

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ЛГПУ»)  
Институт физико-математического образования, информационных и  
обслуживающих технологий

Кафедра физики и методики преподавания физики

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИФМОИОТ

Е.Е. Горбенко

«13» декабря 2023 г.

### ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ


для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации  
обучающихся по дисциплине «Основы теоретической физики  
(термодинамика, статистическая физика и физическая кинетика)»  
По направлению подготовки 44.03.05 ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ  
ОБРАЗОВАНИЕ (С ДВУМЯ ПРОФИЛЯМИ ПОДГОТОВКИ)

Профиль подготовки **Физика. Информатика**  
Квалификация выпускника **бакалавр**  
Форма обучения **очная**  
Курс **5 (10 семестр)**

Разработчики:

доцент кафедры физики и  
методики преподавания физики  
канд. физ.-мат. наук, доц.,  
Горбенко Е.Е.

заведующий кафедры физики  
и методики преподавания физики

 Сильчева А.Г.

«30» ноября 2023 г.

Луганск, 2023

## 1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### 1.1. Область применения

Фонд оценочных средств (ФОС) – неотъемлемая часть рабочей программы дисциплины Б1.В.02.05 «Основы теоретической физики (термодинамика, статистическая физика и физическая кинетика)» и предназначен для контроля и оценки образовательных достижений студентов, освоивших программу дисциплины.

### 1.2. Цели и задачи фонда оценочных средств

Цель ФОС – установить соответствие уровня подготовки обучающегося требованиям ФГОС ВО бакалавриата по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки), утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 22.02.2018 г. № 125 (с изменениями и дополнениями).

### 1.3. Перечень компетенций, формируемых в процессе освоения основной образовательной программы

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций и индикаторов их достижения:

Код по ФГОС ВО	Индикатор достижения
Профессиональные	
ПК-1.	ПК-1.1. ПК-1.2. ПК-1.3.

### 1.4. Этапы формирования компетенций и средства оценивания уровня их сформированности

Этапы формирования компетенций	Компетенции	Контрольно-оценочные средства / способ оценивания
<b>Раздел 1. Излучение абсолютно черного тела. Кванты энергии.</b>		
Разделы 1-2	ПК-1	Решение задач. Контрольная работа №1. Тестирование по теоретическому материалу (тест 1). Контрольная работа №1. Выполнение индивидуальных заданий.
Раздел 3	ПК-1	Решение задач и тестирование по теоретическому материалу (Тест 2). Контрольная работа №2. Выполнение индивидуальных заданий
Раздел 4-5	ПК-1	Решение задач. Проведение семинаров. Тестирование по теоретическому материалу (Тест 3). Выполнение индивидуальных заданий
Промежуточная аттестация	ПК-1	Экзамен (письменный)

### 1.5. Описание показателей формирования компетенций

Код компетенции	Результаты сформированности
ПК-1. Способен осваивать и использовать теоретические знания и практические умения и навыки в предметной области при решении профессиональных задач.	<p><i>Знает:</i> структуру, состав и дидактические единицы предметной области термодинамики, статистической физики и физической кинетики.</p> <p><i>Умеет:</i> осуществлять отбор учебного содержания для его реализации в различных формах обучения в соответствии с требованиями ФГОС ОО.</p> <p><i>Владеет навыками:</i> разработки различных форм учебных занятий, применения методов, приемов и технологий обучения, в том числе информационных.</p>

#### 1.6. Критерии оценивания компетенций на разных этапах их формирования

Вид учебной работы	Количество баллов		
	ОФО	О-ЗФО	ЗФО
Теоретический отчет №1	15	-	-
Теоретический отчет №2	15	-	-
Практические занятия / индивидуальное задание	15	-	-
Контрольная работа №1	10	-	-
Контрольная работа №2	10		
Реферат	15		
Экзамен	20	-	-
<b>Всего</b>	<b>100</b>		

### Накопительная система оценивания по 100-балльной шкале

5 - балльная система оценивания экзамена	100 - балльная шкала	Буквенная шкала, соответствующая 100-балльной шкале
Отлично	90–100	<b>А</b> – отлично – теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов; необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы; все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному
Хорошо	83–89	<b>В</b> – очень хорошо – теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов; необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы; все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения большинства из них оценено числом баллов, близким к максимальному
Хорошо	75–82	<b>С</b> – хорошо – теоретическое содержание курса освоено полностью; некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно; все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками
Удовлетворительно	63–74	<b>Д</b> – удовлетворительно – теоретическое содержание дисциплины освоено частично, но пробелы не носят существенного характера; необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы; большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий, содержат ошибки
Удовлетворительно	50–62	<b>Е</b> – посредственно – теоретическое содержание курса освоено частично; некоторые практические навыки работы не сформированы, многие предусмотренные программой обучения учебные задания не выполнены либо качество выполнения некоторых из них оценено числом баллов, близким к минимальному
Неудовлетворительно	21–49	<b>FX</b> – неудовлетворительно – теоретическое содержание курса освоено частично; необходимые практические навыки работы не сформированы; большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено либо качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному; при дополнительной самостоятельной работе над материалом курса возможно повышение качества выполнения учебных заданий
Неудовлетворительно	0–20	<b>F</b> – неудовлетворительно – теоретическое содержание курса не освоено; необходимые практические навыки работы не сформированы; все выполненные учебные задания содержат грубые ошибки, дополнительная самостоятельная работа над материалом курса не приведет к какому-либо значимому повышению качества выполнения учебных заданий

**Образец оформления экзаменационного билета**

**МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ЛГПУ»)**

**2030/2031 учебный год**

**Институт физико-математического образования, информационных  
и обслуживающих технологий**

экзамен (устный/письменный) по дисциплине  
«**Основы теоретической физики (термодинамика,  
статистическая физика и физическая кинетика)**»

Код/названия направлений подготовки **44.03.05 Педагогическое образование**  
(с двумя профилями подготовки)  
**Физика. Информатика**  
ОФО/ЗФО

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1**

1. ....
2. ....
3. ....

Утверждено на заседании кафедры физики и методики преподавания физики, Протокол от  
«30» ноября 2023 г. № 4.

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_

Сильчева А.Г.

Экзаменатор

\_\_\_\_\_

...

## 2. КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

### 2.1. Оценочные средства текущего контроля

#### Контрольная работа №1

##### Вариант 1

1. Определить молярную теплоемкость одноатомного идеального газа в процессе  $pV^{4/3} = \text{const}$ .
2. Определить изменение энтропии 1 моль идеального газа в процессе, состоящем из двух последовательных: изобарного, в котором объем меняется от значения  $V$  до  $2V$ , и изотермического, в котором объем вновь уменьшается до значения  $V$ .

#### Контрольная работа №2

##### Вариант 1

1. Определить среднюю обратную скорость молекул идеального  $\frac{1}{v}$  газа. Сравнить результат с величиной обратной средней скорости.
2. Определить средний обратный квадрат скорости  $\frac{1}{v^2}$  молекул идеального газа. Сравнить с обратным средним квадратом скорости.

#### Практические занятия Термодинамика (занятия 1-5; примеры)

1. Для одного моля одноатомного идеального газа найти уравнение процесса, протекающего при постоянной теплоемкости ( $C = \text{const}$ ) – так называемого политропного процесса. Проанализировать полученное уравнение.
2. Определить работу, совершаемую одним молем идеального газа при политропном расширении от объема от  $V_1$  до  $V_2$ . Начальное давление газа  $p_1$ , показатель политропы  $n = 1/2$ .
3. Показать, что для всякой обобщенной силы  $A$ , сопряженной внешнему параметру  $a$ , справедливо соотношение  $\left(\frac{\partial A}{\partial a}\right)_T \left(\frac{\partial a}{\partial T}\right)_A \left(\frac{\partial T}{\partial A}\right)_a = -1$

Установить соотношения между термическими коэффициентами  $\alpha = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$ ,  $\beta = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial p}\right)_T$ ,  $\gamma = \frac{1}{p} \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V$ , где  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  – соответственно коэффициенты объемного расширения, изотермического сжатия и термического коэффициента давления.

4. Идеальный газ расширяется по закону  $p = \alpha V^2$ . Какая работа совершается газом при изменении объема от  $V_1$  до  $V_2$ ? Нагревается или охлаждается газ в этом процессе?
5. Какую максимальную работу можно совершить за счет охлаждения теплового резервуара, от температуры  $T$  до температуры окружающей среды  $T_0$ . Теплоемкость резервуара постоянная и равна  $C$ .
6. Найти КПД цикла Дизеля, если  $V_1/V_2 = \varepsilon$ ,  $V_3/V_2 = \rho$ . Участки 12 и 34 – адиабаты. Рабочее тело – идеальный газ.
7. Определить энтропию идеального газа. Определить изменение энтропии в изопроцессах.
8. Определить изменение энтропии 1 моля идеального газа в политропном процессе с показателем политропы  $n$ .
9. Используя тот факт, что энтропия – функция состояния, определить внутреннюю энергию 1 моля газа Ван-дер-Ваальса/
10. Каждый из сосудов содержит по одному молю идеального газа с одинаковыми температурами и давлениями  $p_1$  и  $p_2$ . Сосуды соединяют. Определить изменение энтропии в результате установления равновесия.

11. В двух сосудах  $V_1 = V_2 = V$  находятся различные идеальные газы при одинаковых давлениях и температурах. Сосуды соединяют. Определить изменение энтропии вследствие диффузии, если молярная масса первого газа  $m_1$ . Масса первого газа  $m_1$ , его молярная масса  $M_1$ .

12. Для одного моля идеального газа записать термодинамические потенциалы  $U$ ,  $S$ ,  $H$ ,  $F$  и  $G$  в их характеристических переменных. Считать, что  $C_p$  и  $C_v$  – постоянные.

13. Найти термическое и калорическое уравнения состояния газа, для которого термодинамический потенциал Гиббса равен:

$$G = T(a + R - S_0 - R \ln R) - (a + R)T \ln T + RT \ln p - bT^2/2 + U_0$$

14. Пользуясь выражением для свободной энергии идеального газа  $F = T(C_v - S_0) - C_v T \ln T -$ , определить термическое и калорическое уравнения.

15. Найти давление насыщенного водяного пара при температуре  $T = 101^\circ\text{C}$ . Удельная теплота парообразования при  $T_0 = 100^\circ\text{C}$ ,  $\lambda = 2,3 \cdot 10^6$  Дж/кг. Пар рассматривать как идеальный газ.

### Классическая статистическая физика (занятия 6-14; примеры)

1. Определить фазовый объем, число и плотность состояний как функцию энергии и импульса частицы массой  $m$ , находящейся в объеме  $V$

2. пункт 1.2.2.1, пример 3

3. задания п.1.2.2.2: номера 2, 4, 6, 7, 12, 22

4. примеры 1-3 заданий пункта 1.2.2.1

5. Задания 36 – 41 пункта 1.2.2.2

### Квантовая статистика (занятия 13-15)

1. Примеры 1-2 пункта 12.3.1

2. Задания 82, 87 пункта 1.2.3.2

**Примечание:** Примеры и задания, номера которых представлены выше, берутся из пособия «Горбенко Е.Е., Кара-Мурза С.В. Термодинамика и статистическая физика. Методическое пособие для самостоятельной работы студентов. – Луганск: Альма Матер, 2007. – 97с».

### Семинары

#### Семинар 1: Флуктуации термодинамических величин.

Вопросы к семинару:

1. Флуктуации термодинамических величин (общие положения)
2. Флуктуации энергии
3. Флуктуации давления
4. Флуктуации плотности воздуха. Критическая опалесценция

#### Семинар 2: Явления переноса в приближении длины свободного пробега

Вопросы к семинару:

1. Явления переноса. Общее рассмотрение.
2. Эффективное сечение молекул и длина свободного пробега
3. Теплопроводность газов
4. Теплопроводность и электропроводность проводников. Закон Видемана-Франца.
5. Вязкость газов
6. Диффузия в газах.

#### Семинар 3: Броуновское движение

Вопросы к семинару:

1. Приближение сильно связанных частиц
2. Броуновское движение

### 3. Описание движения броуновской частицы

#### Тест 1 (ТЕРМОДИНАМИКА); пример варианта Вариант 1

1. Температура является
  - А) внутренним параметром;
  - Б) внешним параметром;
  - В) ни внутренним, ни внешним параметром;
  - Г) правильного ответа нет;
  - Д) не знаю.
2. Внутренняя энергия системы является
  - А) функцией состояния;
  - Б) функцией процесса;
  - В) ни функцией состояния, ни функцией процесса;
  - Г) правильного ответа нет;
  - Д) не знаю
3. Первый закон термодинамики для идеального газа в изохорном процессе имеет вид:
  - А)  $\partial Q = dU + p dV$  ;
  - Б  $\partial Q = dU$  ;
  - В)  $\partial Q = p dV$  ;
  - Г)  $\partial Q = 0$  ;
  - Д) правильного ответа нет;
  - Е) не знаю
4. При изменении объема в изобарном процессе от  $V$  до  $3V$  идеальный газ совершил работу
  - А)  $pV$ ;
  - Б)  $2pV$ ;
  - В)  $3pV$ ;
  - Г)  $pV/2$ ;
  - Д)  $pV/3$ ;
  - Е) правильного ответа нет;
  - Ж) не знаю
5. Объем идеального газа увеличивается от  $V_1$  до  $V_2$  один раз в изотермическом процессе, а другой раз – в адиабатном. В каком процессе газ совершил большую работу?
  - А) в изотермическом;
  - Б) в адиабатном;
  - В) работы равны;
  - Г) правильного ответа нет;
  - Д) не знаю
6. Теплоемкость системы в адиабатном процессе
  - А)  $C = \left( \frac{\partial U}{\partial T} \right)_V$  ;
  - Б)  $C = \left( \frac{\partial U}{\partial T} \right)_V + p \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_p$  ;
  - В)  $C = 0$  ;
  - Г)  $C \rightarrow \infty$  ;
  - Д) правильного ответа нет;
  - Е) не знаю:
7. Уравнение политропного процесса в переменных  $V$  и  $T$  имеет вид:
  - А)  $TV^n = const$  ;
  - Б)  $TV^{n+1} = const$  ;
  - В)  $TV^{n-1} = const$  ;
  - Г)  $T^n V = const$  ;
  - Д)  $T^{n+1} V = const$  ;



Е) правильного ответа нет;

Ж) не знаю;

8. Внутренняя энергия газа, подчиняющегося уравнению Ван-дер-Ваальса ( $U_0$  - внутренняя энергия идеального газа):

А)  $U = U_0 + \frac{a}{V}$ ;

Б)  $U = U_0 - \frac{a}{V}$ ;

В)  $U = U_0 + \frac{a}{V^2}$ ;

Г)  $U = U_0 - \frac{a}{V^2}$ ;

Д) правильного ответа нет;

Е) не знаю;

9. В адиабатном процессе энтропия

А) равна 0;

Б) не меняется;

В) увеличивается;

Г) уменьшается;

Д) правильного ответа нет;

Е) не знаю;

10. Энтропия одного моля идеального газа

А)  $S = C_v \ln T + S_0$ ;

Б)  $S = C_v \ln V + S_0$ ;

В)  $S = C_p \ln T + S_0$ ;

Г)  $S = C_p \ln T + R \ln V + S_0$ ;

Д)  $S = C_v \ln T + R \ln V + S_0$ ;

Е) правильного ответа нет;

Ж) не знаю

11. Температура холодильника в цикле Карно в два раза ниже температуры нагревателя. Чему равен КПД такой тепловой машины?

А) 25%;

Б) 30%;

В) 40%;

Г) 50%;

Д) 60%;

Е) правильного ответа нет;

Ж) не знаю

12. Энтропия является характеристической функцией переменных

А)  $p, V$ ;

Б)  $p, T$ ;

В)  $V, T$ ;

Г)  $V, S$ ;

Д)  $p, S$ ;

Е) правильного ответа нет;

Ж) не знаю

13. Энтальпия есть

А) полная энергия системы за исключением энергии движения как целого;

Б) внутренняя энергия системы с включенными механическими связями;

В) часть внутренней энергии, которая может быть обращена в работу;

Г) часть внутренней энергии, которая не может быть обращена в работу;

Д) правильного ответа нет;

Е) не знаю

14. Свободная энергия связана с уравнением состояния соотношением

А)  $\left(\frac{\partial F}{\partial V}\right)_T = -p$ ;

Б)  $\left(\frac{\partial F}{\partial p}\right)_T = -V$ ;

В)  $\left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_V = -p$ ;

Г)  $\left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_V = -V$ ;

Д)  $\left(\frac{\partial F}{\partial V}\right)_T = p$ ;

Е) правильного ответа нет;

Ж) не знаю

15. Термодинамический потенциал Гиббса связан с теплоемкостью при постоянном давлении соотношением

А)  $C_p = \left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_p$ ;

Б)  $C_p = \left(\frac{\partial^2 G}{\partial T^2}\right)_p$ ;

В)  $C_p = -\left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_p$ ;

Г)  $C_p = -T\left(\frac{\partial^2 G}{\partial T^2}\right)_p$ ;

Д)  $C_p = \frac{1}{T}\left(\frac{\partial^2 G}{\partial T^2}\right)_p$ ;

Е) правильного ответа нет;

Ж) не знаю

16. При температуре абсолютного нуля внутренняя энергия  $U$  и свободная энергия  $F$  связаны соотношением:

А)  $U = F = 0$ ;

Б)  $U = F \neq 0$ ;

В)  $U = 0, F \neq 0$ ;

Г)  $U \neq 0, F = 0$ ;

Д) правильного ответа нет;

Е) не знаю

17. Вода и лед при температуре  $0^\circ\text{C}$  представляют собой

А) двухфазную двухкомпонентную систему;

Б) двухфазную однокомпонентную систему;

В) однофазную двухкомпонентную систему;

Г) однофазную однокомпонентную систему;

Д) правильного ответа нет;

Е) не знаю

18. При фазовом переходе из ферромагнитного состояния в парамагнитное

А) удельный объем меняется скачком;

Б) выделяется теплота;

В) поглощается теплота;

- Г) теплоемкость меняется скачком;
  - Д) теплоемкость стремится к бесконечности;
  - Е) правильного ответа нет;
  - Ж) не знаю
19. Для равновесия гетерогенной системы достаточно
- А) только равенства давлений в фазах;
  - Б) только равенства температур фаз;
  - В) равенства давлений и температур;
  - Г) равенства давлений и температур фаз, а также равенство химических потенциалов компонентов в различных фазах;
  - Д) правильного ответа нет;
  - Е) не знаю
20. Каким числом степеней свободы обладает двухфазная двухкомпонентная система при равновесии фаз?
- А) 0;
  - Б) 1;
  - В) 2;
  - Г) 3;
  - Д) 4;
  - Е) правильного ответа нет;
  - Ж) не знаю

### Тест 2 (КЛАССИЧЕСКАЯ ТАТИСТИКА); пример варианта Вариант 1

1. Для системы из  $N$  невзаимодействующих частиц фазовое пространство
- А) 3-мерное;
  - Б) 6-мерное;
  - В)  $N$ -мерное;
  - Г)  $3N$ -мерное;
  - Д)  $6N$ -мерное;
  - Е) правильного ответа нет;
  - Ж) не знаю
2. Микросостояние в фазовом пространстве изображается
- А) доступным фазовым объемом;
  - Б) элементарным фазовым объемом;
  - В) минимально возможным фазовым объемом;
  - Г) точкой;
  - Д) правильного ответа нет;
  - Е) не знаю
3. Фазовый объем  $\Gamma$ , занимаемый одной частицей, находящейся в физическом объеме  $V$ , как функция модуля импульса  $p$  этой частицы, равен
- А)  $\frac{4}{3}\pi V p^2$ ;
  - Б)  $\frac{4}{3}\pi V p^3$ ;
  - В)  $4\pi V p^2$ ;
  - Г)  $4\pi V p^3$ ;
  - Д) правильного ответа нет;
  - Е) не знаю
4. Статистическим ансамблем систем называется
- А) совокупность различных макросистем с одинаковыми микросостояниями;
  - Б) совокупность тождественных макросистем с одинаковыми микросостояниями;
  - В) совокупность тождественных макросистем, отличающихся своими микросостояниями;

- Г) совокупность различных макросистем, находящихся в различных микросостояниях;  
 Д) правильного ответа нет;  
 Е) не знаю
5. В замкнутой системе при равновесии  
 А) Все ее микросостояния равновероятны;  
 Б) вероятности различных микросостояний различны;  
 В) существует наиболее вероятное микросостояние;  
 Г) правильного ответа нет;  
 Д) не знаю
6. Вероятность того, что энергия замкнутой системы лежит в интервале значений от  $E$  до  $E + dE$ , определяется выражением:  
 А)  $dW = A\delta(E - E_0)d\Gamma$  ;  
 Б)  $dW = A\delta(E - E_0)dE$  ;  
 В)  $dW = A \frac{\delta\Gamma}{\delta E} \delta(E - E_0)dE$  ;  
 Г)  $dW = A \frac{\delta\Gamma}{\delta E} \delta(E - E_0)d\Gamma$  ;  
 Д) правильного ответа нет;  
 Е) не знаю
7. Квазинезависимыми подсистемами являются такие части системы, для которых числа состояний  $dg_i$  связаны с числом состояний системы  $dg$  соотношением  
 А)  $dg = \sum_{i=1}^N dg_i$  ;  
 Б)  $dg = \prod_{i=1}^N dg_i$  ;  
 В) все  $dg_i$  одинаковы и  $dg = dg_i$  ;  
 Г) все  $dg_i$  одинаковы и  $dg = Ndg_i$  ;  
 Д) правильного ответа нет;  
 Е) не знаю
8. Средняя энергия системы в термостате  
 А) совпадает с наиболее вероятной энергией;  
 Б) есть полная энергия системы;  
 В) равна сумме энергий системы и термостата;  
 Г) равна энергии термостата;  
 Д) правильного ответа нет;  
 Е) не знаю
9. Вероятность обнаружить фазовую точки в объеме  $d\Gamma$   

$$\text{А) } dW(p, q) = A e^{-\frac{E(p, q)}{\theta}} d\Gamma ;$$

$$\text{Б) } dW(p, q) = A \frac{\partial \Gamma}{\partial E} e^{-\frac{E(p, q)}{\theta}} d\Gamma ;$$

$$\text{В) } dW(p, q) = A e^{-\frac{E(p, q)}{\theta}} dE ;$$

$$\text{Г) } dW(p, q) = A \frac{\partial \Gamma}{\partial E} e^{-\frac{E(p, q)}{\theta}} dE ;$$
 Д) правильного ответа нет;  
 Е) не знаю
10. Статистическая энтропия замкнутой системы  
 А)  $\sigma = \ln \Gamma + \text{const}$  ;  
 Б)  $\sigma = -\ln \Gamma + \text{const}$  ;  
 В)  $\sigma = \ln \Gamma$  ;

- Г)  $\sigma = -\ln \Gamma$ ;
- Д) правильного ответа нет;
- Е) не знаю

11. Статистическая температура  $\vartheta$  замкнутой системы определяется соотношением

- А)  $\vartheta = \frac{\partial \sigma}{\partial E}$ ;
- Б)  $\vartheta = \frac{\partial \sigma}{\partial \overline{E}}$ ;
- В)  $\frac{1}{\vartheta} = \frac{\partial \sigma}{\partial E}$ ;
- Г)  $\frac{1}{\vartheta} = \frac{\partial \sigma}{\partial \overline{E}}$ ;

- Д) правильного ответа нет;
- Е) не знаю

12. Свободная энергия  $F$  связана с интегралом состояния  $Z$  соотношением:

- А)  $F = -\vartheta \ln Z$ ;
- Б)  $F = \vartheta \ln Z$ ;
- В)  $F = -\frac{1}{\vartheta} \ln Z$ ;
- Г)  $F = \frac{1}{\vartheta} \ln Z$ ;

- Д)  $F = -\ln Z$ ;
- Е)  $F = \ln Z$ ;
- Ж) правильного ответа нет;
- З) не знаю

13. Средняя скорость молекул одноатомного идеального газа

- А)  $\sqrt{\frac{3\vartheta}{m}}$ ;
- Б)  $\sqrt{\frac{2\vartheta}{m}}$ ;
- В)  $\sqrt{\frac{8\vartheta}{m}}$ ;
- Г)  $\sqrt{\frac{4\vartheta}{m}}$ ;

- Д) правильного ответа нет;
- Е) не знаю

14. Вероятность того, что одна из проекций скорости молекулы идеального газа положительна, равна

- А) 1/8;
- Б) 1/6;
- В) 1/4;
- Г) 1/2;
- Д) 1;

- Е) правильного ответа нет;
- Ж) не знаю

15. На каждую степень свободы приходится средняя кинетическая энергия, равная

- А)  $kT/2$ ;
- Б)  $kT$ ;
- В)  $3/2kT$ ;
- Г)  $5/2kT$ ;

- Д) правильного ответа нет;

- Е) не знаю
16. Средняя энергия классического одномерного гармонического осциллятора равна
- А)  $\frac{1}{2} \vartheta$ ;
  - Б)  $\frac{3}{2} \vartheta$ ;
  - В)  $\vartheta$ ;
  - Г)  $\frac{5}{2} \vartheta$ ;
  - Д) правильного ответа нет;
  - Е) не знаю
17. В системе невзаимодействующих частиц их распределение по координатам
- А) связано с распределением по скоростям;
  - Б) не связано с распределением по скоростям;
  - В) равномерно;
  - Г) правильного ответа нет;
  - Д) не знаю
18. При температуре абсолютного нуля сохраняются
- А) поступательные степени свободы;
  - Б) вращательные степени свободы;
  - В) колебательные степени свободы;
  - Г) нулевые колебания;
  - Д) правильного ответа нет;
  - Е) не знаю
19. Число вращательных степеней свободы двухатомной молекулы равно
- А) 1;
  - Б) 2;
  - В) 3;
  - Г) 4;
  - Д) 5;
  - Е) 6;
  - Ж) правильного ответа нет;
  - З) не знаю
20. Внутренняя энергия реального газа
- А) больше внутренней энергии идеального газа;
  - Б) равна внутренней энергии идеального газа;
  - В) меньше внутренней энергии идеального газа;
  - Г) правильного ответа нет;
  - Д) не знаю

### Тест 3 (КВАНТОВАЯ СТАТИСТИКА); пример варианта

#### Вариант 1

1. Для идеального газа фермионов при температуре  $T = 0$  К среднее число частиц, находящихся в  $k$ -том квантовом состоянии,
- А)  $\bar{n}_k \gg 1$ ;
  - Б)  $\bar{n}_k \geq 1$ ;
  - В)  $\bar{n}_k = 1$ ;
  - Г)  $\bar{n}_k \ll 1$ ;
  - Д)  $\bar{n}_k \leq 1$ ;
  - Е) может быть любым;
  - Ж) правильного ответа нет;
  - З) не знаю

2. Если число частиц идеального газа больше числа возможных состояний, то такие частицы описываются

- А) классической статистикой Максвелла-Больцмана;
- Б) статистикой Ферми-Дирака;
- В) статистикой Бозе-Эйнштейна;
- Г) Правильного ответа нет;
- Д) не знаю.

3. Для газа, описываемого статистикой Максвелла-Больцмана,

- А)  $\frac{\mu}{g} \rightarrow 0$ ;
- Б)  $\frac{\mu}{g} \rightarrow -\infty$ ;
- В)  $\frac{\mu}{g} \rightarrow \infty$ ;
- Г)  $\frac{\mu}{g} = 0$ ;
- Д)  $\frac{\mu}{g}$  может быть любым;
- Е) правильного ответа нет;
- Ж) не знаю

4. Вырождением называется

- А) всякое отклонение от распределения Максвелла-Больцмана, приводящее к распределениям Ферми-Дирака или Бозе-Эйнштейна;
- Б) отклонение от распределения Ферми-Дирака, приводящее к распределениям Максвелла-Больцмана или Бозе-Эйнштейна;
- В) понижение температуры идеального газа;
- Г) повышение температуры идеального газа;
- Д) Правильного ответа нет;
- Е) не знаю

5. Распределение Максвелла-Больцмана имеет вид:

- А)  $\bar{n} = e^{\frac{\mu - \varepsilon}{g}}$ ;
- Б)  $\bar{n} = e^{\frac{\varepsilon - \mu}{g}}$ ;
- В)  $\bar{n} = \frac{1}{e^{\frac{\varepsilon - \mu}{g}} - 1}$ ;
- Г)  $\bar{n} = \frac{1}{e^{\frac{\varepsilon - \mu}{g}} + 1}$ ;
- Д)  $\bar{n} = \frac{1}{e^{\frac{\mu - \varepsilon}{g}} - 1}$ ;
- Е)  $\bar{n} = \frac{1}{e^{\frac{\mu - \varepsilon}{g}} + 1}$ ;

- Ж) правильного ответа нет;
- З) не знаю

6. Среднее число частиц идеального газа фермионов в одном из состояний с энергией  $\varepsilon$  можно трактовать как

- А) вероятность обнаружить частицу с энергией  $\varepsilon$ ;
- Б) вероятность обнаружить одну частицу в любом состоянии с энергией  $\varepsilon$ ;
- В) вероятность того, что в рассматриваемом состоянии находится частица;

- Г) вероятность того, что в одном из состояний с энергией  $\epsilon$  находится  $\bar{n}$  частиц;  
 Д) правильного ответа нет;  
 Е) не знаю
7. Газ фермионов при температуре абсолютного нуля  
 А) невырожден;  
 Б) слабо вырожден;  
 В) сильно вырожден;  
 Г) полностью вырожден;  
 Д) правильного ответа нет;  
 Е) не знаю
8. Средняя энергия электронного газа в металлах  
 А) не отличается от энергии электронного газа при  $T = 0$ ;  
 Б) мало отличается от энергии электронного газа при  $T = 0$ ;  
 В) сильно отличается от энергии электронного газа при  $T = 0$ ;  
 Г) правильного ответа нет;  
 Д) не знаю
9. Уравнение состояния идеальных Бозе- и Ферми-газов имеет вид:  
 А)  $pV = (2/3)U$ ;  
 Б)  $pV = (1/3)U$ ;  
 В)  $pV = (3/2)U$ ;  
 Г)  $pV = U$ ;  
 Д) правильного ответа нет;  
 Е) не знаю
10. При  $T \rightarrow 0$  теплоемкость твердого тела  
 А) не зависит от температуры;  
 Б) пропорциональна  $T$ ;  
 В) пропорциональна  $T^2$ ;  
 Г) пропорциональна  $T^3$ ;  
 Д) правильного ответа нет;  
 Е) не знаю
11. Максимальная частота колебаний кристаллической решетки связана с температурой Дебая соотношением  
 А)  $\nu_{\max} = kT$ ;  
 Б)  $\nu_{\max} = \frac{kT}{h}$ ;  
 В)  $\nu_{\max} = \frac{h}{kT}$ ;  
 Г)  $\nu_{\max} = h k T$ ;  
 Д) правильного ответа нет;  
 Е) не знаю
12. Фонон является квазичастицей, т.к.  
 А) его масса покоя не равна нулю;  
 Б) выражения для энергии и импульса фонона совпадают с таковыми для фотона;  
 В) фонон может существовать лишь в твердом теле;  
 Г) правильного ответа нет;  
 Д) не знаю
13. Длина волны, соответствующая максимуму спектральной плотности энергии равновесного излучения, связана с температурой излучения соотношением  
 А)  $\lambda_m T = \text{const}$ ;  
 Б)  $\lambda_m / T = \text{const}$ ;



- В)  $\lambda_m/T = T \cdot const$  ;  
 Г) правильного ответа нет;  
 Д) не знаю

14. Для равновесного излучения газ фотонов

- А) не вырожден;  
 Б) слабо вырожден;  
 В) сильно вырожден;  
 Г) полностью вырожден;  
 Д) правильного ответа нет;  
 Е) не знаю

15. При температуре  $T < T_0$  ( $T_0$  - температура Бозе-конденсации)

- А)  $\mu < 0$ ;  
 Б)  $\mu > 0$ ;  
 В)  $\mu = 0$ ;  
 Г) правильного ответа нет;  
 Д) не знаю

### Индивидуальные задания

Номера заданий берутся из пособия «Горбенко Е.Е., Кара-Мурза С.В. Термодинамика и статистическая физика. Методическое пособие для самостоятельной работы студентов. – Луганск: Альма Матер, 2007. – 97с.

ВАРИАНТ									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>ТЕРМОДИНАМИКА</b>									
<b>2.1.2 Первый закон термодинамики</b>									
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
37	36	35	34	33	32	31	30	29	28
<b>2.2.2. Термодинамические циклы</b>									
44	43	42	41	40	39	45	46	47	48
<b>2.3.2. Энтропия</b>									
60	61	62	63	65	66	67	70	71	73
<b>2.4.2. Характеристические функции</b>									
75	78	79	80	81	82	83	84	85	86
<b>СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА</b>									
<b>1.2.1.2. Основные понятия статистической физики. Каноническое распределение Гиббса</b>									
1.1	1.3	1.5	1.11	1.12	1.13	1.15	1.16	1.21	1.23
<b>1.2.2.2. Распределение Максвелла</b>									
1.58	1.57	1.56	1.55	1.54	1.53	1.42	1.43	1.45	1.46
<b>1.2.3.2. Распределение Больцмана</b>									
1.61	1.63	1.64	1.65	1.66	1.67	1.68	1.69	1.71	1.73
<b>1.2.4.2. Квантовое распределение Гиббса</b>									
1,75	1.76	1.77	1.78	1.79	1.80	1.81	1.83	1.85	1.86

2.2.2.1. Квантовая статистика системы тождественных микрочастиц. Распределение Ферми-Дирака									
2.7	2.14	2.13	2.12	2.11	2.9	2.8	2.6	2.4	2.5
2.2.2.2. Квантовая статистика системы тождественных микрочастиц. Распределение Бозе-Эйнштейна									
2.15	2.16	2.17	2.18	2.19	2.20	2.21	2.22	2.23	2.24

## 2.2. Оценочные средства для промежуточной аттестации

### Вопросы к экзамену

1. Основные понятия термодинамики – внешние и внутренние параметры, обобщенные координаты и обобщенные силы
2. Внутренняя энергия как внутренний параметр. Работа в термодинамике
3. Теплообмен, количество теплоты, температура в термодинамике
4. Первый закон термодинамики. Применение первого закона термодинамики к изопроцессам в идеальном и реальном газах
5. Обратимые и необратимые процессы. Второй закон термодинамики. Математическая формулировка второго закона термодинамики
6. Основное термодинамическое тождество и неравенство. Закон возрастания энтропии
7. Характеристические функции. Внутренняя энергия и энтропия как характеристические функции. Энтальпия, свободная энергия и термодинамический потенциал Гиббса: их свойства
8. Дифференциальные уравнения термодинамики. Уравнение Гиббса-Гельмгольца
9. Системы с переменным числом частиц. Химический и большой термодинамический потенциалы
10. Гетерогенные системы. Фазы и компоненты. Условия равновесия многофазных многокомпонентных систем
11. Правило фаз Гиббса. Равновесие фаз в однокомпонентной системе. Агрегатные состояния вещества
12. Фазовые переходы и их классификация
13. Фазовые переходы первого рода
14. Фазовые переходы второго рода
15. Микро- и макросостояния. Метод Гиббса. Статистический ансамбль и его описание в фазовом пространстве. Фазовая функция распределения и ее связь с интегралами движения
16. Система в термостате. Квазизамкнутые (квазинезависимые) подсистемы.
17. Каноническое распределение Гиббса для классических и квантовых систем
18. Энтропия и температура в статистической физике. Свойства энтропии. Закон возрастания энтропии
19. Связь параметров канонического распределения с термодинамическими величинами
20. Интеграл состояний и свойства одноатомного идеального газа
21. Распределение Максвелла и распределение Больцмана. Барометрическая формула
22. Классическая теория теплоемкости идеального газа и ее недостатки. Основные положения квантовой теории теплоемкости
23. Вклад в теплоемкость двухатомного идеального газа поступательных, вращательных и колебательных степеней свободы
24. Идеальные классический Ферми- и Бозе- газы. Числа заполнения.
25. Распределения Максвелла-Больцмана, Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна.
26. Сопоставление статистик Максвелла-Больцмана, Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна. Критерий вырождения

27. Термодинамические свойства идеальных одноатомных Бозе- и Ферми- газов
28. Полностью вырожденный электронный газ. Уровень Ферми
29. Электронный газ в металле как вырожденный Ферми-газ. Энергия и теплоемкость электронного газа в металле
30. Равновесное излучение и его законы. Классическая теория равновесного излучения. Ультрафиолетовая катастрофа.
31. Применение статистики Бозе-Эйнштейна к равновесному излучению
32. Фононы. Применение статистики Бозе-Эйнштейна к колебаниям кристаллической решетки.
33. Распределение Гаусса для флуктуаций.
34. Флуктуации термодинамических величин
35. Явления переноса – теплопроводность, диффузия, вязкость