

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Саровский физико-технический институт -

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего
образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(СарФТИ НИЯУ МИФИ)

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

КАФЕДРА «ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ»

УТВЕРЖДАЮ

Декан ФТФ, член корр.РАН, д.ф.м.н.

_____ А.К.Чернышев

«___» _____ 2022 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

УРАВНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ВЕЩЕСТВА

наименование дисциплины

Направление подготовки (специальность)	<u>3.03.01 «Прикладные математика и физика»</u>
Наименование образовательной программы	<u>электрофизика</u>
Квалификация (степень) выпускника	<u>бакалавр</u>
Форма обучения	<u>очная</u>

Программа одобрена на заседании кафедры _____ Заведующий кафедрой «ЭФ»,
д.ф.м.н., доцент
протокол № 2 от 04.02.2022г. _____ Ю.Б. Кудасов
04.02.2022г. 2022г.

г. Саров, 2022г.

Программа переутверждена на 202___/202___учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ на 202___/202___ учебный год.
Заведующий кафедрой ЭФ, д.ф-м.н., доцент Ю.Б. Кудасов

Программа переутверждена на 202___/202___учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ на 202___/202___ учебный год.
Заведующий кафедрой ЭФ, д.ф-м.н., доцент Ю.Б. Кудасов

Программа переутверждена на 202___/202___учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ на 202___/202___ учебный год.
Заведующий кафедрой ЭФ, д.ф-м.н., доцент Ю.Б. Кудасов

Программа переутверждена на 202___/202___учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ на 202___/202___ учебный год.
Заведующий кафедрой ЭФ, д.ф-м.н., доцент Ю.Б. Кудасов

Семестр	В форме практической подготовки	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	КР/ КП	Форма(ы) контроля, экз./зач./ЗСО/
6	48	3	144	16	32	-	60	-	Экзамен
ИТОГО	48	3	144	16	32	-	60	-	36

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью курса является подробное изучение раздела об уравнениях состояния вещества. Обсуждаются уравнения состояния газов, твёрдых тел, классической плазмы. Прослеживается взаимосвязь уравнения состояния системы частиц с её энергетическим спектром. Значительное внимание уделяется изучению возбуждений кристаллической решётки. Рассмотрены основные экспериментальные способы исследования уравнений состояния вещества при высоких давлениях.

В результате освоения курса студент должен знать закономерности и способы описания макроскопических свойств вещества посредством уравнений состояния. Разбираться в основных факторах, определяющих уравнение состояния. Определять способы экспериментальной проверки уравнений состояния.

Студент должен правильно проводить оценки различных свойств и характеристик вещества по уравнениям состояния, а также правильно использовать уравнение состояния вещества при описании процессов, в которых этого вещества принимает участие.

МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина «Уравнение состояния вещества», входит в часть, формируемая участниками образовательных отношений по направлению подготовки 03.03.01 «Прикладные математика и физика». Является дисциплиной по выбору.

Курс опирается на материал следующих дисциплин: высшая математика (математический анализ, линейная алгебра, теория функций комплексных переменных); общая физика (термодинамика, молекулярной физики, электричество и магнетизм); теория поля, квантовая механика, электродинамика.

1. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
Тип задачи профессиональной деятельности: научно-исследовательский			
проведение научных и аналитических исследований в области лазерно-физических и лазерно-плазменных исследований по отдельным разделам темы в рамках предметной области по профилю специализации	классические и квантовые поля, плотная горячая плазма, лазеры и их применения, математические модели для теоретического и численного исследований явлений и закономерностей в указанных выше областях физики, включая физику лазеров, физическую оптику, спектроскопию	ПК-1 Способен проводить сбор, анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования	З-ПК-1 Знать способы сбора, анализа научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования. У-ПК-1 Уметь синтезировать и анализировать научно-техническую информацию по тематике исследования. В-ПК-1 Владеть навыками сбора, синтеза и анализа научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования
		ПК-2 Способен выбирать и применять необходимое оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области	З-ПК-2 Знать современные инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области. У-ПК-2 Уметь критически оценивать, выбирать оборудования, инструментов и методов исследований в избранной предметной области В-ПК-2 Владеть навыками выбора и

			применения оборудования, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области.
		ПК-4 Способен критически оценивать применяемые методики и методы исследования	З-ПК-4 Знать основные методики и методы исследования в сфере своей профессиональной деятельности У-ПК-4 Уметь анализировать и критически оценивать применяемые методики и методы исследования. В-ПК-4 Владеть навыками выбора и критической оценки применяемых методик и методов исследования в сфере своей профессиональной деятельности

Тип задачи профессиональной деятельности: проектный

участие в разработке и реализации проектов исследовательской и инновационной направленности в команде исполнителей	источники токов и напряжений, СВЧ-техника, электрофизические методики измерений	ПК-9.1 способен самостоятельно и в составе группы проводить научные исследования в области электрофизики с применением экспериментальных методов, методов имитационного моделирования, статистических методов обработки экспериментальных данных, методов компьютерного моделирования процессов и объектов	З-ПК-9.1 знать нормы и правила электробезопасности, ядерной и радиационной безопасности У-ПК-9.1 уметь проводить расчетные сертифицированных кодах в рамках поставленной задачи, оценивать погрешность результатов измерений В-ПК-9.1 владеть навыками проведения экспериментальных измерений на установках и стендах, сопоставления расчетных и экспериментальных данных
		ПК-9.2 способен к участию в проведении электрофизических измерений, выполнении экспериментов на	З-ПК-9.2 знать порядок проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских

		электрофизических установках, источниках излучения, высоковольтном и измерительном оборудовании	работ У-ПК-9.2 уметь создавать математические модели процессов, протекающих в экспериментальных стендах и установках В-ПК-9.2 владеть навыками обработки результатов расчетных исследований
--	--	---	--

2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ*

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	№ недели	Виды учебной работы					
			Лекции	Практ. занятия/ семинары	Лаб. работы	СРС	Текущий контроль (форма)*	Максимальный балл (см. п. 6.3)
			16	32	-	60		
Семестр № 3								
1.	РАЗДЕЛ 1	1-16	16	32	-	60		
1.1.	1 Тема. Уравнения состояния.	1	1	2	-	5	УО	3
1.2.	2 Тема. Элементы статистической физики	2-3	2	4	-	6	УО	5
1.3	3 Тема. Распределения.	4-5	2	4		6	УО	5
1.4	4 Тема. Уравнения состояния газов.	6	1	2		5	УО	3
1.5	5 Тема. Уравнение состояния твёрдых тел при абсолютном нуле.	7	1	2	-	5	УО	3
1.6	6 Тема. Уравнение состояния Ми-Грюнайзена.	8	1	2	-	5	УО	3
1.7	7 Тема. Колебания кристаллической решётки	9	1	2	-	5	УО	3
1.8	8 Тема. Ударные волны. Законы сохранения	10	1	2	-	5	УО	3
1.9	9 Тема. Экспериментальные методы исследования уравнений состояния	11	1	2		5	УО	3
1.10	10 Тема. Уравнение состояния классической плазмы.	12	1	2		5	УО	3

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	№ недели	Виды учебной работы						
			Лекции	Практ. занятия/ семинары	Лаб. работы	СРС	Текущий контроль (форма)*	Максимальн ый балл (см. п. 6.3)	
			16	32	-	60			
1.11	11 Тема. Вырожденный электронный газ и уравнение состояния вещества при больших плотностях.	13-14	2	4	-	6	УО	5	
Рубежный контроль		15						ДЗ	5
Промежуточная аттестация		Экзамен-16					36	0-50	
Посещаемость								5	
Итого:			16	32		60	36	100	

*Сокращение наименований форм текущего, рубежного и промежуточного контроля:

УО – устный опрос

ДЗ – домашнее задание

Э-экзамен

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Лекционный курс

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	РАЗДЕЛ 1	
1	1 Тема. Уравнения состояния.	Введение. Термическое, калорическое и каноническое уравнение состояния термодинамические потенциалы. Взаимосвязь термодинамических потенциалов и макроскопических свойств вещества.
2	2 Тема. Элементы статистической физики	Статистическое распределение, фазовое пространство, плотность распределения вероятности, статистическая независимость теорема Лиувилля, микростатистическое распределение. Энтропия
3	3 Тема. Распределения.	Распределение Гиббса, Максвелла, Больцмана Ферми-Дирака. Взаимосвязь свободной энергии и распределения Гиббса.
4	4 Тема. Уравнения состояния газов.	Уравнение состояния идеального газа Вириальное разложение Уравнение состояния газа Ван-дер-Ваальса.
5	5 Тема. Уравнение состояния твёрдых тел при абсолютном нуле.	Метод потенциалов. Адиабатическое приближение. Силы в твёрдых телах Потенциалы взаимодействия в ионных молекулярных, валентных кристаллах и металлах.
6	6 Тема. Уравнение состояния Ми Грюнайзена.	Теорема вириала. Тепловое возбуждение кристаллической решётки. Трёхчленное уравнение состояния.
7	7 Тема. Колебания кристаллической решётки	Классический и квантовый осцилляторы Твёрдые тела при низких и высоких температурах. Интерполяционная формула Дебая. Колебания одномерной цепочки атомов одномерной решётки с базисом. Колебания трёхмерной решётки Бравэ и решётки с базисом
8	8 Тема. Ударные волны. Законы сохранения	Ударная адиабата. Ударные адиабаты идеального газа и твёрдого тела. Ударные волны слабой интенсивности. Ударное сжатие пористого вещества. Выход не очень сильной ударной волны на свободную поверхность тела
9	9 Тема. Экспериментальные методы исследования уравнений состояния	Ударно-волновые методы «откола» «торможения», «отражения». Метод изоэнтропического сжатия. Метод алмазных наковален.
10	10 Тема. Уравнение состояния классической плазмы.	
11	11 Тема. Вырожденный электронный газ и уравнение состояния вещества при больших плотностях.	

Практические/семинарские занятия

№	Темы дисциплины	Содержание
---	-----------------	------------

1.	1 тема.	Элементы статистической физики
2.	2 тема.	Уравнения состояния газов.
3	3 тема.	Уравнения состояния твёрдых тел.
4	4 тема.	Колебания кристаллической решётки.
5	5 тема.	Ударные волны
6	6 тема.	Экспериментальные методы.

4. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

5.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Раздел	Темы занятий	Компетенция	Индикаторы освоения	Текущий контроль, неделя
Семестр №6				
Раздел	1 Тема. Уравнения состояния.	ПК-1 ПК-2 ПК-4 ПК-9.1 ПК-9.2	3-ПК-1; У- ПК-1; В- ПК1 3-ПК-2; У- ПК-2; В- ПК-2 3-ПК-4; У- ПК-4; В- ПК-4 3-ПК-9.1; У- ПК-9.1; В- ПК-9.1 3-ПК-9. 2; У- ПК-9. 2; В- ПК-9. 2	УО-1
	2 Тема. Элементы статистической физики		3-ПК-1; У- ПК-1; В- ПК1 3-ПК-2; У- ПК-2; В- ПК-2 3-ПК-4; У- ПК-4; В- ПК-4 3-ПК-9.1; У- ПК-9.1; В- ПК-9.1 3-ПК-9. 2; У- ПК-9. 2; В- ПК-9. 2	УО-2-3
	3 Тема. Распределения.		3-ПК-1; У- ПК-1; В- ПК1 3-ПК-2; У- ПК-2; В- ПК-2 3-ПК-4; У- ПК-4; В- ПК-4 3-ПК-9.1; У- ПК-9.1; В- ПК-9.1 3-ПК-9. 2; У- ПК-9. 2; В- ПК-9. 2	УО-4-5
	4 Тема. Уравнения состояния газов.		3-ПК-1; У- ПК-1; В- ПК1 3-ПК-2; У- ПК-2; В- ПК-2 3-ПК-4; У- ПК-4; В- ПК-4 3-ПК-9.1; У- ПК-9.1; В- ПК-9.1 3-ПК-9. 2; У- ПК-9. 2; В- ПК-9. 2	УО-6
	5 Тема. Уравнение состояния твёрдых тел при абсолютном нуле.		3-ПК-1; У- ПК-1; В- ПК1 3-ПК-2; У- ПК-2; В- ПК-2 3-ПК-4; У- ПК-4; В- ПК-4 3-ПК-9.1; У- ПК-9.1; В- ПК-9.1 3-ПК-9. 2; У- ПК-9. 2; В- ПК-9. 2	УО-7

	6 Тема. Уравнение состояния Ми-Грюнайзена.		3-ПК-1; У- ПК-1; В- ПК1 3-ПК-2; У- ПК-2; В- ПК-2 3-ПК-4; У- ПК-4; В- ПК-4 3-ПК-9.1; У- ПК-9.1; В- ПК-9.1 3-ПК-9. 2; У- ПК-9. 2; В- ПК-9. 2	УО-8
	7 Тема. Колебания кристаллической решётки		3-ПК-1; У- ПК-1; В- ПК1 3-ПК-2; У- ПК-2; В- ПК-2 3-ПК-4; У- ПК-4; В- ПК-4 3-ПК-9.1; У- ПК-9.1; В- ПК-9.1 3-ПК-9. 2; У- ПК-9. 2; В- ПК-9. 2	УО-9
	8 Тема. Ударные волны. Законы сохранения		3-ПК-1; У- ПК-1; В- ПК1 3-ПК-2; У- ПК-2; В- ПК-2 3-ПК-4; У- ПК-4; В- ПК-4 3-ПК-9.1; У- ПК-9.1; В- ПК-9.1 3-ПК-9. 2; У- ПК-9. 2; В- ПК-9. 2	УО-10
	9 Тема. Экспериментальные методы исследования уравнений состояния		3-ПК-1; У- ПК-1; В- ПК1 3-ПК-2; У- ПК-2; В- ПК-2 3-ПК-4; У- ПК-4; В- ПК-4 3-ПК-9.1; У- ПК-9.1; В- ПК-9.1 3-ПК-9. 2; У- ПК-9. 2; В- ПК-9. 2	УО-11
	10 Тема. Уравнение состояния классической плазмы.		3-ПК-1; У- ПК-1; В- ПК1 3-ПК-2; У- ПК-2; В- ПК-2 3-ПК-4; У- ПК-4; В- ПК-4 3-ПК-9.1; У- ПК-9.1; В- ПК-9.1 3-ПК-9. 2; У- ПК-9. 2; В- ПК-9. 2	УО-12
	11 Тема. Вырожденный электронный газ и уравнение состояния вещества при больших плотностях.		3-ПК-1; У- ПК-1; В- ПК1 3-ПК-2; У- ПК-2; В- ПК-2 3-ПК-4; У- ПК-4; В- ПК-4 3-ПК-9.1; У- ПК-9.1; В- ПК-9.1 3-ПК-9. 2; У- ПК-9. 2; В- ПК-9. 2	УО-13-14
	Рубежный контроль	ПК-1 ПК-2 ПК-4 ПК-9.1 ПК-9.2	3-ПК-1; У- ПК-1; В- ПК1 3-ПК-2; У- ПК-2; В- ПК-2 3-ПК-4; У- ПК-4; В- ПК-4 3-ПК-9.1; У- ПК-9.1; В- ПК-9.1 3-ПК-9. 2; У- ПК-9. 2; В- ПК-9. 2	ДЗ-15
	Промежуточная аттестация	ПК-1 ПК-2 ПК-4 ПК-9.1 ПК-9.2	3-ПК-1; У- ПК-1; В- ПК1 3-ПК-2; У- ПК-2; В- ПК-2 3-ПК-4; У- ПК-4; В- ПК-4 3-ПК-9.1; У- ПК-9.1; В- ПК-9.1 3-ПК-9. 2; У- ПК-9. 2; В- ПК-9. 2	Экзамен-16

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

5.2.1 Примерные задачи для домашнего задания (ДЗ)

1. Имеется идеальный газ, молярная теплоёмкость C_V которого известна. Найти молярную теплоёмкость этого газа как функцию его объёма, если газ совершает процесс по закону: а) $T = T_0 e^{\alpha V}$, б) $p = p_0 e^{\alpha V}$.
2. То же, что в предыдущей задаче, но газ совершает процесс по закону $T = T_0 + \alpha V$.
3. Найти уравнение процесса (в переменных T, V), при котором молярная теплоёмкость идеального газа изменяется по закону: а) $C = C_V + \alpha T$; б) $C = C_V + \beta V$; в) $C = C_V + \alpha p$.
4. Найти для моля ван-дер-ваальсовского газа уравнение адиабаты в переменных T, V , если его теплоёмкость при постоянном объёме равна C_V .
5. Определить для ванн-дер-ваальсовского газа разность молярных теплоёмкостей $C_p - C_V$.

6. Вычислить дебаевскую температуру для железа, у которого скорости распространения продольных и поперечных колебаний равны 5,85 и 3,23 км/с.
7. Оценить скорость распространения акустических колебаний в алюминии, дебаевская температура которого $\theta = 396$ К.
8. Вычислить энергию нулевых колебаний, приходящуюся на один грамм меди с дебаевской температурой $\theta = 330$ К.
9. При нагревании кристалла меди массы $m = 25$ г от $T_1 = 10$ К до $T_2 = 20$ К ему было сообщено количество теплоты $Q = 0,80$ Дж. Найти дебаевскую температуру θ для меди, если $\theta \gg T_1$ и T_2 .
10. Оценить энергию нулевых колебаний моля алюминия, если межатомное расстояние $a = 0,3$ нм и скорость распространения акустических колебаний $v = 4$ км/с.
11. Оценить максимальные значения энергии и импульса фонона (звукового кванта) в меди, дебаевская температура которой равна 330 К.
12. Оценить фононное давление в меди при температуре, равной её дебаевской температуре $\theta = 330$ К.
13. Определить спектр частот колебаний одномерной цепочки с базисом, если цепочка состоит из частиц одного сорта, а величина коэффициента связи чередуется вдоль цепочки, принимая значения k_1 и k_2 . Масса частицы m .

5.2.2. Примерные вопросы к устному опросу (УО)

1. Введение. Уравнения состояния.
2. Термическое, калорическое и каноническое уравнение состояния, термодинамические потенциалы.
3. Взаимосвязь термодинамических потенциалов и макроскопических свойств вещества.
4. Элементы статистической физики.
5. Статистическое распределение, фазовое пространство, плотность распределения вероятности, статистическая независимость, теорема Лиувилля, микроканоническое распределение. Энтропия
6. Распределения.
7. Распределение Гиббса, Максвелла, Больцмана, Ферми-Дирака.
8. Взаимосвязь свободной энергии и распределения Гиббса.
9. Уравнения состояния газов.
10. Уравнение состояния идеального газа.
11. Вириальное разложение.
12. Уравнение состояния газа Ван-дер-Ваальса.
13. Уравнение состояния твёрдых тел при абсолютном нуле.
14. Метод потенциалов. Адиабатическое приближение.
15. Силы в твёрдых телах.
16. Потенциалы взаимодействия в ионных, молекулярных, валентных кристаллах и в металлах.
17. Уравнение состояния Ми-Грюнайзена.
18. Теорема вириала.
19. Тепловое возбуждение кристаллической решётки.
20. Трёхчленное уравнение состояния.
21. Колебания кристаллической решётки.
22. Классический и квантовый осцилляторы.
23. Твёрдые тела при низких и высоких температурах.
24. Интерполяционная формула Дебая.
25. Колебания одномерной цепочки атомов и одномерной решётки с базисом.
26. Колебания трёхмерной решётки Бравэ и решётки с базисом.
27. Ударные волны.
28. Законы сохранения.
29. Ударная адиабата.

30. Ударные удиабаты идеального газа и твёрдого тела.
31. Ударные волны слабой интенсивности.
32. Ударное сжатие пористого вещества.
33. Выход не очень сильной ударной волны на свободную поверхность тела.
34. Экспериментальные методы исследования уравнений состояния.
35. Ударноволновые методы «откола», «торможения», «отражения».
36. Метод изоэнтропического сжатия.
37. Метод алмазных наковален.
38. Уравнение состояния классической плазмы.
39. Вырожденный электронный газ и уравнение состояния вещества при больших плотностях.

5.2.3. Примерные вопросы к Экзамену (Э)

1. Статистическое распределение. Фазовое пространство. Плотность распределения вероятности. Статистическая независимость.
2. Теорема Лиувилля. Роль энергии и микроканоническое распределение.
3. Энтропия.
4. Распределение Гиббса. Распределение Максвелла.
5. Свободная энергия и распределение Гиббса.
6. Распределение Больцмана.
7. Распределение Ферми-Дирака.
8. Распределение Бозе-Эйнштейна.
9. Уравнение состояния. Классификация. Свойства. Термодинамические потенциалы.
10. Уравнение состояния идеального газа.
11. Вириальное разложение. Уравнение состояния газа Ван-дер-Ваальса.
12. Уравнение состояния твёрдых тел при $T = 0$.
13. Классический и квантовый осцилляторы.
14. Твёрдые тела при низких температурах.
15. Твёрдые тела при высоких температурах.
16. Интерполяционная формула Дебая.
17. Колебания цепочки атомов. Колебания одномерной решётки с базисом.
18. Колебания трёхмерной решётки Бравэ. Решётки с базисом.
19. Уравнение состояния Ми-Грюнаизена. Трёхчленное уравнение состояния.
20. Ударная волна. Законы сохранения. Ударная адиабата.
21. Ударная адиабата идеального газа.
22. Ударная адиабата твёрдого тела.
23. Уравнение состояния тела, атомы которого совершают малые колебания.
24. Ударные волны слабой интенсивности.
25. Ударное сжатие пористого вещества.
26. Выход не очень сильной ударной волны на свободную поверхность тела.
27. Экспериментальные методы построения уравнений состояния твёрдых тел: методы «откола» и «торможения».
28. Экспериментальные методы построения уравнений состояния твёрдых тел: методы «отражения» и изоэнтропического сжатия. Метод алмазных наковален.
29. Уравнение состояния классической плазмы.
30. Вырожденный электронный газ и уравнение состояния вещества при больших плотностях.

5.2.4. Интерактивная форма, используемая в реализации дисциплины (УО)

При выполнении 8 интерактивных занятий (из РУПа) студентам предлагается решить следующие проблемы:

- Мозговой штурм;
- Case-study (анализ конкретных задач или ситуаций);

№	Проблемы для интерактивных занятий	Условия	Методы и средства контроля
1	Уравнение состояния газа Ван-дер-Ваальса как результат вычисления свободной энергии частиц с потенциалом взаимодействия «абсолютно твёрдых шаров».	Показана возможность вычисления свободной энергии системы по её энергетическому спектру.	Оценка активности участия студента. Презентация результатов деятельности студентов
2	Построение «холодных» уравнений состояния кристаллических тел методом потенциалов.	Рассмотрены основные взаимодействия между частицами, составляющими твёрдое тело.	
3	Разработка уравнения состояния твёрдого тела с тепловым возбуждением (уравнение состояния Ми-Грюнайзена).	Рассмотрена теорема вириала.	
4	Оценка вклада колебаний кристаллической решётки в уравнение состояния.	Поставлена модель гармонического кристалла.	
5	Оценка вклада электронного газа в уравнение состояния металлов.	Даны основные понятия и определения из зонной теории твёрдых тел.	
6	Предложить методы исследования уравнений состояния с применением ударных волн.	Рассматриваются экспериментальные ситуации методов «откола», «торможения» и «отражения».	
7	Разработать методику исследования уравнений состояния в МК-1	Объяснена работа МК-1	
8	Разработать методику исследований уравнений состояний твёрдых тел посредством алмазных наковален	Описаны условия функционирования алмазных наковален.	

5.3. Шкалы оценки образовательных достижений

Рейтинговая оценка знаний является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Результаты текущего контроля и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-

балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 «удовлетворительно»	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 «неудовлетворительно»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц, Теоретическая физика. Том V. Статистическая физика, часть 1. М.:Физматлит, 2005.
2. Я.Б. Зельдович, Ю.П. Райзер, Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. М.: Наука, 1966.
3. В.Н. Жарков, В.А. Калинин, Уравнения состояния твёрдых тел при высоких давлениях и температурах. М.: Наука, 1968.
4. Н. Ашкрофт, Н. Мермин, Физика твёрдого тела.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

5. Физическая энциклопедия, Т.1-5, М.: Советская энциклопедия, 1988.

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. Федеральный портал «Российское образование» (<http://www.edu.ru>)
2. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» (<http://window.edu.ru>)

3. Сайт СарФТИ НИЯУ МИФИ (<http://sarfti.ru>), раздел «Учебно-методические пособия»
4. программное обеспечение (среда для LMTO расчетов MindLab 5.0, LMTART), интернет-ресурсы среда Maple, MatLab, базы данных aps.org, Elsevier.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины производится на базе учебной лаборатории кафедры в СарФТИ НИЯУ МИФИ учебного корпуса. Лаборатория оснащена современным оборудованием, позволяющим проводить практические занятия. Здесь же проводятся консультации по текущим вопросам и по квалификационным проектам.

7. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ СТУДЕНТАМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

При выполнении практических, научно-исследовательских, опытно-конструкторских, хозяйственных и госбюджетных работ используются современные средства измерения и контроля разных фирм и др. В качестве материально-технического обеспечения используются также ресурсы и программно-аппаратное обеспечение компьютерного класса.

8 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При освоении дисциплины применяются активная и интерактивная формы обучения в сочетании с самостоятельной работой. На аудиторных занятиях происходит изложение нового теоретического материала в виде лекций, разбираются решения типичных задач на применение полученных сведений для более глубокого понимания, проводится контроль выполнения домашних работ. Во время лекционных и практических занятий используются презентации и обсуждаются новые научные труды, которые появились в научной литературе.

Организация занятий обязательно включает диалог со студентами по вопросам решения задач. Во время контроля выполнения заданий, предложенных для внеаудиторной самостоятельной работы, производится выступление студентов с вариантами решений.

Самостоятельная внеаудиторная работа студентов состоит из двух взаимосвязанных частей. Первая представляет собой освоение теоретического материала, вторая – приобретение практических навыков решения задач. Освоение теоретического материала производится по лекциям и указанной основной и дополнительной литературе.

Для решения воспитательных и учебных задач дисциплины используется 8 занятий в интерактивной форме (из РУПа).

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО по направлению подготовки: 03.03.01 «Прикладные математика и физика», профиль подготовки: «Электрофизика»

Автор: преподаватель кафедры ЭФ Маслов Дмитрий Андреевич

Рецензент(ы): преподаватель кафедры ЭФ Сурдин Олег Михайлович