

Минобрнауки России  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)



УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой  
цифровых технологий  
Кургалин С. Д.  
05.03.2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.О.15 Термодинамика

**1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**

10.05.01 Компьютерная безопасность

**2. Профиль подготовки/специализация:**

Анализ безопасности компьютерных систем, Разработка защищенного программного обеспечения

**3. Квалификация (степень) выпускника:**

Специалитет

**4. Форма обучения:**

Очная

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:**

Кафедра цифровых технологий

**6. Составители программы:**

Крыловецкая Татьяна Алексеевна, кандидат физико-математических наук, доцент

**7. Рекомендована:** протокол НМС ФКН № 5 от 05.03.25

**8. Учебный год:** 2028-2029    **Семестр(ы):** 7

## **9. Цели и задачи учебной дисциплины:**

Целью курса является систематическое изучение основных положений статистической физики и термодинамики.

Задачами учебной дисциплины является формирование у студентов:

- основных законов и положений термодинамики и статистической физики, классических и квантовых распределений;
- умения использовать математический аппарат термодинамики и статистической физики;
- навыков термодинамического и статистического анализа простейших систем.

## **10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:**

Дисциплина относится к базовой части блока Б1. Для успешного освоения необходимо предварительное изучение следующих дисциплин: математический анализ, дифференциальные уравнения.

## **11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников) и индикаторами их достижения:**

Код и название компетенции	Код и название индикатора компетенции	Знания, умения, навыки
ОПК-4 Способен анализировать физическую сущность явлений и процессов, лежащих в основе функционирования микроэлектронной техники, применять основные физические законы и модели для решения задач профессиональной деятельности;	ОПК-4.2 знает основные законы термодинамики и молекулярной физики	основные законы и положения термодинамики и статистической физики; классические и квантовые распределения
ОПК-4 Способен анализировать физическую сущность явлений и процессов, лежащих в основе функционирования микроэлектронной техники, применять основные физические законы и модели для решения задач профессиональной деятельности;	ОПК-4.6 умеет использовать математические модели физических явлений и процессов	умеет использовать математические модели термодинамических явлений

ОПК-4 Способен анализировать физическую сущность явлений и процессов, лежащих в основе функционирования микроэлектронной техники, применять основные физические законы и модели для решения задач профессиональной деятельности;	ОПК-4.7 умеет решать типовые прикладные физические задачи	умеет решать типовые прикладные физические задачи методами статистической физики
ОПК-4 Способен анализировать физическую сущность явлений и процессов, лежащих в основе функционирования микроэлектронной техники, применять основные физические законы и модели для решения задач профессиональной деятельности;	ОПК-4.8 владеет методами исследования физических явлений и процессов	владеет основными методами статистической физики и термодинамики для исследования термодинамических процессов

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час:**

3/108

**Форма промежуточной аттестации:**

Экзамен

**13. Трудоемкость по видам учебной работы**

Вид учебной работы	Семестр 7	Всего
Аудиторные занятия	50	50
Лекционные занятия	34	34
Практические занятия	16	16
Лабораторные занятия		0
Самостоятельная работа	22	22
Курсовая работа		0
Промежуточная аттестация	36	36
Часы на контроль	36	36
<b>Всего</b>	<b>108</b>	<b>108</b>

**13.1. Содержание дисциплины**

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
1. Лекции			

1.1	Введение	<p>Термодинамика и статистическая физика как теория макроскопических систем.</p> <p>Макроскопическое и микроскопическое описание физических систем.</p> <p>Термодинамические системы. Состояние термодинамического равновесия. Равновесные и неравновесные процессы. Абсолютная температура.</p> <p>Уравнение состояния.</p>	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392</a>
-----	----------	--	---

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
1.2	Основные понятия и законы термодинамики	<p>Работа, количество теплоты, внутренняя энергия. Первое начало термодинамики. Второе начало термодинамики. Энтропия. Границы применимости второго начала. Третье начало термодинамики.</p>	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392</a>
1.3	Методы и приложения термодинамики	<p>Метод циклов.</p> <p>Термодинамические потенциалы</p>	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392</a>

1.4	Основные представления статистической физики	Механическое и статистическое описания системы. Статистические ансамбли и функции распределения. Фазовое пространство. Теорема Лиувилля.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392</a>
-----	--	--	---

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
-----	---------------------------------	-------------------------------	--

1.5	Общие методы статистической механики	<p>Микроканоническое распределение.</p> <p>Статистический вес и энтропия. Вывод и истолкование основного уравнения термодинамики.</p> <p>Каноническое распределение Гиббса.</p> <p>Интеграл состояний и свободная энергия.</p> <p>Распределение по энергии. Связь канонического распределения с микроканоническим.</p> <p>Идеальный газ, парадокс Гиббса. Теорема о равномерном распределении кинетической энергии по степеням свободы и теорема о вириале.</p> <p>Квантовое каноническое распределение.</p> <p>Квантовый осциллятор.</p> <p>Постулат Нернста.</p> <p>Недостижимость абсолютного нуля температуры. Системы с переменным числом частиц. Химический потенциал. Большое каноническое распределение. Большая статистическая сумма и термодинамический потенциал.</p>	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392</a>
-----	--------------------------------------	--	---

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
-----	---------------------------------	-------------------------------	--

1.6	Статистическая теория идеальных систем	Идеальный одноатомный газ. Распределение Максвелла и Максвелла-Больцмана.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392</a>
1.7	Теория флуктуаций	Флуктуации основных термодинамических величин. Распределение Гаусса. Использование метода корреляций функции.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392</a>
2. Практические занятия			
2.1	Введение	Термодинамика и статистическая физика как теория макроскопических систем. Макроскопическое и микроскопическое описание физических систем. Термодинамические системы. Состояние термодинамического равновесия. Равновесные и неравновесные процессы. Абсолютная температура. Уравнение состояния.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392</a>

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
-----	---------------------------------	-------------------------------	--

2.2	Основные понятия и законы термодинамики	Работа, количество теплоты, внутренняя энергия. Первое начало термодинамики. Второе начало термодинамики. Энтропия. Границы применимости второго начала. Третье начало термодинамики.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392</a>
2.3	Методы и приложения термодинамики	Метод циклов. Термодинамические потенциалы.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392</a>
2.4	Основные представления статистической физики	Механическое и статистическое описание системы. Статистические ансамбли и функции распределения. Фазовое пространство. Теорема Лиувилля.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392</a>

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
-----	---------------------------------	-------------------------------	--

2.5	Общие методы статистической механики	<p>Микроканоническое распределение.</p> <p>Статистический вес и энтропия. Вывод и истолкование основного уравнения термодинамики.</p> <p>Каноническое распределение Гиббса.</p> <p>Интеграл состояний и свободная энергия.</p> <p>Распределение по энергии. Связь канонического распределения с микроканоническим.</p> <p>Идеальный газ, парадокс Гиббса. Теорема о равномерном распределении кинетической энергии по степеням свободы и теорема о вириале.</p> <p>Квантовое каноническое распределение.</p> <p>Квантовый осциллятор.</p> <p>Постулат Нернста.</p> <p>Недостижимость абсолютного нуля температуры. Системы с переменным числом частиц. Химический потенциал. Большое каноническое распределение. Большая статистическая сумма и термодинамический потенциал.</p>	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392</a>
п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК

2.6	Статистическая теория идеальных систем	Идеальный одноатомный газ. Распределение Максвела и Максвелла-Больцмана.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392</a>
2.7	Теория флюктуаций	Флюктуации основных термодинамических величин. Распределение Гаусса. Использование метода корреляций функции.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392</a>

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Лекционные занятия	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	Всего
1	Практические					
2	Введение	4	2		6	12
3	Основные понятия и законы термодинамики	6	4		4	14
4	Методы и приложения термодинамики	4	2		2	8
5	Основные представления статистической физики	4	2		2	8
6	Общие методы статистической механики	6	2		2	10
7	Статистическая теория идеальных систем	6	2		2	10

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Лекционные занятия	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	Всего
8	Теория флуктуаций	4	2		4	10
		34	16	0	22	72

#### **14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

При изучении дисциплины рекомендуется использовать следующие средства:

- рекомендуемую основную и дополнительную литературу;
- методические указания и пособия;
- контрольные задания для закрепления теоретического материала;
- электронные версии учебников и методических указаний для выполнения практических работ.

Форма организации самостоятельной работы: подготовка к аудиторным занятиям; выполнение домашних заданий; выполнение контрольных работ.

Освоение дисциплины складывается из аудиторной работы (учебной деятельности, выполняемой под руководством преподавателя) и внеаудиторной работы (учебной деятельности, реализуемой обучающимся самостоятельно).

Аудиторная работа состоит из выполнения практических и лабораторных заданий в объёме, предусмотренном учебным планом.

Самостоятельная работа предполагает углублённое изучение отдельных разделов дисциплины с использованием литературы, рекомендованной преподавателем, а также конспектов практических (лабораторных) занятий. В качестве плана для самостоятельной работы может быть использован раздел 13.1 настоящей рабочей программы, в котором зафиксированы разделы дисциплины и их содержание. В разделе 13.2 рабочей программы определяется количество часов, отводимое на самостоятельную работу по каждому разделу дисциплины. Большее количество часов на самостоятельную работу отводится на наиболее трудные разделы дисциплины. Для самостоятельного изучения отдельных разделов дисциплины используется перечень литературы и других ресурсов, перечисленных в пунктах 15 и 16 настоящей рабочей программы.

Успешность освоения дисциплины определяется систематичностью и глубиной аудиторной и внеаудиторной работы обучающегося.

При использовании дистанционных образовательных технологий и электронного обучения выполнять все указания преподавателей, вовремя подключаться к online занятиям, ответственно подходить к заданиям для самостоятельной работы.

#### **15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины**

№ п/п	Источник
1	Аксенова, Е. Н. <i>Общая физика. Термодинамика и молекулярная физика (главы курса)</i> [Электронный ресурс] / Аксенова Е. Н. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2018.— 72 с.— <URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/103058">https://e.lanbook.com/book/103058</a> >.
№ п/п	Источник

2

*Пиралишвили, Ш. А. Молекулярная физика. Термодинамика. Конденсированные состояния [Электронный ресурс] / Пиралишвили Ш. А., Шалагина Е. В., Каляева Н. А., Попкова Е. А. — 2-е изд., доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2017.— 200 с. — <URL:<https://e.lanbook.com/book/91292>>.*

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	<i>Леонтович, М. А. Введение в термодинамику. Статистическая физика / М. А. Леонтович .— Москва : Лань, 2008.— 419 с.—&lt;URL:<a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&amp;pl1_id=226">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&amp;pl1_id=226</a>&gt;.</i>
2	<i>Ансельм, А. И. Основы статистической физики и термодинамики : учеб. пособие / А. И. Ансельм .— Москва : Лань, 2007.— 423 с.—&lt;URL:<a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&amp;pl1_id=692">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&amp;pl1_id=692</a>&gt;.</i>
3	<i>Базаров, И. П. Термодинамика/ И. П. Базаров. — М. : Высш. шк., 1991. — 376 с.</i>
4	<i>Ландау, Л. Д. Статистическая физика. Ч.1/ Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. — М.: Наука, 2002. — 616 с.</i>
5	<i>Румер, Ю. Б. Термодинамика, статистическая физика и кинетика/ Ю. Б. Румер, М. Ш. Рывкин. — Новосибирск: Изд-во Новосибирск. ун-та, 2001. — 608 с.</i>
6	<i>Терлецкий, Я. П. Статистическая физика/ Я. П. Терлецкий. — М.: Высш. шк., 1994. — 350 с.</i>
7	<i>Сборник задач по теоретической физике/ Л. Г. Гречко [и др]. — М. : Высш. шк., 1984. — 319 с.</i>
8	<i>Квасников, И. А. Термодинамика и статистическая физика. Т. 1 : Теория равновесных систем. Термодинамика/ И. А. Квасников. — М. : Едиториал УРСС, 2002. — 240 с.</i>
9	<i>Квасников, И. А. Термодинамика и статистическая физика. Т. 2 : Теория равновесных систем. Статистическая физика / И. А. Квасников. — М.: Едиториал УРСС, 2002. — 432 с.</i>
10	<i>Квасников, И. А. Термодинамика и статистическая физика. Т. 3 : Теория неравновесных систем / И. А. Квасников. — М.: Едиториал УРСС, 2003. — 448 с.</i>
11	<i>Кубо, Р. Статистическая механика/ Р. Кубо. — М.: Мир, 1967. — 452 с.</i>
12	<i>Серова, Ф. Г. Сборник задач по теоретической физике / Серова Ф. Г., А. А. Янкина. — М. : Наука, 1979. — 192 с.</i>

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
1	www.lib.vsu.ru – ЗНБ ВГУ
2	Электронный университет ВГУ <a href="https://edu.vsu.ru">https://edu.vsu.ru</a>
3	ЭБС «Лань» <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
4	«Университетская библиотека online» <a href="https://biblioclub.ru/">https://biblioclub.ru/</a>
5	«Консультант студента» <a href="http://www.studmedlib.ru/">http://www.studmedlib.ru/</a>
6	«РУКОНТ» (ИТС Контекстум) <a href="https://lib.rucont.ru/">https://lib.rucont.ru/</a>

**16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы**

№ п/п	Источник
1	Аксенова, Е. Н. <i>Общая физика. Термодинамика и молекулярная физика (главы курса)</i> [Электронный ресурс] / Аксенова Е. Н. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2018.— 72 с.— <URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/103058">https://e.lanbook.com/book/103058</a> >.
2	Пиралишвили, Ш. А. <i>Молекулярная физика. Термодинамика. Конденсированные состояния</i> [Электронный ресурс] / Пиралишвили Ш. А., Шалагина Е. В., Каляева Н. А., Попкова Е. А. — 2-е изд., доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2017.— 200 с. — <URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/91292">https://e.lanbook.com/book/91292</a> >.
3	Леонтович, М. А. <i>Введение в термодинамику. Статистическая физика</i> / М. А. Леонтович . — Москва : Лань, 2008 . — 419 с.— <URL: <a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&amp;pl1_id=226">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&amp;pl1_id=226</a> >.

**17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение:**

При проведении занятий в дистанционном режиме обучения используются технические и информационные ресурсы Образовательного портала "Электронный университет ВГУ" (<https://edu.vsu.ru>), базирующегося на системе дистанционного обучения Moodle, развернутой в университете, а также другие доступные ресурсы сети Интернет.

**18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

Лекционная аудитория, оснащенная мультимедийным проектором; специализированная мебель: доска меловая или маркерная 1 шт., столы, стулья в необходимом количестве. ОС Windows v.7, 8, 10, набор утилит (архиваторы, файл-менеджеры), LibreOffice v.5-7, Foxit PDF Reader.

**19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций**

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Разделы дисциплины (модули)	Код компетенции	Код индикатора	Оценочные средства для текущей аттестации
1	Разделы 1-8. Введение. Основные понятия и законы термодинамики. Методы и приложения термодинамики. Основные представления статистической физики. Общие методы статистической механики. Статистическая теория идеальных систем. Теория флуктуаций	ОПК-4	ОПК-4.2	Контрольная работа
2	Разделы 1-8. Введение. Основные понятия и законы термодинамики. Методы и приложения термодинамики. Основные представления статистической физики. Общие методы статистической механики. Статистическая теория идеальных систем. Теория флуктуаций	ОПК-4	ОПК-4.6	Контрольная работа
3	Разделы 1-8. Введение. Основные понятия и законы термодинамики. Методы и приложения термодинамики. Основные представления статистической физики. Общие методы статистической механики. Статистическая теория идеальных систем. Теория флуктуаций	ОПК-4	ОПК-4.7	Контрольная работа
4	Разделы 1-8. Введение. Основные понятия и законы термодинамики. Методы и приложения термодинамики. Основные представления статистической физики. Общие методы статистической механики. Статистическая теория идеальных систем. Теория флуктуаций	ОПК-4	ОПК-4.8	Контрольная работа

Промежуточная аттестация

Форма контроля - Экзамен

Оценочные средства для промежуточной аттестации

Комплект КИМ

## **20.1 Текущий контроль успеваемости**

Текущий контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:  
контрольная работа.

Примеры вариантов контрольных работ:

Контрольная работа № 1

Вариант 1 Часть А

1. Как изменяется внутренняя энергия идеального газа при адиабатном расширении?
2. При изотермическом сжатии идеального газа внешними силами совершена работа A над газом. Чему равно количество теплоты Q, полученное газом в этом процессе, и изменение внутренней энергии газа?
3. Получает или отдает теплоту газ, если при уменьшении его внутренней энергии на 100 Дж над ним совершили работу 300 Дж? Чему равно это количество теплоты?
- 4 . Дайте геометрическое толкование количества теплоты, подтвердив его законами термодинамики.
5. За один цикл идеальный газ получил от нагревателя количество теплоты Q<sub>1</sub> , отдал холодильнику количество теплоты Q<sub>2</sub> , совершил работу A и возвратился в исходное состояние.  
Чему равно изменение внутренней энергии газа в результате этих процессов?
6. В каком процессе объем газа линейно увеличивается с ростом температуры?
7. Напишите квантовое распределение Гиббса и условие нормировки для него.
8. Как найти энтропию изотермической системы с постоянным числом частиц?
9. Какое из фазовых распределений описывает изотермическую систему с переменным числом частиц?  
Поясните смысл обозначений.
10. Напишите выражение для функции Гамильтона находящегося во внешнем поле идеального одноатомного газа, состоящего из N частиц.
11. Объясните смысл множителя в выражении для фазового объема.
12. Дайте определение относительной флуктуации.
13. Сформулируйте теорему Лиувилля.
14. Напишите условие нормировки большого канонического распределения.
15. Что является основной расчетной характеристикой адиабатически изолированной системы и почему?

Часть В

1. Метод термодинамических потенциалов: термодинамический потенциал Гиббса.
2. Механическое описание системы. Фазовое пространство.

Часть С

1. Найти связь между теплоемкостями C<sub>P</sub> и C<sub>V</sub> для идеального газа.
2. Для изотермической системы N невзаимодействующих линейных гармонических осцилляторов, помещенной в однородное электрическое поле напряженности E, рассчитать свободную энергию (частоты и заряды осцилляторов одинаковы и равны w и e соответственно). Вариант 2 Часть А
1. Как изменяется внутренняя энергия идеального газа при адиабатном расширении?
2. При изотермическом сжатии идеального газа внешними силами совершена работа A над газом. Чему равно количество теплоты Q, полученное газом в этом процессе, и изменение внутренней энергии газа?
3. Получает или отдает теплоту газ, если при уменьшении его внутренней энергии на 100 Дж над ним совершили работу 300 Дж? Чему равно это количество теплоты?
4. Дайте геометрическое толкование количества теплоты, подтвердив его законами термодинамики.
5. За один цикл идеальный газ получил от нагревателя количество теплоты Q<sub>1</sub> , отдал холодильнику количество теплоты Q<sub>2</sub> , совершил работу A и возвратился в исходное состояние.  
Чему равно изменение внутренней энергии газа в результате этих процессов?
6. В каком процессе объем газа линейно увеличивается с ростом температуры?
7. Напишите квантовое распределение Гиббса и условие нормировки для него.
8. Как найти энтропию изотермической системы с постоянным числом частиц?
9. Какое из фазовых распределений описывает изотермическую систему с переменным числом частиц?  
Поясните смысл обозначений.

10. Напишите выражение для функции Гамильтона находящегося во внешнем поле идеального одноатомного газа, состоящего из  $N$  частиц.
11. Объясните смысл множителя в выражении для фазового объема.
12. Дайте определение относительной флуктуации.
13. Сформулируйте теорему Лиувилля.
14. Напишите условие нормировки большого канонического распределения.
15. Что является основной расчетной характеристикой адиабатически изолированной системы и почему?

Часть В

1. Метод термодинамических потенциалов: энталпия.
2. Статистическое описание системы. Фазовое распределение, его свойства.

Часть С

1. Найти работу идеального газа при изотермическом расширении от  $V_1$  до  $V_2$ .
2. Найти внутреннюю энергию столба идеального газа высотой  $h$  и площадью  $S$ , находящегося в поле тяжести при температуре  $T$ .

Вариант 3 Часть А

1. Как изменяется внутренняя энергия идеального газа при адиабатном расширении?
2. При изотермическом сжатии идеального газа внешними силами совершена работа  $A$  над газом. Чему равно количество теплоты  $Q$ , полученное газом в этом процессе, и изменение внутренней энергии газа?
3. Получает или отдает теплоту газ, если при уменьшении его внутренней энергии на 100 Дж над ним совершили работу 300 Дж? Чему равно это количество теплоты?
4. Дайте геометрическое толкование количества теплоты, подтвердив его законами термодинамики.
5. За один цикл идеальный газ получил от нагревателя количество теплоты  $Q_1$ , отдал холодильнику количество теплоты  $Q_2$ , совершил работу  $A$  и возвратился в исходное состояние.

Чему равно изменение внутренней энергии газа в результате этих процессов?

6. В каком процессе объем газа линейно увеличивается с ростом температуры?
7. Напишите квантовое распределение Гиббса и условие нормировки для него.
8. Как найти энтропию изотермической системы с постоянным числом частиц?
9. Какое из фазовых распределений описывает изотермическую систему с переменным числом частиц?  
Поясните смысл обозначений.

10. Напишите выражение для функции Гамильтона находящегося во внешнем поле идеального одноатомного газа, состоящего из  $N$  частиц.
11. Объясните смысл множителя в выражении для фазового объема.
12. Дайте определение относительной флуктуации.
13. Сформулируйте теорему Лиувилля.
14. Напишите условие нормировки большого канонического распределения.
15. Что является основной расчетной характеристикой адиабатически изолированной системы и почему?

Часть В

1. Общие условия термодинамического равновесия и устойчивости однородной системы на примере изолированной системы.
2. Теорема Лиувилля. Следствия.

Часть С

1. Считая известным уравнение Ван-дер-Ваальса, где  $i$  — постоянные, найти внутреннюю энергию  $E$ .
2. Найти энтропию изолированного одноатомного идеального газа из  $N$  молекул, заключенного в объеме  $V$ .

Описание технологии проведения : контрольная работа проводится в письменной форме. Обучающемуся случайным образом дается один из вариантов. На выполнение предоставляется 2 академических часа.

Требования к выполнению заданий (или шкалы и критерии оценивания): за успешное выполнение заданий из части А дается 2 балла, из частей В и С – 5 баллов. Максимальная оценка за решение заданий из частей В и С ставится, если работа содержит полное, логически обоснованное и аккуратно оформленное решение (изложение теоретического материала), сопровождающееся всеми необходимыми расчетами. При наличии

ошибок и недочетов оценка снижается. Если учащийся допускает грубые ошибки, демонстрируя тем самым непонимание сути проблемы и незнание базового материала, то ставится оценка 0 баллов.

## 20.2 Промежуточная аттестация

Пример контрольно-измерительного материала УТВЕРЖДАЮ  
заведующий кафедрой цифровых технологий

С.Д. Кургалин

\_\_.2021

Направление подготовки / специальность 10.03.01 Информационная безопасность

Дисциплина Б1.О.25 Термодинамика

Форма обучения Очное

Вид контроля Зачет

Вид аттестации Промежуточная

Контрольно-измерительный материал № 1 1.

Метод циклов.

2. Теорема о вириале.

Преподаватель \_\_\_\_\_ Т.А. Крыловецкая

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:  
комплект КИМ. Перечень вопросов:

1. Введение

Термодинамика и статистическая физика как теория макроскопических систем.

Термодинамические системы. Состояние термодинамического равновесия. Равновесные и неравновесные процессы.

Абсолютная температура. Уравнение состояния.

02. Основные понятия и законы термодинамики

Работа, количество теплоты, внутренняя энергия. Первое начало термодинамики. Второе начало термодинамики. Энтропия. Границы применимости второго начала.

Третье начало термодинамики.

03. Методы и приложения термодинамики

Метод циклов.

Метод термодинамических потенциалов.

04. Основные представления статистической физики Механическое и статистическое описание системы.

Статистические ансамбли и функции распределения. Фазовое пространство. Теорема Лиувилля.

05. Общие методы статистической механики Микроканоническое распределение.

Статистический вес и энтропия. Вывод и истолкование основного уравнения термодинамики.

Каноническое распределение Гиббса.

Интеграл состояний и свободная энергия. Распределение по энергии. Связь канонического распределения с микроканоническим.

Идеальный газ, парадокс Гиббса.

Теорема о равномерном распределении кинетической энергии по степеням свободы.

Теорема о вириале.

Квантовое каноническое распределение.

Квантовый осциллятор.

Постулат Нернста. Недостижимость абсолютного нуля температуры.

Системы с переменным числом частиц. Химический потенциал. Большое каноническое распределение.

Большая статистическая сумма и термодинамический потенциал.

06. Статистическая теория идеальных систем

Идеальный одноатомный газ. Распределение Максвелла и Максвелла-Больцмана.

## 07. Теория флюктуаций

Флюктуации основных термодинамических величин.

Распределение Гаусса. Использование метода корреляций функции.

Примеры типовых контрольно-измерительных материалов:

Контрольно-измерительный материал № 1

1. Абсолютная температура. Уравнение состояния.

2. Распределение Гаусса. Использование метода корреляций функции.

Контрольно-измерительный материал № 2 1.

Фазовое пространство. Теорема Лиувилля.

2. Теорема о вириале.

Описание технологии проведения : обучающемуся случайным образом дается один из экзаменационных билетов. Затем на подготовку предоставляется 2 академических часа. За отведенное время обучающийся должен письменно выполнить задания билета. После этого проводится собеседование, в ходе которого могут быть заданы уточняющие и дополнительные вопросы. При успешном ответе на дополнительные вопросы обучающийся может получить от 0 до 10 дополнительных баллов.

Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания. Максимальная оценка за каждый вопрос - 25 баллов. Для оценивания результатов обучения на экзамене используются следующие показатели:

- 1) знание формулировок физических законов и выражающих их математические уравнения;
- 2) знание базовых методов термодинамики и статистической физики;
- 3) умение понимать суть физических законов;
- 4) умение применять физические законы при рассмотрении явлений природы;
- 5) владение навыками на основе имеющихся знаний качественно и количественно описывать изученные физические явления и процессы.

Приведённые ниже задания рекомендуется использовать при проведении диагностических работ для оценки остаточных знаний по дисциплине

## ФОС\_10.05.01 Компьютерная безопасность

top/По умолчанию для ФОС\_10.05.01 Компьютерная безопасность /ОПК-1

top/По умолчанию для ФОС\_10.05.01 Компьютерная безопасность /ОПК-1/ОПК-1\_Электродинамика

top/По умолчанию для ФОС\_10.05.01 Компьютерная безопасность /ОПК-1/ОПК-1\_Электродинамика/ОПК-1\_Электродинамика\_тестовые задания

### тест\_1

Найдите модуль напряженности электростатического поля $\vec{E}$ в точке $\vec{r}=(1, 0, -2)$ , если формула для потенциала имеет вид $\varphi(\vec{r})=x^2\sin(yz)$ .		MC
Балл по умолчанию:		1
Случайный порядок ответов:		Да
Нумеровать варианты ответов?		0
Штраф за каждую неправильную попытку:		33.3
ID-номер:		
#	Ответы	Отзыв
A.	2	100
B.	0	0
C.	1	0
D.	3	0
E.	4	0
F.	5	0
G.	6	0
H.	7	0
Общий отзыв к вопросу:		
Для любого правильного ответа:		Ваш ответ верный.
Для любого неправильного ответа:		Ваш ответ неправильный.
Подсказка 1:		
Показать количество правильных ответов (Подсказка 1):		Нет
Удалить некорректные ответы (Подсказка 1):		Нет
Теги:		
Позволяет выбирать один или несколько правильных ответов из заданного списка. (МС/МА)		

## тест\_10

Частица массой $\$m$ и зарядом $\$q$ движется в однородном электрическом поле $\$E$ . Как изменится интенсивность электрического дипольного излучения, если массу частицы увеличить в 3 раза?			MC
<b>Балл по умолчанию:</b>			1
<b>Случайный порядок ответов:</b>			Да
<b>Нумеровать варианты ответов?</b>			0
<b>Штраф за каждую неправильную попытку:</b>			33.3
<b>ID-номер:</b>			
#	Ответы	Отзыв	Оценка
A.	Увеличится в 3 раза		0
B.	Увеличится в 9 раз		0
C.	Увеличится в 27 раз		0
D.	Увеличится в 81 раз		0
E.	Уменьшится в 3 раза		0
F.	Уменьшится в 9 раз		100
G.	Уменьшится в 27 раз		0
H.	Уменьшится в 81 раз		0
<b>Общий отзыв к вопросу:</b>			
<b>Для любого правильного ответа:</b>			Ваш ответ верный.
<b>Для любого неправильного ответа:</b>			Ваш ответ неправильный.
<b>Подсказка 1:</b>			
<b>Показать количество правильных ответов (Подсказка 1):</b>			Нет
<b>Удалить некорректные ответы (Подсказка 1):</b>			Нет
<b>Теги:</b>			
<i>Позволяет выбирать один или несколько правильных ответов из заданного списка. (MC/MA)</i>			

## тест\_11

Частица массой $\$m$ и зарядом $\$q$ движется со скоростью $\$v$ в однородном магнитном поле $\$B$ . Как изменится интенсивность электрического дипольного излучения, если скорость частицы уменьшить в 2 раза?			MC
<b>Балл по умолчанию:</b>			1
<b>Случайный порядок ответов:</b>			Да
<b>Нумеровать варианты ответов?</b>			0
<b>Штраф за каждую неправильную попытку:</b>			33.3
<b>ID-номер:</b>			
#	Ответы	Отзыв	Оценка

Частица массой $\$m$ и зарядом $\$q$ движется со скоростью $\$v$ в однородном магнитном поле $\$B$ . Как изменится интенсивность электрического дипольного излучения, если скорость частицы уменьшить в 2 раза?		MC
	<b>Балл по умолчанию:</b>	1
	<b>Случайный порядок ответов</b>	Да
	<b>Нумеровать варианты ответов?</b>	0
	<b>Штраф за каждую неправильную попытку:</b>	33.3
	<b>ID-номер:</b>	
#	Ответы	Отзыв
A.	Увеличится в 4 раза	0
B.	Увеличится в 16 раз	0
C.	Увеличится в 64 раза	0
D.	Увеличится в 256 раз	0
E.	Уменьшится в 4 раза	100
F.	Уменьшится в 16 раз	0
G.	Уменьшится в 64 раз	0
H.	Уменьшится в 256 раз	0
<b>Общий отзыв к вопросу:</b>		
<b>Для любого правильного ответа:</b>		Ваш ответ верный.
<b>Для любого неправильного ответа:</b>		Ваш ответ неправильный.
<b>Подсказка 1:</b>		
<b>Показать количество правильных ответов (Подсказка 1):</b>		Нет
<b>Удалить некорректные ответы (Подсказка 1):</b>		Нет
<b>Теги:</b>		
<i>Позволяет выбирать один или несколько правильных ответов из заданного списка. (MC/MA)</i>		

## тест\_12

Частица массой $\$m$ и зарядом $\$q$ движется под действием силы, изменяющейся по закону $\$F(t)=F_0 \exp\{-5t\}$ . Сколько энергии она потратит на дипольное излучение за время $\$t$ от $\$0$ до $\+\infty$ ?		MC
<i>Замечание. Ответ дайте в СГС.</i>		
	<b>Балл по умолчанию:</b>	1
	<b>Случайный порядок ответов</b>	Да
	<b>Нумеровать варианты ответов?</b>	0
	<b>Штраф за каждую неправильную попытку:</b>	33.3
	<b>ID-номер:</b>	
#	Ответы	Отзыв

Частица массой $\$m$ и зарядом $\$q$ движется под действием силы, изменяющейся по закону $\$F(t)=F_0 \exp\{-5t\}$ . Сколько энергии она потратит на дипольное излучение за время $\$t$ от $\$0$ до $\$+\infty$ ?		MC
Замечание. Ответ дайте в СГС.		
<b>Балл по умолчанию:</b> 1		
<b>Случайный порядок ответов:</b> Да		
<b>Нумеровать варианты ответов?</b> 0		
<b>Штраф за каждую неправильную попытку:</b> 33.3		
<b>ID-номер:</b>		
#	Ответы	Отзыв
A.	$\frac{q^2 F_0^2}{15m^2 c^3}$	100
B.	$\frac{q^4 F_0^2}{15m^2 c^3}$	0
C.	$\frac{2q^2 F_0^2}{15m^2 c^3}$	0
D.	$\frac{2q^4 F_0^2}{15m^2 c^3}$	0
E.	$\frac{20q^2 F_0^2}{3m^2 c^3}$	0
F.	$\frac{20q^4 F_0^2}{3m^2 c^3}$	0
G.	$\frac{2q^2 F_0^2}{3m^2 c^3}$	0
H.	$\frac{2q^4 F_0^2}{3m^2 c^3}$	0
<b>Общий отзыв к вопросу:</b>		
<b>Для любого правильного ответа:</b>		Ваш ответ верный.
<b>Для любого неправильного ответа:</b>		Ваш ответ неправильный.
<b>Подсказка 1:</b>		
<b>Показать количество правильных ответов (Подсказка 1):</b>		Нет
<b>Удалить некорректные ответы (Подсказка 1):</b>		Нет
<b>Теги:</b>		
<i>Позволяет выбирать один или несколько правильных ответов из заданного списка. (MC/MA)</i>		

### тест\_13

Частица массой $\$m$ и зарядом $\$q$ движется под действием электрического поля, изменяющегося по закону $\$E(t)=E_0/(1+t)$ . Сколько энергии она потратит на дипольное излучение за время $\$t$ от $\$0$ до $\$1$ ?		MC
Замечание. Ответ дайте в СГС.		

<b>Балл по умолчанию:</b>	1		
<b>Случайный порядок ответов</b>	Да		
<b>Нумеровать варианты ответов?</b>	0		
<b>Штраф за каждую неправильную попытку:</b>	33.3		
<b>ID-номер:</b>			
#	Ответы	Отзыв	Оценка
A.	$\frac{q^2 E_0^2}{3m^2 c^3}$		0
B.	$\frac{q^4 E_0^2}{3m^2 c^3}$		100
C.	$\frac{4q^2 E_0^2}{3m^2 c^3}$		0
D.	$\frac{4q^4 E_0^2}{3m^2 c^3}$		0
E.	$\frac{8q^2 E_0^2}{9m^2 c^3}$		0
F.	$\frac{8q^4 E_0^2}{9m^2 c^3}$		0
G.	$\frac{2q^2 E_0^2}{3m^2 c^3}$		0
H.	$\frac{2q^4 E_0^2}{3m^2 c^3}$		0
<b>Общий отзыв к вопросу:</b>			
<b>Для любого правильного ответа:</b>	Ваш ответ верный.		
<b>Для любого неправильного ответа:</b>	Ваш ответ неправильный.		
<b>Подсказка 1:</b>			
<b>Показать количество правильных ответов (Подсказка 1):</b>	Нет		
<b>Удалить некорректные ответы (Подсказка 1):</b>	Нет		
<b>Теги:</b>			
<i>Позволяет выбирать один или несколько правильных ответов из заданного списка. (MC/MA)</i>			

## тест\_14

Какова емкость конденсатора $C$ , если при амплитуде напряжения 220В на нем возникает ток амплитудой 44А? Частота переменного тока $\nu=50$ Гц.	MC		
<b>Балл по умолчанию:</b>	1		
<b>Случайный порядок ответов</b>	Да		
<b>Нумеровать варианты ответов?</b>	0		
<b>Штраф за каждую неправильную попытку:</b>	33.3		
<b>ID-номер:</b>			
#	Ответы	Отзыв	Оценка

Какова емкость конденсатора $\$\$C\$$ , если при амплитуде напряжения 220В на нем возникает ток амплитудой 44А? Частота переменного тока $\$\$nu=50\$$ Гц.		MC
<b>Балл по умолчанию:</b>		1
<b>Случайный порядок ответов:</b>		Да
<b>Нумеровать варианты ответов?</b>		0
<b>Штраф за каждую неправильную попытку:</b>		33.3
<b>ID-номер:</b>		
#	Ответы	Отзыв
A.	$\$\$frac{1}{500\pi}\$$	100
B.	$\$\$frac{1}{200\pi}\$$	0
C.	$\$\$frac{1}{50\pi}\$$	0
D.	$\$\$frac{1}{2\pi}\$$	0
E.	$\$\$500\pi\$$	0
F.	$\$\$200\pi\$$	0
G.	$\$\$50\pi\$$	0
H.	$\$\$2\pi\$$	0
<b>Общий отзыв к вопросу:</b>		
<b>Для любого правильного ответа:</b>		Ваш ответ верный.
<b>Для любого неправильного ответа:</b>		Ваш ответ неправильный.
<b>Подсказка 1:</b>		
<b>Показать количество правильных ответов (Подсказка 1):</b>		Нет
<b>Удалить некорректные ответы (Подсказка 1):</b>		Нет
<b>Теги:</b>		
<i>Позволяет выбирать один или несколько правильных ответов из заданного списка. (MC/MA)</i>		

## тест\_15

Какова индуктивность катушки $\$\$L\$$ , если при амплитуде напряжения 100В на ней возникает ток амплитудой 20А? Частота переменного тока $\$\$nu=50\$$ Гц.		MC
<b>Балл по умолчанию:</b>		1
<b>Случайный порядок ответов:</b>		Да
<b>Нумеровать варианты ответов?</b>		0
<b>Штраф за каждую неправильную попытку:</b>		33.3
<b>ID-номер:</b>		
#	Ответы	Отзыв

Какова индуктивность катушки $\$L$ , если при амплитуде напряжения 100В на ней возникает ток амплитудой 20А? Частота переменного тока $\$nu=50$ Гц.		MC
	<b>Балл по умолчанию:</b>	1
	<b>Случайный порядок ответов</b>	Да
	<b>Нумеровать варианты ответов?</b>	0
	<b>Штраф за каждую неправильную попытку:</b>	33.3
	<b>ID-номер:</b>	
#	Ответы	Отзыв
A.	$\$frac{1}{50\pi}$	0
B.	$\$frac{1}{20\pi}$	100
C.	$\$frac{1}{5\pi}$	0
D.	$\$frac{1}{2\pi}$	0
E.	$\$50\pi$	0
F.	$\$20\pi$	0
G.	$\$5\pi$	0
H.	$\$2\pi$	0
<b>Общий отзыв к вопросу:</b>		
	<b>Для любого правильного ответа:</b>	Ваш ответ верный.
	<b>Для любого неправильного ответа:</b>	Ваш ответ неправильный.
<b>Подсказка 1:</b>		
	<b>Показать количество правильных ответов (Подсказка 1):</b>	Нет
	<b>Удалить некорректные ответы (Подсказка 1):</b>	Нет
	<b>Теги:</b>	
<i>Позволяет выбирать один или несколько правильных ответов из заданного списка. (MC/MA)</i>		

## тест\_2

Найдите модуль напряженности электростатического поля $\$E$ в точке $\$vec{r}=(3, 0, -4)$ , если формула для потенциала имеет вид $\$varphi(\vec{r})=r^3$ .		MC
	<b>Балл по умолчанию:</b>	1
	<b>Случайный порядок ответов</b>	Да
	<b>Нумеровать варианты ответов?</b>	0
	<b>Штраф за каждую неправильную попытку:</b>	33.3
	<b>ID-номер:</b>	
#	Ответы	Отзыв

Найдите модуль напряженности электростатического поля \$\$E\$\$ в точке \$\$\vec{r}=(3, 0, -4)\$\$, если формула для потенциала имеет вид \$\$\varphi(\vec{r})=r^3\$\$.		MC
Балл по умолчанию:		1
Случайный порядок ответов		Да
Нумеровать варианты ответов?		0
Штраф за каждую неправильную попытку:		33.3
ID-номер:		
#	Ответы	Отзыв
A.	75	100
B.	0	0
C.	20	0
D.	25	0
E.	38	0
F.	41	0
G.	68	0
H.	82	0
<b>Общий отзыв к вопросу:</b>		
<b>Для любого правильного ответа:</b>		Ваш ответ верный.
<b>Для любого неправильного ответа:</b>		Ваш ответ неправильный.
<b>Подсказка 1:</b>		
<b>Показать количество правильных ответов (Подсказка 1):</b>		Нет
<b>Удалить некорректные ответы (Подсказка 1):</b>		Нет
<b>Теги:</b>		
<i>Позволяет выбирать один или несколько правильных ответов из заданного списка. (MC/MA)</i>		

### тест\_3

Заряд $q_1=2$ находится в точке $\vec{r}_1=(-1, -2)$ , заряд $q_2=-4$ находится в точке $\vec{r}_2=(2, -3)$ . Найдите модуль напряженности электростатического поля $E$ в точке $\vec{r}=(2, 2)$ .	MC	
Замечание. Все величины даны в СГС.		
Балл по умолчанию:		1
Случайный порядок ответов		Да
Нумеровать варианты ответов?		0
Штраф за каждую неправильную попытку:		33.3
ID-номер:		
#	Ответы	Отзыв

Заряд $q_1=2$ находится в точке $\vec{r}_1=(-1, -2)$ , заряд $q_2=-4$ находится в точке $\vec{r}_2=(2, -3)$ . Найдите модуль напряженности электростатического поля $E$ в точке $\vec{r}=(2, 2)$ .		MC
Замечание. Все величины даны в СГС.		
<b>Балл по умолчанию:</b> 1		
<b>Случайный порядок ответов:</b> Да		
<b>Нумеровать варианты ответов?</b> 0		
<b>Штраф за каждую неправильную попытку:</b> 33.3		
<b>ID-номер:</b>		
#	Ответы	Отзыв
A.	$\approx 0.11$	100
B.	$\approx 0.07$	0
C.	$\approx 0.13$	0
D.	$\approx 0.21$	0
E.	$\approx 0.24$	0
F.	$\approx 0.35$	0
G.	$\approx 0.42$	0
H.	$\approx 0.78$	0
<b>Общий отзыв к вопросу:</b>		
<b>Для любого правильного ответа:</b> Ваш ответ верный.		
<b>Для любого неправильного ответа:</b> Ваш ответ неправильный.		
<b>Подсказка 1:</b>		
<b>Показать количество правильных ответов (Подсказка 1):</b> Нет		
<b>Удалить некорректные ответы (Подсказка 1):</b> Нет		
<b>Теги:</b>		
<i>Позволяет выбирать один или несколько правильных ответов из заданного списка. (MC/MA)</i>		

#### тест\_4

Заряды $q_1=1$ , $q_2=-2$ , $q_3=3$ , $q_4=-4$ находятся в четырех последовательных вершинах квадрата со стороной $a=2$ . Найдите модуль вектора напряженности $E$ в его центре.		MC
Замечание. Все величины даны в СГС.		
<b>Балл по умолчанию:</b> 1		
<b>Случайный порядок ответов:</b> Да		
<b>Нумеровать варианты ответов?</b> 0		
<b>Штраф за каждую неправильную попытку:</b> 33.3		
<b>ID-номер:</b>		
#	Ответы	Отзыв

Заряды $q_1=1$ , $q_2=-2$ , $q_3=3$ , $q_4=-4$ находятся в четырех последовательных вершинах квадрата со стороной $a=2$ . Найдите модуль вектора напряженности $E$ в его центре. Замечание. Все величины даны в СГС.			MC
<b>Балл по умолчанию:</b> 1			
<b>Случайный порядок ответов:</b> Да			
<b>Нумеровать варианты ответов?</b> 0			
<b>Штраф за каждую неправильную попытку:</b> 33.3			
<b>ID-номер:</b>			
#	Ответы	Отзыв	Оценка
A.	$\approx 1.4$		100
B.	$\approx 0.8$		0
C.	$\approx 0.1$		0
D.	$\approx 2.3$		0
E.	$\approx 2.4$		0
F.	$\approx 3.3$		0
G.	$\approx 4.3$		0
H.	$\approx 5.6$		0
<b>Общий отзыв к вопросу:</b>			
<b>Для любого правильного ответа:</b> Ваш ответ верный.			
<b>Для любого неправильного ответа:</b> Ваш ответ неправильный.			
<b>Подсказка 1:</b>			
<b>Показать количество правильных ответов (Подсказка 1):</b> Нет			
<b>Удалить некорректные ответы (Подсказка 1):</b> Нет			
<b>Теги:</b>			
<i>Позволяет выбирать один или несколько правильных ответов из заданного списка. (MC/MA)</i>			

## тест\_5

Найдите потенциал электростатического поля $\varphi$ в центре диска радиусом $a=3$ , по которому распределен заряд с поверхностной плотностью $\sigma=5$ ( $r$ - расстояние до центра). Замечание. Все величины даны в СГС. Предполагается, что $\varphi \rightarrow 0$ при $r \rightarrow \infty$ .			MC
<b>Балл по умолчанию:</b> 1			
<b>Случайный порядок ответов:</b> Да			
<b>Нумеровать варианты ответов?</b> 0			
<b>Штраф за каждую неправильную попытку:</b> 33.3			
<b>ID-номер:</b>			
#	Ответы	Отзыв	Оценка

Найдите потенциал электростатического поля $\varphi$ в центре диска радиусом $a=3$ , по которому распределен заряд с поверхностной плотностью $\sigma=5$ ( $r$ - расстояние до центра). <span style="float: right;">MC</span>		
Замечание. Все величины даны в СГС. Предполагается, что $\varphi \rightarrow 0$ при $r \rightarrow \infty$ .		
	<b>Балл по умолчанию:</b> 1	
	<b>Случайный порядок ответов:</b> Да	
	<b>Нумеровать варианты ответов?</b> 0	
	<b>Штраф за каждую неправильную попытку:</b> 33.3	
	<b>ID-номер:</b>	
#	Ответы	Отзыв
A.	$45\pi$	100
B.	$23\pi$	0
C.	$31\pi$	0
D.	$56\pi$	0
E.	$37\pi$	0
F.	$70\pi$	0
G.	$100\pi$	0
H.	$108\pi$	0
<b>Общий отзыв к вопросу:</b>		
	<b>Для любого правильного ответа:</b>	Ваш ответ верный.
	<b>Для любого неправильного ответа:</b>	Ваш ответ неправильный.
<b>Подсказка 1:</b>		
	<b>Показать количество правильных ответов (Подсказка 1):</b>	Нет
	<b>Удалить некорректные ответы (Подсказка 1):</b>	Нет
	<b>Теги:</b>	
<i>Позволяет выбирать один или несколько правильных ответов из заданного списка. (МС/МА)</i>		

## тест\_6

Заряд $Q=12$ равномерно распределен по поверхности сферы радиусом $R=10$ . В центр сферы дополнительно помещен заряд величиной $q=8$ . Определите значение напряженности электростатического поля $E$ на расстоянии $r=2$ от центра сферы. <span style="float: right;">MC</span>		
Замечание. Все величины даны в СГС.		
	<b>Балл по умолчанию:</b> 1	
	<b>Случайный порядок ответов:</b> Да	
	<b>Нумеровать варианты ответов?</b> 0	
	<b>Штраф за каждую неправильную попытку:</b> 33.3	
	<b>ID-номер:</b>	
#	Ответы	Отзыв

Заряд $Q=12$ равномерно распределен по поверхности сферы радиусом $R=10$ . В центр сферы дополнительном помещен заряд величиной $q=8$ . Определите значение напряженности электростатического поля $E$ на расстоянии $r=2$ от центра сферы.		MC
<i>Замечание. Все величины даны в СГС.</i>		
	<b>Балл по умолчанию:</b>	1
	<b>Случайный порядок ответов</b>	Да
	<b>Нумеровать варианты ответов?</b>	0
	<b>Штраф за каждую неправильную попытку:</b>	33.3
	<b>ID-номер:</b>	
#	Ответы	Отзыв
A.	2	100
B.	1	0
C.	3	0
D.	4	0
E.	5	0
F.	6	0
G.	7	0
H.	8	0
<b>Общий отзыв к вопросу:</b>		
<b>Для любого правильного ответа:</b>		Ваш ответ верный.
<b>Для любого неправильного ответа:</b>		Ваш ответ неправильный.
<b>Подсказка 1:</b>		
<b>Показать количество правильных ответов (Подсказка 1):</b>		Нет
<b>Удалить некорректные ответы (Подсказка 1):</b>		Нет
<b>Теги:</b>		
<i>Позволяет выбирать один или несколько правильных ответов из заданного списка. (МС/МА)</i>		

## тест\_7

Дана бесконечная плоская плита толщиной $d=3$ . По ней распределен заряд с объемной плотностью $\rho=4$ . Определите значение напряженности электростатического поля $E$ на расстоянии $r=2$ от середины плиты.		MC
<i>Замечание. Все величины даны в СГС.</i>		
	<b>Балл по умолчанию:</b>	1
	<b>Случайный порядок ответов</b>	Да
	<b>Нумеровать варианты ответов?</b>	0
	<b>Штраф за каждую неправильную попытку:</b>	33.3
	<b>ID-номер:</b>	
#	Ответы	Отзыв

Дана бесконечная плоская плита толщиной $d=3$ . По ней распределен заряд с объемной плотностью $\rho=4$ . Определите значение напряженности электростатического поля $E$ на расстоянии $r=2$ от середины плиты.			MC
<i>Замечание. Все величины даны в СГС.</i>			
<b>Балл по умолчанию:</b> 1			
<b>Случайный порядок ответов:</b> Да			
<b>Нумеровать варианты ответов?</b> 0			
<b>Штраф за каждую неправильную попытку:</b> 33.3			
<b>ID-номер:</b>			
#	Ответы	Отзыв	Оценка
A.	$24\pi$		100
B.	$12\pi$		0
C.	$48\pi$		0
D.	$10\pi$		0
E.	$5\pi$		0
F.	$20\pi$		0
G.	$40\pi$		0
H.	$16\pi$		0
<b>Общий отзыв к вопросу:</b>			
<b>Для любого правильного ответа:</b> Ваш ответ верный.			
<b>Для любого неправильного ответа:</b> Ваш ответ неправильный.			
<b>Подсказка 1:</b>			
<b>Показать количество правильных ответов (Подсказка 1):</b> Нет			
<b>Удалить некорректные ответы (Подсказка 1):</b> Нет			
<b>Теги:</b>			
<i>Позволяет выбирать один или несколько правильных ответов из заданного списка. (MC/MA)</i>			

## тест\_8

Заряд $q_1=2$ находится в точке $\vec{r}_1=(-1, -2)$ , заряд $q_2=-4$ находится в точке $\vec{r}_2=(2, -3)$ . Найдите дипольный момент $\vec{d}$ этой системы.			MC
<i>Замечание. Все величины даны в СГС.</i>			
<b>Балл по умолчанию:</b> 1			
<b>Случайный порядок ответов:</b> Да			
<b>Нумеровать варианты ответов?</b> 0			
<b>Штраф за каждую неправильную попытку:</b> 33.3			
<b>ID-номер:</b>			
#	Ответы	Отзыв	Оценка

Заряд $q_1=2$ находится в точке $\vec{r}_1=(-1, -2)$ , заряд $q_2=-4$ находится в точке $\vec{r}_2=(2, -3)$ . Найдите дипольный момент $\vec{d}$ этой системы.		MC
Замечание. Все величины даны в СГС.		
<b>Балл по умолчанию:</b> 1		
<b>Случайный порядок ответов:</b> Да		
<b>Нумеровать варианты ответов?</b> 0		
<b>Штраф за каждую неправильную попытку:</b> 33.3		
<b>ID-номер:</b>		
#	Ответы	Отзыв
A.	$(-10, 8)$	100
B.	$(10, 8)$	0
C.	$(-10, -8)$	0
D.	$(10, -8)$	0
E.	$(-8, 10)$	0
F.	$(8, 10)$	0
G.	$(-8, -10)$	0
H.	$(8, -10)$	0
<b>Общий отзыв к вопросу:</b>		
<b>Для любого правильного ответа:</b> Ваш ответ верный.		
<b>Для любого неправильного ответа:</b> Ваш ответ неправильный.		
<b>Подсказка 1:</b>		
<b>Показать количество правильных ответов (Подсказка 1):</b> Нет		
<b>Удалить некорректные ответы (Подсказка 1):</b> Нет		
<b>Теги:</b>		
<i>Позволяет выбирать один или несколько правильных ответов из заданного списка. (MC/МА)</i>		

## тест\_9

Электростатическое поле на большом расстоянии $r$ от некоторой системы зарядов описывается приближенной формулой $\varphi(\vec{r}) \approx \frac{8}{r} + \frac{12x-5y}{r^3}.$ Определите модуль ее дипольного момента $d.$		MC
Замечание. Все величины даны в СГС.		
<b>Балл по умолчанию:</b> 1		
<b>Случайный порядок ответов:</b> Да		
<b>Нумеровать варианты ответов?</b> 0		
<b>Штраф за каждую неправильную попытку:</b> 33.3		
<b>ID-номер:</b>		
#	Ответы	Отзыв

Электростатическое поле на большом расстоянии $\$r\$$ от некоторой системы зарядов описывается приближенной формулой $\$\$varphi(\vec{r}) \approx \frac{8}{r} + \frac{12x-5y}{r^3}\$$.Определите модуль ее дипольного момента \$d\$.Замечание. Все величины даны в СГС.$		MC
<b>Балл по умолчанию:</b> 1		
<b>Случайный порядок ответов:</b> Да		
<b>Нумеровать варианты ответов?</b> 0		
<b>Штраф за каждую неправильную попытку:</b> 33.3		
<b>ID-номер:</b>		
#	Ответы	Отзыв
A.	$\$13\$$	100
B.	$\$7\$$	0
C.	$\$3\$$	0
D.	$\$12\$$	0
E.	$\$5\$$	0
F.	$\$8\$$	0
G.	$\$16\$$	0
H.	$\$15\$$	0
<b>Общий отзыв к вопросу:</b>		
<b>Для любого правильного ответа:</b> Ваш ответ верный.		
<b>Для любого неправильного ответа:</b> Ваш ответ неправильный.		
<b>Подсказка 1:</b>		
<b>Показать количество правильных ответов (Подсказка 1):</b> Нет		
<b>Удалить некорректные ответы (Подсказка 1):</b> Нет		
<b>Теги:</b>		
<i>Позволяет выбирать один или несколько правильных ответов из заданного списка. (MC/MA)</i>		

**top/По умолчанию для ФОС\_10.05.01 Компьютерная безопасность /ОПК-1/ОПК-1\_Электродинамика/ОПК-1\_Электродинамика\_задания с коротким ответом**

### **короткий\_1**

По диску радиусом $R = 1$ распределен заряд с поверхностной плотностью $\sigma = 3r/\pi$ , где $r$ – расстояние до центра диска. Определите его полный заряд. Все величины даны в СГС.	SA
--	----

<b>Балл по умолчанию:</b>	2
<b>Чувствительность к регистру:</b>	Нет
<b>Штраф за каждую неправильную попытку:</b>	33.3
<b>ID-номер:</b>	
<b>Ответы</b>	<b>Отзыв</b>
2	
<b>Общий отзыв к вопросу:</b>	
<b>Подсказка 1:</b>	
<b>Теги:</b>	
<i>Вам необходимо указать хотя бы один возможный ответ. Пустые ответы не будут использоваться. Символ «*» можно использовать в качестве шаблона, соответствующего любым символам. Первый подходящий ответ будет использоваться для определения оценки и отзыва.</i>	

## короткий\_2

Поток вектора напряженности <b>E</b> электростатического поля в сторону внешней нормали через некоторую замкнутую поверхность равен 12п. Какой суммарный заряд находится внутри этой поверхности? Все величины даны в СГС.	SA
<b>Балл по умолчанию:</b>	2
<b>Чувствительность к регистру:</b>	Нет
<b>Штраф за каждую неправильную попытку:</b>	33.3
<b>ID-номер:</b>	
<b>Ответы</b>	<b>Отзыв</b>
3	
<b>Общий отзыв к вопросу:</b>	
<b>Подсказка 1:</b>	
<b>Теги:</b>	
<i>Вам необходимо указать хотя бы один возможный ответ. Пустые ответы не будут использоваться. Символ «*» можно использовать в качестве шаблона, соответствующего любым символам. Первый подходящий ответ будет использоваться для определения оценки и отзыва.</i>	

## короткий\_3

Во сколько раз увеличится магнитный момент квадратного контура с током, если его сторону увеличить в 5 раз?	SA
---	----

<b>Балл по умолчанию:</b>	2
<b>Чувствительность к регистру:</b>	Нет
<b>Штраф за каждую неправильную попытку:</b>	33.3
<b>ID-номер:</b>	
<b>Ответы</b>	<b>Отзыв</b>
25	
<b>Общий отзыв к вопросу:</b>	
<b>Подсказка 1:</b>	
<b>Теги:</b>	
<i>Вам необходимо указать хотя бы один возможный ответ. Пустые ответы не будут использоваться. Символ «*» можно использовать в качестве шаблона, соответствующего любым символам. Первый подходящий ответ будет использоваться для определения оценки и отзыва.</i>	

#### короткий\_4

Некоторая электрическая цепь постоянного тока содержит 12 узлов. Сколько независимых уравнений можно составить для этих узлов, пользуясь правилами Кирхгофа?	SA
<b>Балл по умолчанию:</b>	2
<b>Чувствительность к регистру:</b>	Нет
<b>Штраф за каждую неправильную попытку:</b>	33.3
<b>ID-номер:</b>	
<b>Ответы</b>	<b>Отзыв</b>
11	
<b>Общий отзыв к вопросу:</b>	
<b>Подсказка 1:</b>	
<b>Теги:</b>	
<i>Вам необходимо указать хотя бы один возможный ответ. Пустые ответы не будут использоваться. Символ «*» можно использовать в качестве шаблона, соответствующего любым символам. Первый подходящий ответ будет использоваться для определения оценки и отзыва.</i>	

**top/По умолчанию для ФОС\_10.05.01 Компьютерная безопасность /ОПК-1/ОПК-1\_Электродинамика/ОПК-1\_Электродинамика\_задания с развернутым ответом**

#### развернутый\_1

Система уравнений Максвелла в вакууме (в дифференциальном виде).	ES
--	----

<b>Балл по умолчанию:</b>	3
<b>Формат ответа:</b>	HTML-редактор
<b>Требовать текст:</b>	Нет
<b>Размер поля:</b>	15
<b>Разрешить вложения:</b>	1
<b>Требуемое число вложений:</b>	0
<b>Разрешенные типы файлов:</b>	
<b>ID-номер:</b>	
<b>Шаблон ответа</b>	<b>Информация для оценивающих</b>
<b>Общий отзыв к вопросу:</b>	
<b>Теги:</b>	
<i>Допускает в ответе загрузить файл и/или ввести текст. Ответ должен быть оценен преподавателем вручную.</i>	

## развернутый\_2

Система уравнений Максвелла в среде в ВЕHD-форме (в дифференциальном виде).	<i>ES</i>
<b>Балл по умолчанию:</b>	3
<b>Формат ответа:</b>	HTML-редактор
<b>Требовать текст:</b>	Нет
<b>Размер поля:</b>	15
<b>Разрешить вложения:</b>	1
<b>Требуемое число вложений:</b>	0
<b>Разрешенные типы файлов:</b>	
<b>ID-номер:</b>	
<b>Шаблон ответа</b>	<b>Информация для оценивающих</b>
<b>Общий отзыв к вопросу:</b>	
<b>Теги:</b>	
<i>Допускает в ответе загрузить файл и/или ввести текст. Ответ должен быть оценен преподавателем вручную.</i>	

## развернутый\_3

Уравнения Максвелла для электростатического поля в вакууме (в дифференциальном виде). Потенциал электростатического поля.	<i>ES</i>
---	-----------

<b>Балл по умолчанию:</b>	3
<b>Формат ответа:</b>	HTML-редактор
<b>Требовать текст:</b>	Нет
<b>Размер поля:</b>	15
<b>Разрешить вложения:</b>	1
<b>Требуемое число вложений:</b>	0
<b>Разрешенные типы файлов:</b>	
<b>ID-номер:</b>	
<b>Шаблон ответа</b>	<b>Информация для оценивающих</b>
<b>Общий отзыв к вопросу:</b>	
<b>Теги:</b>	
<i>Допускает в ответе загрузить файл и/или ввести текст. Ответ должен быть оценен преподавателем вручную.</i>	

## развернутый\_4

Уравнения Максвелла для постоянного магнитного поля в вакууме (в дифференциальном виде). Векторный потенциал.	ES
<b>Балл по умолчанию:</b>	3
<b>Формат ответа:</b>	HTML-редактор
<b>Требовать текст:</b>	Нет
<b>Размер поля:</b>	15
<b>Разрешить вложения:</b>	1
<b>Требуемое число вложений:</b>	0
<b>Разрешенные типы файлов:</b>	
<b>ID-номер:</b>	
<b>Шаблон ответа</b>	<b>Информация для оценивающих</b>
<b>Общий отзыв к вопросу:</b>	
<b>Теги:</b>	
<i>Допускает в ответе загрузить файл и/или ввести текст. Ответ должен быть оценен преподавателем вручную.</i>	

Для оценивания результатов обучения на экзамене используется 4-балльная шкала:

«отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» Критерии

оценивания

Шкала оценок

Средний балл по результатам текущих аттестаций в сумме с оценкой за экзаменационную работу и дополнительными баллами лежит в диапазоне 90–100.

**Отлично**

Средний балл по результатам текущих аттестаций в сумме с оценкой за экзаменационную работу и дополнительными баллами лежит в диапазоне 70–89.

**Хорошо**

Средний балл по результатам текущих аттестаций в сумме с оценкой за экзаменационную работу и дополнительными баллами лежит в диапазоне 50–69.

**Удовлетворительно**

Средний балл по результатам текущих аттестаций в сумме с оценкой за экзаменационную работу и дополнительными баллами меньше 50.

**Неудовлетворительно**