

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: ЧУМАЧЕНКО ТАТЬЯНА АЛЕКСАНДРОВНА
Должность: РЕКТОР
Дата подписания: 24.06.2022 11:44:40
Уникальный программный ключ:
9c9f7aaffa4840d284abe156657b8f85432bdb16



МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГУМАНИТАРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ЮУрГГПУ»)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Шифр	Наименование дисциплины (модуля)
Б1.В	Основы теоретической физики (статистическая физика и термодинамика)

Код направления подготовки	44.03.05
Направление подготовки	Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)
Наименование (я) ОПОП (направленность / профиль)	Физика. Математика
Уровень образования	бакалавр
Форма обучения	очная

Разработчики:

Должность	Учёная степень, звание	Подпись	ФИО
Доцент	кандидат физико-математических наук, доцент		Свирская Людмила Моисеевна

Рабочая программа рассмотрена и одобрена (обновлена) на заседании кафедры (структурного подразделения)

Кафедра	Заведующий кафедрой	Номер протокола	Дата протокола	Подпись
Кафедра физики и методики обучения физике	Беспаль Ирина Ивановна	10	15.06.2019	
Кафедра физики и методики обучения физике	Беспаль Ирина Ивановна	1	10.09.2020	

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Пояснительная записка	3
2. Трудоемкость дисциплины (модуля) и видов занятий по дисциплине (модулю)	5
3. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий	6
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	11
5. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)	12
6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	18
7. Перечень образовательных технологий	20
8. Описание материально-технической базы	21

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

1.1 Дисциплина «Основы теоретической физики (статистическая физика и термодинамика)» относится к модулю части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 «Дисциплины/модули» основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)» (уровень образования бакалавр). Дисциплина является дисциплиной по выбору.

1.2 Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 час.

1.3 Изучение дисциплины «Основы теоретической физики (статистическая физика и термодинамика)» основано на знаниях, умениях и навыках, полученных при изучении обучающимися следующих дисциплин: «Математическая физика», «Математический анализ», «Общая и экспериментальная физика (квантовая физика)», «Общая и экспериментальная физика (механика)», «Общая и экспериментальная физика (молекулярная)», «Основы теоретической физики (квантовая механика)», «Основы теоретической физики (классическая механика)», «Основы теоретической физики (СТО)», «Основы теоретической физики (электродинамика)».

1.4 Дисциплина «Основы теоретической физики (статистическая физика и термодинамика)» формирует знания, умения и компетенции, необходимые для освоения следующих дисциплин: «выполнение и защита выпускной квалификационной работы», «История физики», «Основы теоретической физики (физика атомного ядра и элементарных частиц)», «Основы теоретической физики (физика твердого тела)», «подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена».

1.5 Цель изучения дисциплины:

последовательное описание тепловой формы движения материи на основе сочетания феноменологического (термодинамического) и микроскопического (статистического) методов

1.6 Задачи дисциплины:

- 1) формирование основных понятий и представлений статистической термодинамики;
- 2) ознакомление студентов с основными методами этой науки и их использованием для решения ряда конкретных задач;
- 3) создание базы для изучения последующих разделов курса теоретической физики;
- 4) обсуждение практических приложений статистической физики (СФ) и термодинамики (ТД);
- 5) создание прочного теоретического фундамента в подготовке квалифицированного учителя физики.

1.7 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы:

№ п/п	Код и наименование компетенции по ФГОС
	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ПК-1 способен осваивать и использовать базовые научно-теоретические знания и практические умения по преподаваемому предмету в профессиональной деятельности
	ПК.1.1 Знает содержание, особенности и современное состояние, понятия и категории, тенденции развития соответствующей профилю научной (предметной) области; закономерности, определяющие место соответствующей науки в общей картине мира; принципы проектирования и реализации общего и (или) дополнительного образования по предмету в соответствии с профилем обучения
	ПК.1.2 Умеет применять базовые научно-теоретические знания по предмету и методы исследования в предметной области; осуществляет отбор содержания, методов и технологий обучения предмету (предметной области) в различных формах организации образовательного процесса
	ПК.1.3 Владеет практическими навыками в предметной области, методами базовых научно-теоретических представлений для решения профессиональных задач

№ п/п	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Образовательные результаты по дисциплине
1	ПК.1.1 Знает содержание, особенности и современное состояние, понятия и категории, тенденции развития соответствующей профилю научной (предметной) области; закономерности, определяющие место соответствующей науки в общей картине мира; принципы проектирования и реализации общего и (или) дополнительного образования по предмету в соответствии с профилем обучения	3.1 1.1 основные понятия, принципы, законы и уравнения статистической термодинамики, этапы её становления и развития; границы применимости законов ТД

2	ПК.1.2 Умеет применять базовые научно-теоретические знания по предмету и методы исследования в предметной области; осуществляет отбор содержания, методов и технологий обучения предмету (предметной области) в различных формах организации образовательного процесса	У.1 анализировать содержание физических теорий и законов, вскрывать физический смысл содержащихся в них уравнений и соотношений; устанавливать взаимосвязь термодинамики и статистики, вскрывать микроскопический смысл термодинамических параметров и законов
3	ПК.1.3 Владеет практическими навыками в предметной области, методами базовых научно-теоретических представлений для решения профессиональных задач	В.1 методами решения задач с применением равновесных статистических распределений и законов термодинамики; способами изложения изучаемых вопросов на доступном для обучающихся уровне

2. ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) И ВИДОВ ЗАНЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Наименование раздела дисциплины (темы)	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Итого часов
	Л	ЛЗ	ПЗ	СРС	
Итого по дисциплине	38	16	8	46	108
Первый период контроля					
<i>Основы статистической физики равновесных систем</i>	<i>18</i>	<i>4</i>	<i>8</i>	<i>14</i>	<i>44</i>
Равновесные статистические распределения	10		4	8	22
Статистика идеальных газов	8	4	4	6	22
Статистическая термодинамика	20	12		32	64
Начала термодинамики и их статистическое обоснование	16	8		16	40
Вырожденные ферми- и бозе-газы. Флуктуации и неравновесные процессы	4	4		16	24
Итого по видам учебной работы	38	16	8	46	108
Форма промежуточной аттестации					
Экзамен					36
Итого за Первый период контроля					144

3. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ), СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

3.1 Лекции

Наименование раздела дисциплины (модуля)/ Тема и содержание	Трудоемкость (кол-во часов)
1. Основы статистической физики равновесных систем <i>Формируемые компетенции, образовательные результаты:</i> ПК-1: 3.1 (ПК.1.1), У.1 (ПК.1.2), В.1 (ПК.1.3)	18
1.1. Равновесные статистические распределения Лекция 1. Два метода исследования макроскопических процессов: феноменологическая термодинамика и статистическая физика. 1. Место и роль статистической термодинамики на карте науки. 2. Функция статистического распределения в фазовом пространстве. Метод ансамблей Гиббса. Лекция 2. Теорема Лиувилля. Понятие о равновесном статистическом распределении. 1. Теорема Лиувилля. 2. Виды равновесных статистических распределений. 3. Флуктуации энергии и числа частиц в макросистемах. 4. Микроканоническое распределение в классической и квантовой статистике. Лекция 3. Статистическое определение энтропии 1. Энтропия в термодинамике. 2. Принцип Больцмана. 3. Энтропия как функция статистического распределения. 4. Энтропия и информация. Лекция 4. Каноническое распределение Гиббса 1. Теорема Гиббса. 2. Интеграл состояний в классической статистике и его связь со свободной энергией. 3. Связь термодинамических функций со статистическим интегралом. 4. Каноническое распределение в квантовой статистике. Лекция 5. Большое каноническое распределение 1. Каноническое распределение Гиббса для систем с переменным числом частиц. 2. Химический потенциал. 3. Большая статистическая сумма и большой термодинамический потенциал. Учебно-методическая литература: 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9	10
1.2. Статистика идеальных газов Лекция 6. Статистика идеального классического газа 1. Распределение Максвелла – Больцмана. 2. Распределение Максвелла. 3. Распределение Больцмана. Барометрическая формула. Лекция 7. Квантовые статистики идеального газа 1. Распределение Ферми - Дирака. 2. Распределение Бозе - Эйнштейна. 3. Промежуточная квантовая статистика Джентиле. Лекция 8. Сопоставление классической и квантовых статистик. Критерий вырождения 1. Сопоставление статистик Ферми-Дирака, Бозе-Эйнштейна и Максвелла-Больцмана. 2. Критерий вырождения. 3. Примеры вырожденных ферми- и бозе-систем. Лекция 9. Теорема о равномерном распределении энергии по степеням свободы. Теплоемкость идеальных газов 1. Теорема классической статистики о равномерном распределении энергии по степеням свободы. 2. Классическая теория теплоемкости одноатомных и двухатомных газов. 3. Квантовая теория теплоемкости одноатомных и двухатомных газов. Учебно-методическая литература: 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9	8
2. Статистическая термодинамика <i>Формируемые компетенции, образовательные результаты:</i> ПК-1: 3.1 (ПК.1.1), У.1 (ПК.1.2), В.1 (ПК.1.3)	20

<p>2.1. Начала термодинамики и их статистическое обоснование</p> <p>Лекция 10. Внутренняя энергия, теплота, работа. Первое начало термодинамики</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Описание макросистемы с помощью термодинамических параметров. 2. Внутренняя энергия, теплота, работа и их микроскопический смысл. 3. Первое начало термодинамики как количественное выражение закона сохранения и превращения энергии <p>Лекция 11. Нулевое начало термодинамики. Абсолютные отрицательные температуры в неравновесных системах</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Термодинамическое определение температуры. 2. Нулевое начало термодинамики. 3. Абсолютные отрицательные температуры в неравновесных системах. 4. Границы применимости молекулярно-кинетического определения температуры. 5. Абсолютный нуль температуры как температура, соответствующая наименьшему возможному значению энергии. <p>Лекция 12. Уравнения основных термодинамических процессов</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Термическое и калорическое уравнения состояния. 2. Уравнения основных термодинамических процессов. 3. Теплота и работа в различных термодинамических процессах. <p>Лекции 13. Второе начало термодинамики</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Общие замечания и различные формулировки второго закона термодинамики. 2. Второе начало термодинамики для обратимых процессов. Основное термодинамическое тождество. 3. Цикл Карно. Теоремы Карно. <p>Лекции 14. Второе начало термодинамики и энтропия</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Второй закон термодинамики для необратимых процессов. 2. Закон возрастания энтропии в изолированной системе 3. Статистический смысл второго закона термодинамики. 4. Критика концепции тепловой смерти Вселенной. <p>Лекция 15. Метод термодинамических потенциалов</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Термодинамические функции и их свойства. 2. Соотношения взаимности Максвелла. 3. Зависимость термодинамических функций от числа частиц. Химический потенциал. <p>Лекция 16. Третье начало термодинамики</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Тепловая теорема Нернста. 2. Третье начало термодинамики в формулировке Планка. 3. Статистическое обоснование третьего закона термодинамики. 4. Недостижимость абсолютного нуля температуры. Получение сверхнизких температур с помощью лазерного и испарительного охлаждения. <p>Лекция 17. Равновесие фаз и фазовые переходы</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Условия равновесия фаз. 2. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. 3. Фазовые переходы I и II рода. <p>Учебно-методическая литература: 1, 2, 3, 4, 6, 7</p>	16
<p>2.2. Вырожденные ферми- и бозе-газы. Флуктуации и неравновесные процессы</p> <p>Лекция 18. Электроны в металле как вырожденный ферми-газ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Статистика Ферми-Дирака для свободных электронов металла. 2. Плотность состояний, энергия Ферми, температура Ферми. 3. Уравнение состояния фермьевского газа, квантово-механическое давление. 4. Теплоемкость электронного газа. <p>Лекция 19. Явление конденсации в вырожденном бозе-газе</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Химический потенциал бозе-газа. 2. Работа А. Эйнштейна 1924 г. 3. Явление бозе-эйнштейновской конденсации. 4. Теплоемкость и давление идеального бозе-газа. <p>Учебно-методическая литература: 1, 2, 4, 8</p>	4

3.2 Лабораторные

Наименование раздела дисциплины (модуля)/ Тема и содержание	Трудоемкость (кол-во часов)
<i>1. Основы статистической физики равновесных систем</i>	4

Формируемые компетенции, образовательные результаты:

ПК-1: 3.1 (ПК.1.1), У.1 (ПК.1.2), В.1 (ПК.1.3)

1.1. Статистика идеальных газов Занятие 1. Электрические и магнитные моменты идеального газа 1. Определение поляризации диэлектрика в состоянии статистического равновесия. Функция Ланжевена. 2. Намагниченность парамагнетика с невзаимодействующими магнитными моментами в состоянии статистического равновесия. 3. Теорема классической статистики Ван-Леевен-Терлецкого. Занятие 2. Применение распределения Максвелла и Больцмана для расчета конкретных систем Контрольная работа № 1 Учебно-методическая литература: 1, 2, 4, 7, 8	4
2. Статистическая термодинамика	12
Формируемые компетенции, образовательные результаты:	
ПК-1: 3.1 (ПК.1.1), У.1 (ПК.1.2), В.1 (ПК.1.3)	
2.1. Начала термодинамики и их статистическое обоснование Занятие 3. Энтропия 1. Метод ячеек Больцмана. 2. Демон Максвелла. Вычисление энтропии изолированной системы в условиях парадокса Максвелла, доказательство незыблемости II начала термодинамики. Занятие 4. Энтропия и необратимость в макросистемах 1. Парадокс Гиббса. Вычисление энтропии при смешении газов. 2. Необратимость в макросистемах. 3. Молекулярный хаос. Занятие 5. Равновесное излучение как фотонный газ 1. Калорическое уравнение состояния для равновесного излучения. Недостаточность термодинамического метода. 2. Статистическое описание равновесного излучения. Спектральная плотность энергии и закон Стефана-Больцмана. 3. Энтропия и теплоемкость равновесного излучения. Уравнение адиабатического процесса. 4. Термодинамические потенциалы и химический потенциал фотонного газа. Занятие 6. Неидеальный классический газ 1. Статистический интеграл реального газа. 2. Приближение парных взаимодействий. 3. Давление реального газа. Физический смысл постоянных Ван-дер-Ваальса в приближении твердых шаров. 4. Зависимость внутренней энергии реального газа от его объема. Учебно-методическая литература: 1, 2, 3, 4, 6	8
2.2. Вырожденные ферми- и бозе-газы. Флуктуации и неравновесные процессы Занятие 7. Вырожденный ферми-газ 1. Зависимость кинетической энергии нерелятивистского ферми – газа от размеров занимаемой области при $T=0$. 2. Определение равновесного значения радиуса гравитирующего шара «холодного» нерелятивистского газа фермионов. 3. Расчет характеристик нейтронной звезды, состоящей из «холодного» вырожденного газа нейтронов. 4. Определение энергии Ферми в случае ультрарелятивистских фермионов. 5. Критическое значение массы. Предел Чандraseкара. 6. Определение температуры Ферми электронного газа в металле. Занятие 8. Контрольная работа № 2 1. Вычисление к.п.д. тепловых машин. 2. Энтропия в различных термодинамических процессах. 3. Определение критерия вырождения электронного газа в металле. Учебно-методическая литература: 1, 2, 4, 8, 9	4

3.3 Практические

Наименование раздела дисциплины (модуля)/ Тема и содержание	Трудоемкость (кол-во часов)
1. Основы статистической физики равновесных систем	8
Формируемые компетенции, образовательные результаты: ПК-1: 3.1 (ПК.1.1), У.1 (ПК.1.2), В.1 (ПК.1.3)	
1.1. Равновесные статистические распределения Занятие 1. Фазовое пространство. Теорема Лиувилля 1. Определение фазовых траекторий и фазовых объемов. 2. Теорема Лиувилля для упругого соударения двух частиц. Занятие 2. Каноническое распределение Гиббса 1. Связь средней энергии со статистическим интегралом. Флуктуации энергии. 2. Выражение энтропии, свободной энергии, давления, теплоемкости через статистический интеграл. Учебно-методическая литература: 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9	4
1.2. Статистика идеальных газов Занятие 3. Распределение Maxwella 1. Определение наиболее вероятной, средней и среднеквадратичной скоростей частиц идеального газа. 2. Вычисление числа частиц, скорости которых заключены в определенных интервалах значений. Интеграл ошибок. 3. Определение среднего числа соударений со стенкой частиц идеального газа. Занятие 4. Распределение Больцмана 1. Функция распределения Больцмана для идеального классического газа во вращающемся цилиндре. 2. Зависимость концентрации частиц от расстояния до оси вращения. 3. Распределение Больцмана в поле силы тяжести. Учебно-методическая литература: 1, 2, 3, 4, 7, 8	4

3.4 СРС

Наименование раздела дисциплины (модуля)/ Тема для самостоятельного изучения	Трудоемкость (кол-во часов)
1. Основы статистической физики равновесных систем	14
Формируемые компетенции, образовательные результаты: ПК-1: 3.1 (ПК.1.1), У.1 (ПК.1.2), В.1 (ПК.1.3)	
1.1. Равновесные статистические распределения Задание для самостоятельного выполнения студентом: 1. Выполнение домашних заданий. 2. Подготовка к коллоквиуму №1. 3. Выполнение заданий СРС №1. 4. Подготовка к контрольной работе №1. Учебно-методическая литература: 1, 2, 3, 4, 5, 9 Профессиональные базы данных и информационные справочные системы: 1	8
1.2. Статистика идеальных газов Задание для самостоятельного выполнения студентом: 1. Выполнение домашних заданий. 2. Подготовка к коллоквиуму №1. 3. Выполнение заданий СРС №1. 4. Подготовка к контрольной работе № 1. Учебно-методическая литература: 1, 2, 3, 4, 7, 8 Профессиональные базы данных и информационные справочные системы: 1	6
2. Статистическая термодинамика	
Формируемые компетенции, образовательные результаты: ПК-1: 3.1 (ПК.1.1), У.1 (ПК.1.2), В.1 (ПК.1.3)	

<p>2.1. Начала термодинамики и их статистическое обоснование</p> <p>Задание для самостоятельного выполнения студентом:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Выполнение домашних заданий. 2. Подготовка к коллоквиуму №2. 3. Выполнение СРС № 2. 4. Подготовка к контрольной работе № 2. <p>Учебно-методическая литература: 1, 2, 3, 4, 6 Профессиональные базы данных и информационные справочные системы: 1</p>	16
<p>2.2. Вырожденные ферми- и бозе-газы. Флуктуации и неравновесные процессы</p> <p>Задание для самостоятельного выполнения студентом:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Выполнение заданий СРС № 3. 2. Подготовка к коллоквиуму № 3. 3. Подготовка к контрольной работе № 2. 4. Выполнение компьютерных экспериментов. <p>Учебно-методическая литература: 1, 2, 4, 8, 9, 10, 11, 12 Профессиональные базы данных и информационные справочные системы: 1</p>	16

4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Ссылка на источник в ЭБС
Основная литература		
1	Василевский А.С. Термодинамика и статистическая физика / А.С. Василевский. – М.: Дрофа, 2006. – 240 с.	
2	Зоммерфельд А. Термодинамика и статистическая физика / Зоммерфельд Арнольд ; перевод В. Л. Бонч-Бруевич, В. Б. Сандомирский. — Москва, Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, 2019. — 480 с.	URL: http://www.iprbookshop.ru/92115.html (дата обращения: 28.12.2020). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
3	Московский С. Б. Курс статистической физики и термодинамики : учебник для вузов / С. Б. Московский. — Москва : Академический Проект, Фонд «Мир», 2015. — 317 с.	URL: http://www.iprbookshop.ru/36735.html (дата обращения: 28.12.2020). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.
Дополнительная литература		
4	Базаров И.П. Термодинамика и статистическая физика / И.П. Базаров, Э.В. Геворкян, П.Н. Николаев – М.: МГУ, 1986. – 310 с.	
5	Гиббс Д.В. Основные принципы статистической механики / Джеймс Гиббс Виллард ; перевод К. В. Никольский. — Москва : Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, 2019. — 207 с.	URL: http://www.iprbookshop.ru/92113 (дата обращения: 28.12.2020). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
6	Квасников И.А. Курс термодинамики и статистической физики в 3-х томах, удостоенный Ломоносовской премии. 2 издание / И.А. Квасников. - 2002. http://www.ph4s.ru/book_ph_statistich.html .	
7	Киттель Ч. Статистическая термодинамика / Ч. Киттель. – М.: Наука, 1977. – 336 с.	
8	Ландау Л.Д. Теоретическая физика. Том 5. Статистическая физика. Часть 1 / Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010.— 616 с.	
9	Мэттис Д. Ч. Статистическая механика. Просто о сложном / Д. Ч. Мэттис, Р. Г. Свэндсен ; перевод Н. А. Зубченко. — Москва, Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2011. — 388 с.	URL: http://www.iprbookshop.ru/16629.html (дата обращения: 28.12.2020). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
10	Необратимость и статистическое равновесие в модели двухуровневой системы. Описание компьютерного эксперимента / Сост. Свирская Л.М., Захаров М.Б. – Челябинск: ЧГПУ, 2006.	
11	Релаксация к распределению Больцмана в системе броуновских частиц. Описание компьютерного эксперимента / Сост. Свирская Л.М., Захаров М.Б. – Челябинск: ЧГПУ, 2006.	
12	Порядок и беспорядок в макроскопических системах. Описание компьютерного эксперимента / Сост. Свирская Л.М., Устьянцев И.С. – Челябинск, ЧГПУ, 2012.	

4.2. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

№ п/п	Наименование базы данных	Ссылка на ресурс
1	Яндекс-Энциклопедии и словари	http://slovari.yandex.ru

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

5.1. Описание показателей и критерии оценивания компетенций

Код компетенции по ФГОС					
Код образовательного результата дисциплины	Текущий контроль				Помежуточная аттестация
	Коллоквиум	Контрольная работа по разделу/теме	Отчет по лабораторной работе	Задача	
ПК-1					
3.1 (ПК.1.1)	+	+	+	+	+
У.1 (ПК.1.2)	+	+	+	+	+
В.1 (ПК.1.3)		+		+	+

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

5.2.1. Текущий контроль.

Типовые задания к разделу "Основы статистической физики равновесных систем":

1. Задача

Задачи самостоятельной работы № 1

- Вычислить статистический интеграл для идеального газа, содержащего N частиц, и занимающего объём V . Масса каждой частицы равна m .
- Определить фазовую траекторию линейного гармонического осциллятора с малым трением, считая силу трения пропорциональной скорости.
- Оцените наиболее вероятную, среднюю и среднеквадратичную скорости атомов гелия при комнатной температуре ($T \sim 300$ К). Каков физический смысл каждой из этих скоростей?
- Подсчитайте число частиц идеального газа, скорости которых заключены в интервале от 0 до половины наиболее вероятной.
- Установить связь между давлением идеального газа и концентрацией частиц. Учитывая выражение для среднеквадратичной скорости, получить уравнение состояния идеального газа.
- Установить вид функции распределения газа фотонов, используя преобразование частоты в эффекте Доплера.
- Для определения числа Авогадро Перрен исследовал распределение по высоте взвешенных в жидкости зёрен гуммигута (дерево на Цейлоне) в однородном поле силы тяжести. Он нашёл, что при температуре 293 К при поднятии вверх на высоту в 100 мкм число взвешенных частиц уменьшается в два раза. Частицы гуммигута имели диаметр 0.00003 см; плотность жидкости на 0.2 г/см³ меньше плотности частиц. Определить по этим данным значение числа Авогадро.
- Считая справедливой для атмосферы (в первом приближении) барометрическую формулу, найти, на какой высоте при температуре 273 К давление воздуха уменьшается втрое. Относительную молярную массу воздуха считать равной 29.
- Какая доля молекул кислорода земной атмосферы может преодолеть гравитационное поле Земли при температуре 300 К?
- Определить среднее значение потенциальной энергии одной молекулы в равновесном столбе газа высотой H . Газ находится при температуре T в однородном поле силы тяжести с ускорением g .

Количество баллов: 10

2. Коллоквиум

Коллоквиум № 1

1. Два метода исследования макроскопических процессов: феноменологическая термодинамика и статистическая физика.
2. Фазовое пространство. Функция статистического распределения в фазовом пространстве.
3. Метод ансамблей Гиббса. Эргодическая гипотеза.
4. Теорема Лиувилля.
5. Микроканоническое распределение Гиббса в классической и квантовой статистике.
6. Квазиклассическое описание в статистической физике.
7. Статистическое определение энтропии.
8. Каноническое распределение Гиббса в классической статистике.
9. Каноническое распределение Гиббса в квантовой статистике.
10. Статистическая сумма (статистический интеграл) и её связь со свободной энергией.
11. Большое каноническое распределение.
12. Распределение Максвелла (распределение молекул идеального газа по скоростям).
13. Распределение Больцмана по координатам в однородном силовом поле. Барометрическая формула.
14. Распределение Ферми-Дирака.
15. Распределение Бозе-Эйнштейна.
16. Промежуточная квантовая статистика. Функция распределения Джентиле.
17. Сопоставление статистик Ферми-Дирака, Бозе-Эйнштейна и Максвелла-Больцмана. Критерий вырождения.

Количество баллов: 5

3. Контрольная работа по разделу/теме

Контрольная работа № 1

1. Определить среднеквадратичную скорость атомов криптона ($\mu = 83.8$ г/моль) при температуре 273 К.
2. Найти, какая часть молекул газа имеет скорость, превышающую наиболее вероятную.
3. В газовой центрифуге радиуса R , вращающейся с постоянной угловой скоростью ω , производится разделение смеси газов, молекулы которых имеют массы m_1 и m_2 . Найти коэффициент разделения.

Количество баллов: 5

Типовые задания к разделу "Статистическая термодинамика":

1. Задача

Задачи самостоятельной работы № 2

1. Изобразить для идеального газа изотермический, изобарический, изохорный и адиабатический процессы в координатах:
 - a) P,V;
 - b) P, T;
 - c) U, T.
2. Используя условие $TdS = dU + pdV$ и выражения для полных дифференциалов четырех термодинамических потенциалов, показать, что при стремлении системы к равновесию все термодинамические функции (U, F, H, Φ) убывают и достигают минимума в состоянии термодинамического равновесия.
3. Вычислить основные термодинамические величины для идеального газа, содержащего N частиц.
4. Найти изменение энтропии ΔS при нагревании воды массой $m = 100$ г от температуры $t_1 = 0$ С до температуры $t_2 = 100$ С и последующем превращении воды в пар той же температуры.
5. Один моль идеального двухатомного газа находится под давлением $p_1 = 250$ кПа и занимает объём $V_1 = 10$ л. Сначала газ изохорически нагревают до температуры $T_2 = 400$ К. Затем изотермически расширяя, доводят его до первоначального давления. После этого путём изобарического сжатия возвращают газ в начальное состояние. Определить к.п.д. η цикла.
6. Определить к.п.д обратимого цикла Карно с равновесным излучением в качестве рабочего вещества. Согласуется ли полученный результат с первой теоремой Карно?
7. Обосновать поведение модели «Птичка Хоттбыча» на основе II начала термодинамики.
8. Коэффициент объемного расширения воды при 4 С изменяет знак: в интервале от 0 до 4 С он является отрицательным. Показать, что в этом интервале температур вода при адиабатном сжатии охлаждается, а не нагревается, как другие жидкости и все газы.
9. Вычислить изменение энтропии при смешении двух равных масс одного и того же идеального газа, находящихся первоначально а) при одинаковом давлении p и различных температурах ; б) при одинаковой температуре T и различных давлениях . Определить область изменения S в обоих случаях.
10. Жидкий гелий He II ведет себя как "смесь" двух жидкостей - сверхтекучей ($S = 0$, вязкость равна нулю) и нормальной. Если в сосудах, соединенных капилляром и заполненных He II, создать разность температур ($T_2 - T_1$), то это вызовет в них разность давлений ($P_2 - P_1$). Объясните это явление и установите связь между разностью давлений и разностью температур.

Задачи самостоятельной работы № 3

1. Провести сопоставление фазовых переходов I и II рода.
2. Объяснить физический смысл поправок в уравнении Ван-дер-Ваальса.
3. Составить сравнительную таблицу характеристик ферми- и бозе – газа.
4. Используя формулу Рэлея для интенсивности молекулярного рассеяния света, объяснить голубой цвет неба и красный цвет зорь.
5. Что такое броуновское движение? Вывести формулу Эйнштейна-Смолуховского для смещения броуновской частицы.
6. При какой концентрации электронов с температурой 100000 К можно пользоваться статистикой Максвелла-Больцмана?
7. Определить температуру бозе-конденсации в случае изотопа гелия – 4, если известно, что спин атомов гелия равен нулю, а молярный объём составляет 27,6 см³.
8. В баллоне объёмом $V=8$ л находится кислород массой $m = 0,3$ кг при температуре $T=300$ К. Определить:
 - а) какую часть объёма сосуда составляет собственный объём молекул газа;
 - б) отношение внутреннего давления к давлению газа на стенки сосуда.
9. Методом термодинамических функций исследовать изменение температуры газа при адиабатическом дросселировании в эффекте Джоуля-Томсона для водорода и гелия. Определить температуру инверсии.
10. На основе зависимости среднего значения квадрата смещения броуновской частицы от времени, полученной в результате компьютерного эксперимента, определить коэффициент диффузии и подвижность броуновских частиц (с помощью уравнения Эйнштейна). В эксперименте наблюдалась диффузия броуновских частиц в воде, температура воды 330 К, радиус броуновских частиц 0.1 мкм.

Количество баллов: 20

2. Коллоквиум

Коллоквиум № 2

1. Внутренняя энергия системы, теплота, работа. Микроскопический смысл теплоты и работы.
 2. Первый закон термодинамики.
 3. Термодинамическое определение температуры. Нулевое начало термодинамики.
 4. Границы применимости молекулярно-кинетического определения температуры.
 5. Абсолютный нуль температуры как температура, соответствующая наименьшему возможному значению энергии.
 6. Абсолютные отрицательные температуры.
 7. Уравнения основных термодинамических процессов. Термическое и калорическое уравнения состояния.
 8. Второй закон термодинамики для обратимых и необратимых процессов.
 9. Цикл Карно. Теоремы Карно.
 10. Закон возрастания энтропии в замкнутой системе.
 11. Статистический смысл второго начала термодинамики. Границы применимости второго начала термодинамики.
 12. Термодинамические потенциалы (внутренняя энергия, свободная энергия, энталпия, термодинамический потенциал Гиббса) и их физический смысл.
 13. Химический потенциал.
 14. Соотношения взаимности Максвелла.
 15. Третий закон термодинамики (тепловая теорема Нернста) и его статистическое обоснование.
 16. Недостижимость абсолютного нуля температуры. Свойства вещества вблизи абсолютного нуля.
- Коллоквиум № 3
1. Условия равновесия двух фаз.
 2. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса и его следствия.
 3. Температурная зависимость давления насыщенного пара.
 4. Равновесие трёх фаз вещества. Тройная точка. Правило фаз Гиббса.
 5. Фазовые переходы I и II рода.
 6. Термодинамические функции и уравнение состояния классического идеального газа.
 7. Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса.
 8. Теорема о равномерном распределении энергии по степеням свободы в классической статистике.
 9. Классическая теория теплоемкости идеальных газов и её противоречие III началу термодинамики.
 10. Квантовая теория теплоёмкости идеальных газов.
 11. Свободные электроны в металле как вырожденный ферми-газ.
 12. Равновесное излучение как фотонный газ. Законы излучения абсолютно чёрного тела.
 13. Явление конденсации в вырожденном бозе-газе.
 14. Флуктуации и броуновское движение.

Количество баллов: 10

3. Контрольная работа по разделу/теме

Контрольная работа № 2

1. Определить к.п.д. цикла Стирлинга, состоящего из двух изотерм и двух изохор, для 1 моля идеального газа. Сравнить его с к.п.д. цикла Карно с теми же температурами.
2. Определить изменение энтропии при изотермическом расширении кислорода массой 10 г от объёма 25 л до объёма 100 л.
3. Используя табличное значение для концентрации электронов в меди, установить, при какой температуре происходит переход электронного газа от невырожденного к вырожденному при данной концентрации. Является ли газ вырожденным с данной концентрацией при комнатной температуре?

Количество баллов: 5

4. Отчет по лабораторной работе

1. В чём заключается статистическая природа необратимости процессов в макросистемах?
2. Получить решение кинетического уравнения для модели изолированной двухуровневой системы, определить время релаксации.
3. Используя кинетическое уравнение для модели изолированной двухуровневой системы, доказать, что энтропия монотонно возрастает и достигает максимума в состоянии статистического равновесия.
4. Установить связь между температурой системы и отношением населённостей энергетических уровней.
5. Показать, что системы с абсолютной отрицательной температурой существуют только в случае ограниченного энергетического спектра.
6. Дать объяснение графиков, полученных в компьютерном эксперименте.

Количество баллов: 5

5.2.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о текущем контроле и промежуточной аттестации в ФГБОУ ВО «ЮУрГГПУ».

Первый период контроля

1. Экзамен

Вопросы к экзамену:

1. Два метода исследования макроскопических процессов: феноменологическая термодинамика и статистическая физика.
2. Фазовое пространство. Функция статистического распределения в фазовом пространстве.
3. Метод ансамблей Гиббса. Эргодическая гипотеза.
4. Теорема Лиувилля.
5. Микроканоническое распределение Гиббса в классической и квантовой статистике.
6. Квазиклассическое описание в статистической физике.
7. Статистическое определение энтропии.
8. Каноническое распределение Гиббса в классической статистике.
9. Каноническое распределение Гиббса в квантовой статистике.
10. Статистическая сумма (статистический интеграл) и её связь со свободной энергией.
11. Большое каноническое распределение.
12. Распределение Максвелла (распределение молекул идеального газа по скоростям).
13. Распределение Больцмана по координатам в однородном силовом поле. Барометрическая формула.
14. Распределение Ферми-Дирака.
15. Распределение Бозе-Эйнштейна.
16. Промежуточная квантовая статистика. Функция распределения Джентиле.
17. Сопоставление статистик Ферми-Дирака, Бозе-Эйнштейна и Максвелла-Больцмана. Критерий вырождения.
18. Внутренняя энергия системы, теплота, работа. Микроскопический смысл теплоты и работы.
19. Первый закон термодинамики.
20. Термодинамическое определение температуры. Нулевое начало термодинамики.
21. Границы применимости молекулярно-кинетического определения температуры.
22. Абсолютный нуль температуры как температура, соответствующая наименьшему возможному значению энергии.
23. Абсолютные отрицательные температуры.
24. Уравнения основных термодинамических процессов. Термическое и калорическое уравнения состояния.
25. Второй закон термодинамики для обратимых и необратимых процессов.
26. Цикл Карно. Теоремы Карно.
27. Закон возрастания энтропии в замкнутой системе.
28. Статистический смысл второго начала термодинамики. Границы применимости второго начала термодинамики.
29. Термодинамические потенциалы (внутренняя энергия, свободная энергия, энталпия, термодинамический потенциал Гиббса) и их физический смысл.
30. Химический потенциал.
31. Третий закон термодинамики (тепловая теорема Нернста) и его статистическое обоснование.
32. Недостижимость абсолютного нуля температуры. Свойства вещества вблизи абсолютного нуля.
33. Условия равновесия двух фаз.
34. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса и его следствия.
35. Температурная зависимость давления насыщенного пара.
36. Равновесие трёх фаз вещества. Тройная точка. Правило фаз Гиббса.
37. Фазовые переходы I и II рода.
38. Термодинамические функции и уравнение состояния классического идеального газа.
39. Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса.
40. Закон о равномерном распределении кинетической энергии по степеням свободы в классической статистике.
41. Классическая теория теплоемкости идеальных газов.
42. Квантовая теория теплоемкости одноатомных и двухатомных газов. Характеристические температуры.
43. Свободные электроны в металле как вырожденный ферми-газ.
44. Равновесное излучение как фотонный газ. Законы излучения абсолютно чёрного тела.
45. Явление конденсации в вырожденном бозе-газе.
46. Флуктуации и броуновское движение.

5.3. Примерные критерии оценивания ответа студентов на экзамене (зачете):

Отметка	Критерии оценивания
"Отлично"	<ul style="list-style-type: none"> -дается комплексная оценка предложенной ситуации -демонстрируются глубокие знания теоретического материала и умение их применять -последовательное, правильное выполнение всех заданий -умение обоснованно излагать свои мысли, делать необходимые выводы
"Хорошо"	<ul style="list-style-type: none"> -дается комплексная оценка предложенной ситуации -демонстрируются глубокие знания теоретического материала и умение их применять -последовательное, правильное выполнение всех заданий -возможны единичные ошибки, исправляемые самим студентом после замечания преподавателя -умение обоснованно излагать свои мысли, делать необходимые выводы
"Удовлетворительно" ("зачтено")	<ul style="list-style-type: none"> -затруднения с комплексной оценкой предложенной ситуации -неполное теоретическое обоснование, требующее наводящих вопросов преподавателя -выполнение заданий при подсказке преподавателя -затруднения в формулировке выводов
"Неудовлетворительно" ("не зачтено")	<ul style="list-style-type: none"> -неправильная оценка предложенной ситуации -отсутствие теоретического обоснования выполнения заданий

6. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Лекции

Лекция - одна из основных форм организации учебного процесса, представляющая собой устное, монологическое, систематическое, последовательное изложение преподавателем учебного материала с демонстрацией слайдов и фильмов. Работа обучающихся на лекции включает в себя: составление или слежение за планом чтения лекции, написание конспекта лекции, дополнение конспекта рекомендованной литературой.

При изучении теоретической физики очень важно посещать лекции и подробно записывать излагаемый на них материал. Это обусловлено тем, что в учебных пособиях не содержатся детальные математические преобразования. Стандартный метод изложения сводится, как правило, к замечаниям типа: «как нетрудно показать», «после несложных преобразований получим» и т.д. Однако, за этими так называемыми «несложными преобразованиями» обычно скрываются несколько страниц математических преобразований, прежде чем получится требуемый результат! Этую специфику учебных пособий необходимо иметь в виду. В процессе чтения лекций материал излагается доказательно, подробно, со всеми промежуточными выкладками. Присутствующий на лекции студент становится соучастником процесса получения всех основных физических результатов. Только таким способом, постигая шаг за шагом весьма непростые вопросы, можно понять логику дисциплины и её основное содержание.

В процессе самостоятельной работы над курсом лекций необходимо уделить внимание основным понятиям, перечисленным в терминологическом минимуме по каждому разделу, и научиться самостоятельно выводить все главные формулы и уравнения.

2. Лабораторные

Лабораторные занятия проводятся в специально оборудованных лабораториях с применением необходимых средств обучения (лабораторного оборудования, образцов, нормативных и технических документов и т.п.).

При выполнении лабораторных работ проводятся: подготовка оборудования и приборов к работе, изучение методики работы, воспроизведение изучаемого явления, измерение величин, определение соответствующих характеристик и показателей, обработка данных и их анализ, обобщение результатов. В ходе проведения работ используются план работы и таблицы для записей наблюдений.

При выполнении лабораторной работы студент ведет рабочие записи результатов измерений (испытаний), оформляет расчеты, анализирует полученные данные путем установления их соответствия нормам и/или сравнения с известными в литературе данными и/или данными других студентов. Окончательные результаты оформляются в форме заключения.

3. Практические

Практические (семинарские занятия) представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы.

Основной формой проведения практических занятий и семинаров является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также решение задач и разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях.

При подготовке к практическому занятию необходимо, ознакомиться с его планом; изучить соответствующие конспекты лекций, главы учебников и методических пособий, разобрать примеры, ознакомиться с дополнительной литературой (справочниками, энциклопедиями, словарями). К наиболее важным и сложным вопросам темы рекомендуется составлять конспекты ответов. Следует готовить все вопросы соответствующего занятия: необходимо уметь давать определения основным понятиям, знать основные положения теории, правила и формулы, предложенные для запоминания к каждой теме.

В ходе практического занятия надо давать конкретные, четкие ответы по существу вопросов, доводить каждую задачу до окончательного решения, демонстрировать понимание проведенных расчетов (анализов, ситуаций), в случае затруднений обращаться к преподавателю.

4. Экзамен

Экзамен преследует цель оценить работу обучающегося за определенный курс: полученные теоретические знания, их прочность, развитие логического и творческого мышления, приобретение навыков самостоятельной работы, умения анализировать и синтезировать полученные знания и применять их для решения практических задач.

Экзамен проводится в устной или письменной форме по билетам, утвержденным заведующим кафедрой. Экзаменационный билет включает в себя два вопроса и задачи. Формулировка вопросов совпадает с формулировкой перечня вопросов, доведенного до сведения обучающихся не позднее чем за один месяц до экзаменационной сессии.

В процессе подготовки к экзамену организована предэкзаменационная консультация для всех учебных групп.

При любой форме проведения экзаменов по билетам экзаменатору предоставляется право задавать студентам дополнительные вопросы, задачи и примеры по программе данной дисциплины. Дополнительные вопросы, также как и основные вопросы билета, требуют развернутого ответа.

Результат экзамена выражается оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно».

5. Контрольная работа по разделу/теме

Контрольная работа выполняется с целью проверки знаний и умений, полученных студентом в ходе лекционных и практических занятий и самостоятельного изучения дисциплины. Написание контрольной работы призвано установить степень усвоения студентами учебного материала раздела/темы и формирования соответствующих компетенций.

Подготовку к контрольной работе следует начинать с повторения соответствующего раздела учебника, учебных пособий по данному разделу/теме и конспектов лекций.

Контрольная работа выполняется студентом в срок, установленный преподавателем в письменном (печатном или рукописном) виде.

При оформлении контрольной работы следует придерживаться рекомендаций, представленных в документе «Регламент оформления письменных работ».

6. Коллоквиум

Коллоквиум - вид учебно-теоретических занятий, представляющий собой групповое обсуждение под руководством преподавателя достаточно широкого круга проблем, например, относительно самостоятельного большого раздела лекционного курса.

Подготовка к данному виду учебных занятий осуществляется в следующем порядке: преподаватель дает список вопросов, ответы на которые следует получить при изучении определенного перечня научных источников; студентам во внеаудиторное время необходимо прочитать специальную литературу, выписать из нее ответы на вопросы, которые будут обсуждаться на коллоквиуме, мысленно сформулировать свое мнение по каждому из вопросов, которое они высажут на занятии.

7. Задача

Задачи позволяют оценивать и диагностировать знание фактического материала (базовые понятия, алгоритмы, факты) и умение правильно использовать специальные термины и понятия, узнавание объектов изучения в рамках определенного раздела дисциплины; умения синтезировать, анализировать, обобщать фактический и теоретический материал с формулированием конкретных выводов, установлением причинно-следственных связей.

Алгоритм решения задач:

- 1.Внимательно прочтайте условие задания и уясните основной вопрос, представьте процессы и явления, описанные в условии.
- 2.Повторно прочтите условие для того, чтобы чётко представить основной вопрос, проблему, цель решения, заданные величины, опираясь на которые можно вести поиск решения.
- 3.Произведите краткую запись условия задания.
- 4.Если необходимо, составьте таблицу, схему, рисунок или чертёж.
- 5.Установите связь между искомыми величинами и данными; определите метод решения задания, составьте план решения.
- 6.Выполните план решения, обосновывая каждое действие.
- 7.Проверьте правильность решения задания.
- 8.Произведите оценку реальности полученного решения.
- 9.Запишите ответ.

8. Отчет по лабораторной работе

При составлении и оформлении отчета следует придерживаться рекомендаций, представленных в методических указаниях по выполнению лабораторных работ по дисциплине.

7. ПЕРЕЧЕНЬ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

1. Дифференцированное обучение (технология уровневой дифференциации)
2. Развивающее обучение
3. Проблемное обучение
4. Цифровые технологии обучения

8. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ

1. компьютерный класс – аудитория для самостоятельной работы
2. учебная аудитория для семинарских, практических занятий
3. учебная аудитория для лекционных занятий
4. компьютерный класс
5. Лицензионное программное обеспечение:
 - Операционная система Windows 10
 - Microsoft Office Professional Plus
 - Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный Russian Edition
 - Справочная правовая система Консультант плюс
 - 7-zip
 - Adobe Acrobat Reader DC