

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

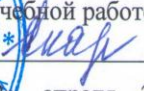
ФИЗИКО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра теоретической физики и нанотехнологий



ПОТВЕРЖДАЮ:

ректор по научно-методической
учебной работе

 Е.И. Скафа

апреля 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Статистическая физика и термодинамика

Направление подготовки: 28.03.03 Наноматериалы

Профиль подготовки:

Образовательная программа: бакалавриат

Квалификация: академический бакалавр

Форма обучения: очная, очно-заочная, заочная

Донецк 2020

УТВЕРЖДАЮ:

Декан физико-технического факультета

С.А.Фоменко

«17» апреля 2020 г.



Программа учебной дисциплины «Статистическая физика и термодинамика» составлена на основании Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования (ГОС ВПО) Донецкой Народной Республики (ДНР) по направлению подготовки 28.03.03 Наноматериалы, утвержденного приказом Министерства образования и науки ДНР от 28 сентября 2016 г. № 987; Порядка организации учебного процесса в образовательных организациях высшего профессионального образования Донецкой Народной Республики, утвержденного приказом Министерства образования и науки ДНР № 1171 от «10» ноября 2017 г.; учебного плана и основной образовательной программы высшего профессионального образования направления подготовки 28.03.03 Наноматериалы, разработанных в ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет».

Разработчик:

Доцент кафедры

теоретической физики и нанотехнологий

В.И. Фионохин

Программа учебной дисциплины утверждена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий

Протокол №15 от «02» апреля 2020 г.

Заведующий кафедрой

В.Н.Варюхин

Программа учебной дисциплины одобрена учебно-методической комиссией физико-технического факультета

Протокол № 5 от «15» апреля 2020 г.

Председатель учебно-методической
комиссии факультета

В.Н.Котенко

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

«Статистическая физика и термодинамика» является дисциплиной базовой части Профессионального Блока по направлению подготовки 28.03.03 Наноматериалы. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, сформированные в процессе изучения предметов «Механика и молекулярная физика», «Дифференциальные уравнения», «Аналитическая геометрия и линейная алгебра», «Электродинамика», «Квантовая теория» на предыдущем уровне образования. Полученные знания используются студентами во время выполнения учебной и производственной практики, при написании выпускной квалификационной работы.

2. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

<i>Характеристика учебной дисциплины</i>		
Направление подготовки	28.03.03 Наноматериалы	
Профиль		
Образовательная программа	бакалавриат	
Квалификация	академический бакалавр	
Количество содержательных модулей	1	
Дисциплина базовой / вариативной части образовательной программы	дисциплина базовой части	
Формы контроля (МК, экзамен, зачет)	МК, , зачет 7 сем., экзамен 8 сем.	
Показатели	очная форма обучения	заочная форма обучения
Количество зачетных единиц (кредитов)	8	8
Год подготовки	4	4
Семестр	7,8	
Количество часов	288	288
- лекционных	52	10
- практических, семинарских	104	20
- лабораторных		
- самостоятельной работы	132	258
в т.ч. индивидуальное задание		
Недельное количество часов,	6	30
в т.ч. аудиторных	6	30

3. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели и задачи

Цель - формирование у студентов статистических представлений о свойствах макроскопических систем;

Задача - изучение основных методов неравновесной термодинамики, теории флуктуаций, кинетики неравновесных систем; изложение основных положений статистической механики, принципов и методов их применения к описанию макроскопических систем.

Требования к результатам освоения дисциплины. Процесс изучения дисциплины «Статистическая физика и термодинамика» направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ГОС ВПО ДНР по направлению подготовки

28.03.03 Наноматериалы и основной образовательной программы высшего профессионального образования направления подготовки 28.03.03 Наноматериалы.

а) общекультурных (ОК):

способность использовать основы философских знаний для формирования мировоззренческой позиции (ОК-1);

способность к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);

способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения (ОК-10);

б) общепрофессиональных (ОПК):

способность использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке) (ОПК-1);

способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач (ОПК-3);

способность использовать основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации и навыки работы с компьютером как со средством управления информацией (ОПК-6);

в) профессиональных (ПК):

научно-исследовательская и проектная деятельность:

- способность использовать на практике современные представления наук о свойствах веществ и материалов при переходе их в наноразмерное состояние (ноль, одно и двухмерное), о влиянии размера на свойства веществ и материалов, взаимодействии наноматериалов и наносистем с окружающей средой (ПК-2);

- способность применять навыки использования (под руководством) методов моделирования, оценки, прогнозирования и оптимизации технологических процессов и свойств наноматериалов, стандартизации и сертификации материалов и процессов (ПК-4);

В результате изучения учебной дисциплины студент должен:

знать – основы статистического подхода к исследованию свойств классических макроскопических систем; основы термодинамического подхода к исследованию свойств макроскопических систем; основы квантово-статистического подхода к исследованию свойств макроскопических систем с применением матрицы плотности; микроканоническое распределение, распределение Гиббса; статистические методы исследования макроскопических систем тождественных частиц, распределения Бозе, Ферми;

уметь – применять методы феноменологической термодинамики, свободно пользоваться ими при расчетах характеристик макросистем; применять методы исследования статистических свойств макроскопических систем с применением распределения Гиббса; применять методы исследования свойств систем тождественных частиц с использованием распределений Ферми и Бозе.

владеть – навыками применения методов феноменологической термодинамики при расчетах характеристик макросистем, а также методов исследования статистических свойств макроскопических систем с применением распределения Гиббса и др.

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Порядковый номер и тема	Краткое содержание темы
-------------------------	-------------------------

Содержательный модуль 1 «Термодинамические потенциалы»	
Тема 1. Основные принципы статистики.	Краткие исторические сведения о развитии термодинамики и молекулярно-кинетической теории. Предмет статистической физики. Статистическое распределение. Статистическая независимость. Среднеквадратичная флуктуация аддитивных величин. Фазовое пространство. Теорема Лиувилля для функции распределения. Микроканоническое распределение. Роль аддитивных интегралов движения. Статистическая матрица. Статистическое распределение в квантовой статистике. Статистический вес. Энтропия. Закон возрастания энтропии.
Тема 2. Термодинамические величины.	Термодинамические величины. Температура. Макроскопическое движение в состоянии термодинамического равновесия. Адиабатические процессы. Внутренняя энергия. Давление. Работа и количество тепла. Теплоемкость. Термодинамические потенциалы. Тепловая функция. Свободная энергия и термодинамический потенциал (свободная энергия Гиббса). Соотношение между производными термодинамических величин. Термодинамическая шкала температуры. Процесс Джоуля-Томсона. Максимальная работа. Цикл Карно. Максимальная работа, производимая телом, находится во внешней среде. Неравенство Клаузиуса. Термодинамические неравенства. Принцип Ле-Шателье. Теорема Нернста.
Содержательный модуль 2 «Распределение Гиббса»	
Тема 3. Распределение Гиббса. Идеальные макроскопические системы.	Зависимость термодинамических величин от числа частиц. Химический потенциал. Равновесие тела во внешнем поле. Вращение тела. Распределение Гиббса. Распределение Максвелла. Распределение вероятностей для осциллятора. Функция Вигнера. Свободная энергия в распределении Гиббса. Распределение Гиббса с переменным числом частиц. Получение термодинамических соотношений по распределению Гиббса. Идеальный газ. Распределение Больцмана. Распределение Больцмана в классической статистике. Барометрическая формула. Свободная энергия больцмановского идеального газа. Уравнение состояния идеального газа. Идеальный газ с постоянной теплоемкостью. Теорема о равнораспределении. Одноатомный идеальный газ. Двухатомный газ. Вращения молекул. Влияние колебания атомов
Тема 4. Распределения Ферми и Бозе.	Тождественные частицы. Распределение Ферми. Распределение Бозе. Ферми-и бозе-газы элементарных частиц. Вырожденный электронный газ. Теплоемкость вырожденного электронного газа. Вырожденный бозе-газ. Черное излучение.
Тема 5. Термодинамика твердого тела.	Твердые тела при низких температурах. Твердые тела при высоких температурах. Интерполяционная формула Дебая. Тепловое расширение твердых тел. Колебания кристаллической решетки. Плотность числа колебаний. Фононы. Операторы рождения и уничтожения фононов.

Тематический план

Содержательный модуль 1 . «Термодинамические потенциалы»			
Названия содержательных модулей и тем	Количество часов		
	Очная форма обучения		Заочная форма обучения
	Ф	В Т.Ч.	Ф В Т.Ч.

		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа
Тема 1. Основные принципы статистики.	72	13	26		33		72	2	5		65	
Тема 2. Термодинамические величины.	72	13	26		33		72	3	5		64	
Итого по содержательному модулю 1	144	26	52		66		144	5	10		129	

Тематический план

Содержательный модуль 2 «Распределение Гиббса»												
Названия содержательных модулей и тем	Количество часов											
	Очная форма обучения						Заочная форма обучения					
	всего	в т.ч.					всего	в т.ч.				
		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа
Тема 3. Распределение Гиббса. Идеальные макроскопические системы.	45	6	17		22		48	2	3		43	
Тема 4. Распределения Ферми и Бозе	49	10	17		22		48	2	3		43	
Тема 5. Термодинамика твердого тела.	50	10	18		22		48	1	4		43	
Итого по содержательному модулю 1	144	26	52		66		144	5	10		129	
Всего часов по модулю	288	52	104		132		288	10	20		258	

5. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЛЕКЦИОННЫХ, ПРАКТИЧЕСКИХ И ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

Темы лекционных занятий

№ п/п	Название темы	Количество часов
1	Основные принципы статистики.	10
2	Термодинамические величины.	10

3	Распределение Гиббса. Идеальные макроскопические системы.	10
4	Распределения Ферми и Бозе	10
5	Термодинамика твердого тела.	12
	ВСЕГО	52

Темы практических занятий

<i>№ п/п</i>	<i>Название темы</i>	<i>Количество часов</i>
1	Изотермический и адиабатический процессы. PV -диаграммы. Температурные шкалы (Цельсий, Фаренгейт, Кельвин). Абсолютная температура и энтропия в термодинамике. Уравнение состояния вещества. Калорическое уравнение состояния. Идеальный газ. Работа. Количество теплоты.	20
2	Микроканоническое распределение для идеального классического газа. Статистическое определение энтропии и температуры. Первое начало термодинамики. Внутренняя энергия, как адиабатический потенциал. Свободная энергия, как изотермический потенциал. Модель резины. Теплоёмкость газа	20
3	Круговые процессы. Цикл Карно. КПД тепловых машин. Политропические процессы.	20
4	Термодинамические коэффициенты. Соотношения между ними	20
5	Химический потенциал. Фазовые переходы первого рода. Теплота испарения, давление насыщенного пара в зависимости от температуры. Пар над искривленной поверхностью. Критический радиус зародыша, заряд на капле. Многокомпонентные системы. Правило фаз.	24
	ВСЕГО	104

6. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Организация самостоятельной работы студентов

<i>№ п/п</i>	<i>Название темы</i>	<i>Количество часов</i>
1	Больцмановский газ. Теплоемкость при высоком вырождении верхнего уровня. Газ в объеме с потенциальной ямой. Диэлектрическая проницаемость газа диполей. (Классические диполи, высокие температуры).	14
2	Охлаждение методом размагничивания парамагнитных солей: цилиндрический образец на оси соленоида, теплоемкость в отсутствие магнитного поля $C=VaT^3$.	14
3	Молекулярные пучки - опыт Штерна. Заполнение откачанного сосуда (при разных соотношениях размера отверстия и длины свободного пробега). Эффект Кнудсена.	14
4	Теплоемкости H_2O , CO_2 в зависимости от температуры. Поправки к теплоемкости двухатомного газа, вызванные ангармоничностью	14

	колебаний.	
5	Химическое равновесие. Закон действующих масс. Степень диссоциации молекул двухатомного газа ($AB \rightarrow A+B$). Зависимость степени диссоциации от температуры при постоянном объеме. Ионизация атомов, формула Саха.	14
6	Оценки для электронного газа в металле. Ферми-газ в осцилляторном поле. Полупроводник n-типа.	14
7	Оценка примесного уровня (как водородоподобного). Число электронов в примесном состоянии с учетом кулоновского отталкивания.	14
8	Белый карлик, нейтронная звезда. Оценка размера «плотной» части атома по Томасу – Ферми (учитываем только взаимодействие электронов с ядром).	14
9	Бозе-газ в поле тяжести. (Конденсация Бозе-Эйнштейна). Термодинамика черного излучения. Фононный газ в кристаллах, модель Дебая.	20
	ВСЕГО	132

7. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ *(не предусмотрено рабочим планом)*

8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

1. Статистическое распределение. Статистическая независимость. Среднеквадратичная флуктуация аддитивных величин.
2. Фазовое пространство. Теорема Лиувилля для функции распределения.
3. Микроканоничный распределение. Роль аддитивных интегралов движения.
4. Статистическая матрица.
5. Статистическое распределение в квантовой статистике.
6. Статистическая вес. Энтропия. Закон возрастания энтропии.
7. Термодинамические величины. Температура.
8. Макроскопическое движение в состоянии термодинамического равновесия.
9. Адиабатические процессы. Внутренняя энергия. Давление.
10. Работа и количество тепла. Теплоемкость.
11. Термодинамические потенциалы. Тепловая функция.
12. Свободная энергия и термодинамический потенциал (свободная энергия Гиббса).
13. Соотношение между производными термодинамических величин.
14. Термодинамическая шкала температуры.
15. Процесс Джоуля-Томсона.
16. Максимальная работа. Цикл Карно.
17. Максимальная работа, производимая телом, находится во внешней среде. Неравенство Клаузиуса.
18. Термодинамические неравенства.
19. Принцип Ле-Шателье.
20. Теорема Нернста.
21. Зависимость термодинамических величин от числа частиц. Химический потенциал.
22. Равновесие тела во внешнем поле. Вращение тела.

9. ОБРАЗЕЦ МОДУЛЬНОГО КОНТРОЛЯ (образец варианта и критерии оценивания)

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет физико-технический

Направление подготовки: **28.03.03 Наноматериалы**
 Профиль: _____
 Программа подготовки: **бакалавриат**
 Семестр: **7,8**
 Учебная дисциплина: **Статистическая физика и термодинамика**

**МОДУЛЬНАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА
ВАРИАНТ №1**

- 1.** Статистическое распределение в квантовой статистике.
- 2.** Процесс Джоуля-Томсона.
- 3.** Теорема Нернста.

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий,
 протокол № ____ от «__» _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой _____
 Преподаватель _____

Критерии оценивания модульного контроля

<i>Номер задания</i>	<i>Количество баллов</i>
Задание 1	10
Задание 2	10
Задание 3	10
Всего	30

10. ОБРАЗЕЦ ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА

Теоретические вопросы зачету

1. Термодинамические потенциалы. Тепловая функция.
2. Свободная энергия и термодинамический потенциал (свободная энергия Гиббса).
3. Соотношение между производными термодинамических величин.
4. Термодинамическая шкала температуры.
5. Процесс Джоуля-Томсона.
6. Максимальная работа. Цикл Карно.
7. Максимальная работа, производимая телом, находится во внешней среде. Неравенство Клаузиуса.
8. Термодинамические неравенства.
9. Принцип Ле-Шателье.
10. Теорема Нернста.
11. Зависимость термодинамических величин от числа частиц. Химический потенциал.
12. Равновесие тела во внешнем поле. Вращение тела.

Теоретические вопросы к экзамену

1. Предмет статистической физики. Статистическое распределение.

2. Статистическая независимость. Среднеквадратичная флуктуация аддитивных величин.
3. Теорема Лиувилля для функции распределения.
4. Микроканоническое распределение. Роль аддитивных интегралов движения.
5. Матрица плотности в квантовой статистике.
6. Статистический вес. Энтропия.
7. Температура.
8. Макроскопическое движение в состоянии термодинамического равновесия.
9. Адиабатические процессы.
10. Внутренняя энергия. Давление.
11. Работа и количество тепла. Теплоемкость.
12. Тепловая функция.
13. Свободная энергия.
14. Термодинамический потенциал.
15. Соотношения между производными термодинамических величин.
16. Термодинамическая шкала температуры.
17. Процесс Джоуля Томсона.
18. Цикл Карно.
19. Термодинамические неравенства.
20. Теорема Нернста.
21. Зависимость термодинамических величин от числа частиц Химпотенциал.
22. Распределение Гиббса.
23. Распределение Максвелла.
24. Распределение вероятностей для осциллятора.
25. Свободная энергия в распределении Гиббса.
26. Термодинамическая теория возмущений.
27. Распределение Гиббса для систем с переменным числом частиц.
28. Вывод термодинамических соотношений из распределения Гиббса.
29. Идеальный газ. Распределение Больцмана.
30. Распределение Больцмана в классической статистике.
31. Барометрическая формула.
32. Свободная энергия идеального газа.
33. Уравнение состояния идеального газа.
34. Идеальный газ с постоянной теплоемкостью.
35. Закон равнораспределения.
36. Распределение Ферми.
37. Распределение Бозе.
38. Ферми- и Бозе-газы элементарных частиц.
39. Вырожденный электронный газ.
40. Вырожденный Бозе-газ.
41. Черное излучение.
42. Теория теплоемкости Дебая

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет физико-технический

Направление подготовки: **28.03.03 Наноматериалы**

Профиль:

Программа подготовки: **бакалавриат**

Семестр **8**

Учебная дисциплина **Статистическая физика и термодинамика**

БИЛЕТ №1

1. Идеальный газ. Распределение Больцмана.
2. Процесс Джоуля Томсона.
3. Термодинамическая шкала температуры.

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий,
протокол № ____ от « ____ » _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой
Экзаменатор

Критерии оценивания экзамена

<i>Номер задания</i>	<i>Количество баллов</i>
Задание 1	15
Задание 2	15
Задание 3	20
Всего	50 баллов

11. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

По курсу «Статистическая физика и термодинамика» предполагается проведение промежуточной аттестации в виде модульного контроля, выполнение индивидуальной работы и экзамена. Экзамен сдают студенты с целью повышения рейтинга.

***Распределение баллов, которые могут получить студенты
в процессе изучения дисциплины***

Организационно учебная работа студента	СРС		Всего
	Индивидуальная работа	Модульный контроль	
max 10 баллов	max 10 баллов	max 30 баллов	100

Шкала соответствия баллов национальной шкале

Оценка по шкале ECTS	Оценка по 100-балльной шкале	Оценка по государственной шкале (экзамен, дифференцированный зачет)	Оценка по государственной шкале (зачет)
A	90-100	5 (отлично)	зачтено
B	80-89	4 (хорошо)	зачтено
C	75-79	4 (хорошо)	зачтено
D	70-74	3 (удовлетворительно)	зачтено
E	60-69	3 (удовлетворительно)	зачтено
FX	35-59	2 (неудовлетворительно) с возможностью повторной сдачи	не зачтено
F	0-34	2 (неудовлетворительно) с возможностью повторной сдачи при условии обязательного набора дополнительных баллов	не зачтено

12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Лекционные и практические занятия по учебной дисциплине «Статистическая физика и термодинамика» проводятся в Компьютерном классе №304. Оборудован комплектом учебной мебели на 28 посадочных мест, комплектом рабочего места преподавателя, меловой доской, 10 компьютеров с лицензионным программным обеспечением, доступом к сети Интернет, 1 сетевой коммутатор, 1 wi-fi роутер, 1 мультимедийный проектор, 1 экран переносной.

Самостоятельная работа студентов проходит в читальном зале № 4 периодической литературы, укомплектован учебной мебелью на 31 посадочное место, оснащен компьютером в комплекте (1 шт.), расположен по адресу г. Донецк, ул. Университетская, 24, каб. 19.

Индивидуальные и групповые консультации студентам для проведения самостоятельной работы предоставляются в кабинете кафедры теоретической физики и нанотехнологий, укомплектованном комплектом мебели на 12 посадочных мест, оснащенном компьютером в комплекте (1 шт.), принтером, сканером, расположенном по адресу г. Донецк, пр. Театральный 13, ауд. 256.

13. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

№ п/п	Наименование	Кол-во экземпляров в библиотеке ДонНУ	Наличие электронной версии в ЭБС
Основная литература			
1.	Ландау, Л. Д. Статистическая физика (классическая и квантовая) / Л. Ландау, Е. Лифшиц. - Москва : Гостехиздат ; Ленинград, 1951. - 480 с.	6	
2.	Метлов, Л. С. Неравновесная эволюционная термодинамика и ее приложения / Л. С. Метлов ; Донецкий физико-технический институт им. А. А. Галкина. - Донецк : Ноулидж, 2014. - 176 с.	1	
3.	Ландау, Лев Д. Теоретическая физика : В 10 т. : Учеб. пособие для студентов физ. специальностей ун-тов. Т. 5 : Статистическая физика, Ч. 1 / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; Под ред. Л. П. Питаевского. - 5-е изд. - М. : Наука, 2001. - 616 с.	3	
Дополнительная литература			
4.	Шиллинг, Г. Статистическая физика в примерах / Г. Шиллинг ; пер. с нем. А. Ф. Дите, М. С. Кагана ; под ред. Д. Н. Зубарева, Э. Л. Нагаева. - Москва : Мир, 1976. - 431 с.	4	
5.	Василевский, А. С. Статистическая физика и термодинамика : Учеб. пособие для физ.-мат. фак. пед. ин-тов / А. С. Василевский, В. В. Мултановский. - М. : Просвещение, 1985. - 255 с.	3	
6.	Климонтович, Ю. Л. Статистическая физика : [Учеб. пособие для физ. специальностей вузов] / Ю. Л. Климонтович. - М. : Наука, 1982. - 608 с.	13	

14. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

<http://donnu.ru/> – сайт ДонНУ.

<http://library.donnu.ru/> – сайт библиотеки

15. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Windows 7 PRO (корпоративная лицензия ДОННУ № 46484614);
2. Microsoft Office (корпоративная лицензия ДОННУ лицензия № 46472919);
3. Microsoft Visual Studio (лицензия программы DreamSpark для высших учебных заведений);
4. Лицензии GPL, Apache, BSD для свободного программного обеспечения: FreeLab, Scilab, Free Pascal, Антивирус Касперского, Adobe Acrobat Reader, xPDF

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий с изменениями (без изменений) на 20__ год.

Протокол № __ от “__” _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий с изменениями (без изменений) на 20__ год.

Протокол № __ от “__” _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой _____