

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

Кафедра полупроводниковых приборов и микроэлектроники

“УТВЕРЖДАЮ”

ДЕКАН РЭФ

д.т.н. Хрусталеv В. А.

“ ____ ” _____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Специальные главы физики 2

Образовательная программа: 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, профиль:
Нанотехнология

Курс: 2, семестр : 4

Факультет радиотехники и электроники,

		Семестр
№	Вид деятельности	4
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	3
2	Всего часов	108
3	Всего занятий в контактной форме, час.	61
4	Лекции, час.	36
5	Практические занятия, час.	18
6	Лабораторные занятия, час.	0
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	18
8	Аттестация, час.	2
9	Консультации, час.	5
10	Самостоятельная работа, час.	47
11	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе)	РГЗ контр.
12	Вид аттестации	ДЗ

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

ФГОС введен в действие приказом №177 от 06.03.2015 г. , дата утверждения: 31.03.2015 г.

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

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ППиМЭ, протокол заседания кафедры №5 от 20.06.2017

Утверждена на совете факультета радиотехники и электроники, протокол № 6 от 21.06.2017

Программу разработал:

профессор, д.т.н. Краснопевцев Е. А.

Заведующий кафедрой:

с.н.с., д.ф-м.н. Гайслер В. А.

Ответственный за образовательную программу:

заведующий кафедрой Гайслер В. А.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Компетенция ФГОС: ОПК.1 способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики; в части следующих результатов обучения:
з12. иметь представление о методах статистической физики и термодинамики, используемых для описания классических явлений в газах и твердых телах
з13. знать основные законы термодинамики и статистические распределения
у13. уметь использовать фазовое пространство для статистического описания системы частиц
у14. уметь применять теорему о распределении энергии по степеням свободы
Компетенция ФГОС: ПК.1 способность проводить физико-математическое моделирование исследуемых процессов нанотехнологии и объектов нано- и микросистемной техники с использованием современных компьютерных технологий; в части следующих результатов обучения:
з18. Знать основные положения квантовой механики и статистической физики

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>Специальные главы физики 2</i>	
ОПК.1.з12 иметь представление о методах статистической физики и термодинамики, используемых для описания классических явлений в газах и твердых телах	
1. Основы теории вероятностей	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ОПК.1.з13 знать основные законы термодинамики и статистические распределения	
2. Находить макрохарактеристики идеального газа и статистические распределения	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ОПК.1.у13 уметь использовать фазовое пространство для статистического описания системы частиц	
3. Использовать функции распределения состояний равновесной системы	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ОПК.1.у14 уметь применять теорему о распределении энергии по степеням свободы	
4. Основы термодинамики	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК.1.з18 Знать основные положения квантовой механики и статистической физики	
5. Основы квантовой теории и статистической физики	Лекции; Практические занятия

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 4				
Дидактическая единица: Основы теории вероятностей				
1. Основы теории вероятностей	0	5	1	Усвоение материала
Дидактическая единица: Распределения в фазовом пространстве				
2. Распределения	0	21	2, 3, 4, 5	Усвоение материала
Дидактическая единица: Системы с переменным числом частиц				

3. Большое каноническое распределение	8	10	3, 4, 5	Усвоение материала
---------------------------------------	---	----	---------	--------------------

Таблица 3.2

Темы практических занятий	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 4				
Дидактическая единица: Основы теории вероятностей				
1. Теория вероятностей	0	4	1, 5	Решение задач
Дидактическая единица: Распределения в фазовом пространстве				
2. Распределения	10	12	2, 3, 4, 5	Решение задач
Дидактическая единица: Системы с переменным числом частиц				
3. Большое каноническое распределение	0	2	2, 3, 4, 5	Решение задач

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 4				
1	Контрольные работы	1, 2, 3, 4	20	1
: Драгунов В. П. Наноструктуры: физика, технология, применение : учебное пособие / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 354, [1] с. : ил.				
2	РГЗ	1, 2, 3, 4	20	2
: Драгунов В. П. Наноструктуры: физика, технология, применение : учебное пособие / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 354, [1] с. : ил.				
3	Подготовка к аттестации	1, 2, 3	7	2
: Драгунов В. П. Наноструктуры: физика, технология, применение : учебное пособие / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 354, [1] с. : ил.				

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
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	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 4		
<i>Лекция:</i>	10	20
<i>Практические занятия:</i>	10	20
<i>Контрольные работы:</i>	10	20
Контролирующие материалы приводятся в "Драгунов В. П. Наноструктуры: физика, технология, применение : учебное пособие / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 354, [1] с. : ил."		
<i>РГЗ:</i>	10	20
Контролирующие материалы приводятся в "Драгунов В. П. Наноструктуры: физика, технология, применение : учебное пособие / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 354, [1] с. : ил."		
<i>Зачет:</i>	10	20
Контролирующие материалы приводятся в "Драгунов В. П. Наноструктуры: физика, технология, применение : учебное пособие / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 354, [1] с. : ил."		

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

Таблица 6.2

Коды компетенций ФГОС	Результаты обучения	Формы контроля		
		Контр. раб.	Защита РГЗ	Зачет
ОПК.1	з12. иметь представление о методах статистической физики и термодинамики, используемых для описания классических явлений в газах и твердых телах	+	+	+
	з13. знать основные законы термодинамики и статистические распределения	+	+	+
	у13. уметь использовать фазовое пространство для статистического описания системы частиц	+	+	+
	у14. уметь применять теорему о распределении энергии по степеням свободы	+	+	+
ПК.1	з18. Знать основные положения квантовой механики и статистической физики	+	+	+

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

7. Литература

Основная литература

1. Краснопевцев Е. А. Спецглавы физики. Статистическая физика равновесных систем : [учебное пособие] / Е. А. Краснопевцев. - Новосибирск, 2014. - 385, [1] с. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000213264

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 "Znaniy.com" : <http://znaniy.com/>
5. :

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

1. Драгунов В. П. Наноструктуры: физика, технология, применение : учебное пособие / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 354, [1] с. : ил.

8.2 Специализированное программное обеспечение

1 Microsoft Office

2 Microsoft Windows

9. Материально-техническое обеспечение

Презентационное оборудование

№	Наименование	Назначение
1	Презентационное оборудование (мультимедиа-проектор, экран, компьютер для управления)	используется мультимедиа для проекции лекций на экран

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

Кафедра полупроводниковых приборов и микроэлектроники

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН РЭФ
д.т.н., профессор В.А. Хрусталеv
“ ” _____ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальные главы физики 2

Образовательная программа: 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, профиль:
Нанотехнология

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Специальные главы физики 2 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.1 способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики	з12. иметь представление о методах статистической физики и термодинамики, используемых для описания классических явлений в газах и твердых телах	Основы теории вероятностей Теория вероятностей	Контрольные работы РГЗ	Зачет, вопросы 1-2
ОПК.1	з13. знать основные законы термодинамики и статистические распределения	Большое каноническое распределение Распределения	Контрольные работы РГЗ	Зачет, вопросы 1-4
ОПК.1	у13. уметь использовать фазовое пространство для статистического описания системы частиц	Большое каноническое распределение Распределения	Контрольные работы РГЗ	Зачет, вопросы 6
ОПК.1	у14. уметь применять теорему о распределении энергии по степеням свободы	Большое каноническое распределение Распределения	Контрольные работы РГЗ	Зачет, вопросы 3
ПК.1/НИ способность проводить физико-математическое моделирование исследуемых процессов нанотехнологии и объектов нано- и микросистемной техники с использованием современных компьютерных технологий	з18. Знать основные положения квантовой механики и статистической физики	Большое каноническое распределение Распределения Теория вероятностей	Контрольные работы РГЗ	Зачет, вопросы 6

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 4 семестре - в форме

дифференцированного зачета, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.1, ПК.1/НИ.

Зачет проводится в устной форме, по билетам.

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

В 4 семестре обязательным этапом текущей аттестации являются расчетно-графическое задание (работа) (РГЗ(Р)), контрольная работа. Требования к выполнению РГЗ(Р), контрольной работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ(Р), 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.1, ПК.1/НИ, 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.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра полупроводниковых приборов и микроэлектроники

Паспорт зачета

по дисциплине «Специальные главы физики 2», 4 семестр

1. Методика оценки

Зачет проводится в устной форме, по билетам. Список вопросов приведен ниже. В ходе зачета преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма билета для зачета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет РЭФ

Билет № 1

к зачету по дисциплине «Специальные главы физики 2»

Вопрос 1. Фазовое пространство для идеального газа. Микросостояние и макросостояние. Фазовый ансамбль. Число степеней свободы. Число микросостояний. Плотность микросостояний фазового ансамбля. Теорема Лиувилля.

Утверждаю: зав. кафедрой _____ должность, ФИО
(подпись) (дата)

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет РЭФ

Билет № 2

к зачету по дисциплине «Специальные главы физики 2»

Вопрос 1. Каноническое распределение. Условие применимости. Статистический интеграл. Свободная энергия. Применение к идеальному газу. Статистический интеграл поступательного движения частицы

Утверждаю: зав. кафедрой _____ должность, ФИО
(подпись) (дата)

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет РЭФ

Билет № 3
к зачету по дисциплине «Специальные главы физики 2»

Вопрос 1. Распределение энергии частицы по степеням свободы для гамильтониана со степенными зависимостями. Неустраняемая погрешность измерительного прибора с упругой силой.

Утверждаю: зав. кафедрой _____ должность, ФИО
(подпись) (дата)

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет РЭФ

Билет № 4
к зачету по дисциплине «Специальные главы физики 2»

Вопрос 1. Распределение Максвелла по модулю скорости и по энергии для концентрации частиц газа при температуре T . Наиболее вероятные и средние значения.

Утверждаю: зав. кафедрой _____ должность, ФИО
(подпись) (дата)

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет РЭФ

Билет № 5
к зачету по дисциплине «Специальные главы физики 2»

Вопрос 1. Распределение Больцмана по координатам для числа частиц газа при температуре T во внешнем поле с потенциальной энергией $u(\mathbf{r})$. Формула Больцмана для концентрации частиц в однородном поле тяжести.

Утверждаю: зав. кафедрой _____ должность, ФИО
(подпись) (дата)

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет РЭФ

Билет № 6
к зачету по дисциплине «Специальные главы физики 2»

Вопрос 1. Термодинамические потенциалы. Внутренняя энергия. Химический и электрохимический потенциал. Условие равновесия системы. Химический потенциал и статистический интеграл. Зависимости химического потенциала.

Утверждаю: зав. кафедрой _____ должность, ФИО
(подпись) (дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на билет для зачета считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, допускает принципиальные ошибки, оценка составляет менее 10 баллов.
- Ответ на билет для зачета засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, допускает непринципиальные ошибки, например, вычислительные, оценка составляет 10-12 баллов.
- Ответ на билет для зачета билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок, оценка составляет 13-

17 баллов.

- Ответ на билет для зачета засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики процессов, приводит конкретные примеры, не допускает ошибок, способен обосновать выбор метода решения, оценка составляет 18-20 баллов.

3. Шкала оценки

Зачет считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета оставляет не менее 10 баллов из 20 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 «Специальные главы физики 2»

1. **Фазовое пространство** для идеального газа. Микросостояние и макросостояние. Фазовый ансамбль. Число степеней свободы. Число микросостояний. Плотность микросостояний фазового ансамбля. Теорема Лиувилля.
2. **Каноническое распределение**. Условие применимости. Статистический интеграл. Свободная энергия. Применение к идеальному газу. Статистический интеграл поступательного движения частицы.
3. **Распределение энергии частицы по степеням свободы** для гамильтониана со степенными зависимостями. Неустраняемая погрешность измерительного прибора с упругой силой.
4. **Распределение Максвелла** по модулю скорости и по энергии для концентрации частиц газа при температуре T . Наиболее вероятные и средние значения.
5. **Распределение Больцмана** по координатам для числа частиц газа при температуре T во внешнем поле с потенциальной энергией $u(\mathbf{r})$. Формула Больцмана для концентрации частиц в однородном поле тяжести.
6. **Термодинамические потенциалы**. Внутренняя энергия. Химический и электрохимический потенциал. Условие равновесия системы. Химический потенциал и статистический интеграл. Зависимости химического потенциала.

Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Специальные главы физики 2», 4 семестр

1. Методика оценки

Контрольная работа проводится по теме Статистические распределения, включает 10 заданий. Выполняется письменно.

2. Критерии оценки

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

Контрольная работа считается **невыполненной**, если нет решения задач. Оценка составляет менее 10 баллов.

Работа выполнена на **пороговом** уровне, если есть ошибки в расчете и нет анализа решения. Оценка составляет 10-12 баллов.

Работа выполнена на **базовом** уровне, если нет анализа решения. Оценка составляет 13-17 баллов.

Работа считается выполненной на **продвинутом** уровне, если есть анализ решения. Оценка составляет 18-20 баллов.

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.

4. Пример варианта контрольной работы

1. Для распределения Максвелла $w(x) = \frac{4\pi}{(2\pi a)^3} x^2 e^{-x^2/2a^2}$, где $0 \leq x < \infty$; $a > 0$,

доказать его нормированность и

$$\bar{x} = \sqrt{8/\pi} a, \quad \overline{x^2} = \sqrt{3} a^2.$$

2. Доказать, что угловое распределение математического маятника имеет вид $w(\varphi) = (\pi \sqrt{\varphi_0^2 - \varphi^2})^{-1}$, нормировано, и имеет дисперсию $\overline{(\Delta\varphi)^2} = \frac{1}{2} \varphi_0^2$.

3. Доказать, что флуктуация углового положения математического маятника

$$\delta\varphi = \sqrt{\frac{kT}{mgl}}.$$

4. Доказать, что энергетическая плотность состояний релятивистской частицы с энергией $\varepsilon^2 = c^2 p^2 + c^4 m^2$

$$g(\epsilon, V) = \frac{4\pi V}{(hc)^3} \epsilon \sqrt{\epsilon^2 - c^4 m^2}.$$

5. Для трехмерного газа с $H_1(X) = c|p|$ доказать, что энергетическая плотность состояний

$$g(\epsilon, V) = \frac{4\pi V}{(ch)^3} \epsilon^2.$$

6. Для одномерного и двухмерного газа с $H_1(X) = p^2/2m$ доказать, что энергетическая плотность состояний

$$g(\epsilon, L) = \frac{L\sqrt{2m}}{h} \frac{1}{\sqrt{\epsilon}}, \quad g(\epsilon, S) = \frac{2\pi m S}{h^2}.$$

7. Доказать, что для одномерного газа с $H_1(X) = p^2/2m$ статистический интеграл $Z_1(L, T) = \frac{L}{h} (2\pi m kT)^{1/2}$, для двухмерного газа – $Z_1(S, T) = \frac{S}{h^2} 2\pi m kT$.

8. Для трехмерного газа с $H_1(X) = a|p|^n$, где $a, n > 0$, доказать, что статистический интеграл $Z_1(T, V) = \frac{4\pi V}{nh^3} \Gamma\left(\frac{3}{n}\right) \left(\frac{kT}{a}\right)^{3/n}$. Найти давление газа из N частиц.

Рассмотреть случай $n = 2$.

9. Для атомов трехмерного газа доказать

$$\overline{\epsilon^n} = \frac{(2n+1)(2n)!}{4^n n!} (kT)^n.$$

10. Для атомов трехмерного газа доказать

$$\frac{\delta \epsilon}{\overline{\epsilon}} \equiv \frac{1}{\overline{\epsilon}} (\overline{\epsilon^2} - \overline{\epsilon}^2)^{1/2} = \sqrt{\frac{2}{3}}.$$

Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Специальные главы физики 2», 4 семестр

1. Методика оценки

В рамках расчетно-графического задания по дисциплине студенты должны рассчитать параметры устройства в соответствии с исходными данными.

При выполнении расчетно-графического задания студенты должны провести анализ объекта исследования, выбрать и обосновать диагностические признаки и параметры, выбрать метод описания.

Оцениваемые позиции:

2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если выполнены не все части РГЗ(Р), отсутствует анализ объекта, диагностические признаки не обоснованы, аппаратные средства не выбраны или не соответствуют современным требованиям, оценка составляет менее 10 баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если части РГЗ(Р) выполнены формально: анализ объекта выполнен без декомпозиции, диагностические признаки недостаточно обоснованы, аппаратные средства не соответствуют современным требованиям, оценка составляет 10-12 баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если анализ объекта выполнен в полном объеме, признаки и параметры диагностирования обоснованы, алгоритмы разработаны, но не оптимизированы, аппаратные средства выбраны без достаточного обоснования, оценка составляет 13-17 баллов.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если анализ объекта выполнен в полном объеме, признаки и параметры диагностирования обоснованы, алгоритмы разработаны и оптимизированы, выбор аппаратных средств обоснован, оценка составляет 18-20 баллов.

3. Шкала оценки

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

4. Примерный перечень тем РГЗ

1. Доказать, что энергетическая плотность состояний релятивистской частицы с энергией $\varepsilon^2 = c^2 p^2 + c^4 m^2$
$$g(\varepsilon, V) = \frac{4\pi V}{(hc)^3} \varepsilon \sqrt{\varepsilon^2 - c^4 m^2}.$$
2. Для трехмерного газа с $H_1(X) = c |p|$ доказать, что энергетическая плотность состояний

$$g(\epsilon, V) = \frac{4\pi V}{(ch)^3} \epsilon^2.$$

3. Для одномерного и двухмерного газа с $H_1(X) = p^2 / 2m$ доказать, что энергетическая плотность состояний

$$g(\epsilon, L) = \frac{L\sqrt{2m}}{h} \frac{1}{\sqrt{\epsilon}}, \quad g(\epsilon, S) = \frac{2\pi m S}{h^2}.$$

4. Доказать, что для одномерного газа с $H_1(X) = p^2 / 2m$ статистический интеграл $Z_1(L, T) = \frac{L}{h} (2\pi m kT)^{1/2}$, для двухмерного газа – $Z_1(S, T) = \frac{S}{h^2} 2\pi m kT$.

5. Для трехмерного газа с $H_1(X) = a |p|^n$, где $a, n > 0$, доказать, что статистический интеграл $Z_1(T, V) = \frac{4\pi V}{n h^3} \Gamma\left(\frac{3}{n}\right) \left(\frac{kT}{a}\right)^{3/n}$. Найти давление газа из N частиц.

Рассмотреть случай $n = 2$.

6. Для атомов трехмерного газа доказать

$$\overline{\epsilon^n} = \frac{(2n+1)(2n)!}{4^n n!} (kT)^n.$$

7. Для атомов трехмерного газа доказать

$$\frac{\delta \epsilon}{\overline{\epsilon}} \equiv \frac{1}{\overline{\epsilon}} (\overline{\epsilon^2} - \overline{\epsilon}^2)^{1/2} = \sqrt{\frac{2}{3}}.$$