить ионизация атома водорода электронным ударом
 1. 13,6 эВ
 2. $13,6 \text{ эВ} \cdot m_p/m_e$
 3. $13,6 \text{ эВ} \cdot (m_p/m_e)^{0.5}$

m_e – масса электрона
 m_p – масса протона

4. Скорость тройной рекомбинации в плазме пропорциональна
 1. Концентрации электронов плазмы
 2. Концентрации электронов плазмы в квадрате
 3. Концентрации электронов плазмы в третьей степени

5. При корональном ионизационном равновесии в плазме скорости тройной рекомбинации и фоторекомбинации
 1. Сравнимы по величине
 2. Скорость фоторекомбинации много больше скорости тройной рекомбинации

3. Скорость фоторекомбинации много меньше скорости тройной рекомбинации

6. Максимум мощности тормозного излучения в плазме с температурой 10 кэВ лежит в спектральном диапазоне

1. Инфракрасного излучения
2. Видимого излучения
3. Ультрафиолетового излучения
4. Рентгеновского излучения

7. В каком направлении происходит дрейф в скрещенном электрическом и магнитном поле

1. В направлении вектора электрического поля
2. В направлении вектора магнитного поля
3. По нормали к электрическому и магнитному полю

8. Как изменяется проводимость полностью ионизированной водородной плазмы при увеличении ее концентрации

1. Не меняется
2. Увеличивается
3. Уменьшается

9. Что происходит с электромагнитной волной при приходе волны из вакуума на границу плазмы в случае, если частота волны меньше плазменной частоты?

1. Волна пересечет границу и будет распространяться в плазме
2. Волна отразится от границы плазмы
3. Волна поглотится в пограничном слое плазмы

10. Какая пара частиц образуется при синтезе изотопов водорода дейтерия и трития D+T

1. $4\text{He} + \text{p}$
2. $3\text{H} + \text{n}$
3. $3\text{He} + \text{p}$

2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный тест считается **неудовлетворительным**, если студент ответил верно на 4 и меньше вопросов теста, оценка составляет *10 баллов*.
- Ответ на экзаменационный тест засчитывается на **пороговом** уровне, если студент ответил верно на 6 вопросов теста, оценка составляет *20 баллов*.
- Ответ на экзаменационный тест засчитывается на **базовом** уровне, если студент ответил верно на 8 вопросов теста, оценка составляет *30 баллов*.
- Ответ на экзаменационный тест засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент ответил верно на 10 вопросов теста, оценка составляет *40 баллов*.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с

правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. **Вопросы к экзамену по дисциплине «Физика плазмы»**

1. Как зависит дебаевский радиус от температуры плазмы?
2. Плазма является идеальной если?
3. При какой минимальной энергии налетающего электрона может происходить ионизация атома водорода электронным ударом?
4. Скорость тройной рекомбинации в плазме пропорциональна?
5. При корональном ионизационном равновесии в плазме скорости тройной рекомбинации и фоторекомбинации?
6. Максимум мощности тормозного излучения в плазме с температурой 10 кэВ лежит в спектральном диапазоне?
7. В каком направлении происходит дрейф в скрещенном электрическом и магнитном поле?
8. Как изменяется проводимость полностью ионизированной водородной плазмы при увеличении ее концентрации?
9. Что происходит с электромагнитной волной при приходе волны из вакуума на границу плазмы в случае, если частота волны меньше плазменной частоты?
10. Какая пара частиц образуется при синтезе изотопов водорода дейтерия и трития D+T?
11. Как зависит плазменная частота от концентрации плазмы?
12. Лабораторная плазма с концентрацией 10^{15} см⁻³ и температурой 10 эВ является?
13. При какой энергии сечение ионизации атома водорода, вычисленное по формуле Томсона, достигает максимума?
14. Скорость фоторекомбинации в плазме пропорциональна?
15. При локальном термодинамическом ионизационном равновесии в плазме скорости тройной рекомбинации и фоторекомбинации?
16. В каком спектральном диапазоне отсутствуют спектральные линии излучения атомарного водорода?
17. В каком направлении происходит градиентный дрейф?
18. Как изменяется проводимость полностью ионизированной водородной плазмы при увеличении ее температуры?
19. Как изменяется длина волны излучения при переходе из вакуума в плазму в случае, если частота излучения больше плазменной частоты?
20. Чему равно соотношение энергий альфа-частицы и нейтрона, рождающихся в термоядерном реакторе при синтезе ядер дейтерия и трития?

Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Физика плазмы», 7 семестр

1. Методика оценки

Контрольная работа проводится по темам: дебаевский радиус и плазменная частота, экранирование электрических полей в плазме, элементарные процессы в плазме, ионизационное равновесие, излучение плазмы. Контрольная работа включает в себя 3 задачи и выполняется письменно в ходе семинара в течение одного академического часа.

2. Критерии оценки

Каждое задание контрольной работы оценивается в соответствии с приведенными ниже критериями.

Задание считается **невыполненным**, если студент не продемонстрировал знание базовых формул и понимания подходов к решению задачи. Оценка – 0 баллов.

Задание выполнено на **пороговом** уровне, если студент привел базовые формулы и продемонстрировал правильные подходы к решению задачи, но не смог довести решение до конца. Оценка составляет 1 балл (для задачи 3 - от 1 до 2 баллов в зависимости от степени выполнения задачи).

Задание выполнено на **базовом** уровне, если студентом приведено правильное решение. Оценка составляет 2 балла (для задачи 3 – 3 балла).

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за контрольную работу учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины. Максимальная оценка за решение контрольной – 7 баллов

4. Пример варианта контрольной работы

1. В объем термоядерного реактора напустили азот с плотностью атомов 10^{12} см^{-3} , после чего нагрели до температуры, приведшей к полной его ионизации (все электроны оторваны от ионов). Найти плазменную частоту и дебаевский радиус при температуре электронов 10 кэВ и температуре ионов 3 кэВ. Атомный номер 7, атомная масса 14.
2. Пучок электронов с энергией 200 эВ и током 10 мА проходит через промежуток толщиной 1 см, заполненный молекулярным водородом при давлении 0,1 Па и комнатной температуре. Приняв сечение ионизации газа $0,5 \cdot 10^{-16} \text{ см}^2$, найти количество ионов, образующихся в единицу времени
3. В водородной плазме с $T=2,5 \text{ эВ}$ и $n=10^{16} \text{ см}^{-3}$ присутствует 1% атомов гелия. Приняв константы равновесия для водорода и гелия $K_{\text{H}}=10^{18} \text{ см}^{-3}$ и $K_{\text{He}}=10^{14} \text{ см}^{-3}$ найти концентрацию ионов гелия. Плазму считать термодинамически равновесной,

двукратной ионизацией гелия пренебречь.

Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Физика плазмы», 7 семестр

1. Методика оценки

Контрольная работа проводится по темам: термоядерный синтез, магнитное удержание плазмы, дрейфовое движение частиц в магнитном поле. Контрольная работа включает в себя 3 задачи и выполняется письменно в ходе семинара в течение одного академического часа.

2. Критерии оценки

Каждое задание контрольной работы оценивается в соответствии с приведенными ниже критериями.

Задание считается **невыполненным**, если студент не продемонстрировал знание базовых формул и понимания подходов к решению задачи. Оценка – 0 баллов.

Задание выполнено на **пороговом** уровне, если студент привел базовые формулы и продемонстрировал правильные подходы к решению задачи, но не смог довести решение до конца. Оценка составляет 1 балл (для задачи 3 - от 1 до 2 баллов в зависимости от степени выполнения задачи).

Задание выполнено на **базовом** уровне, если студентом приведено правильное решение. Оценка составляет 2 балла (для задачи 3 – 3 балла).

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за контрольную работу учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины. Максимальная оценка за решение контрольной – 7 баллов

4. Пример варианта контрольной работы

1. Оцените характерное время потери энергии α -частицей с энергией 3,5 МэВ в дейтерий-тритиевой плазме с $n_D = n_T = 0,5 n_e = 10^{14} \text{ см}^{-3}$ и $T_e = T_i = 10 \text{ кэВ}$. Какому типу частиц (электронам или ионам) преимущественно передается энергия?
2. В соленоиде в магнитном поле 1 Тл удерживается плазменный столб с диаметром 6 см. Вблизи границы плазмы вследствие амбиполярных эффектов возникает электрическое поле 100 В/см. Определите возникающую частоту дрейфового вращения плазмы
3. В хорошо проводящей камере диаметром 10 см в магнитном поле 1 Тл удерживается плазменный столб с диаметром 8 см. Концентрация плазмы поддерживается постоянной и равной 10^{14} см^{-3} . Плазма быстро нагревается до температуры 1 кэВ. Найти изменение магнитного поля внутри плазмы.