

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Казанский (Приволжский) федеральный университет»**

**Кафедра вычислительной физики**

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ДЛЯ ПРОВЕРКИ ОСТАТОЧНЫХ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ**

по дисциплине ДПП.Ф.02 «Основы теоретической физики (статистическая физика и термодинамика)»

по образовательной программе: 050203.65-02 – «Физика с дополнительной специальностью «информатика»»

Тестовые задания составлены с учетом требований Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования (2002 г. утверждения) по образовательной программе 050203.65-02 – «Физика с дополнительной специальностью «информатика»»

Разработчик оценочных материалов:

старший преподаватель кафедры \_\_\_\_\_ /Дёмин С.А./

Тесты рассмотрены и одобрены на заседании кафедры вычислительной физики, протокол № 5 от 17 марта 2012 г.

<b>Заведующий кафедрой</b>
_____ / <u>А.В. Мокшин</u> /
« _____ » _____ 2012 г.

Казань 2012

**Контрольные задания**  
**по курсу «Статистическая физика и термодинамика»**

1 вариант

1. Найти работу в изотермическом ( $T=const$ ), изобарном ( $p=const$ ), изохорном ( $V=const$ ) процессах для идеального газа.
2. Пользуясь уравнением:  $p + \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = T \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V$ , связывающим термическое и калорическое уравнения состояния, найти внутреннюю энергию для газа с термическим уравнением состояния Клаузиуса. Примечание: термическое уравнение для 1 моля газа Клаузиуса имеет вид:  $\left(p + \frac{a}{(V+c)^2}\right)(V-b) = RT$ .
3. Определить теплоемкость идеального газа в следующем процессе:  $pV^2 = const$ . Примечание: использовать выражение для определения показателя политропы  $n$ .
4. Предварительно определив внутреннюю энергию  $U$  и энтропию  $S$  для идеального газа, найти термодинамический потенциал  $F$  (свободная энергия:  $F=U-TS$ ).
5. Укажите фазовые переменные для свободной частицы.

## 2 вариант

1. Найти работу в изотермическом ( $T=const$ ), изобарном ( $p=const$ ), изохорном ( $V=const$ ) процессах для газа Ван-дер-Ваальса. Примечание: термическое уравнение для 1 моля газа Ван-дер-Ваальса имеет вид:  $\left(p + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT$ .
2. Пользуясь уравнением:  $p + \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = T\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V$ , связывающим термическое и калорическое уравнения состояния, найти внутреннюю энергию для газа со вторым термическим уравнением состояния Дитеричи. Примечание: второе термическое уравнение Дитеричи для 1 моля газа имеет вид:  $\left(p + \frac{a}{V^{5/3}}\right)(V - b) = RT$ .
3. Определить теплоемкость идеального газа в следующем процессе:  $p^2V = const$ . Примечание: использовать выражение для определения показателя политропы  $n$ .
4. Предварительно определив внутреннюю энергию  $U$  и энтропию  $S$  для идеального газа, найти термодинамический потенциал Гиббса  $G$  ( $G=U-TS+pV$ ).
5. Укажите фазовые переменные для линейного гармонического осциллятора.

### 3 вариант

1. Найти термические коэффициенты  $\alpha$ ,  $\beta_T$ ,  $\gamma$  для идеального газа. Примечание: коэффициент теплового расширения:  $\alpha = \frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_p$ , изотермическая сжимаемость:

$$\beta_T = -\frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial p} \right)_T, \text{ термический коэффициент давления: } \gamma = \frac{1}{p} \left( \frac{\partial p}{\partial T} \right)_V.$$

2. Пользуясь уравнением:  $p + \left( \frac{\partial U}{\partial V} \right)_T = T \left( \frac{\partial p}{\partial T} \right)_V$ , связывающим термическое и калорическое уравнения состояния, найти внутреннюю энергию для газа с термическим уравнением состояния Ван-дер-Ваальса. Примечание: термическое уравнение для 1 моля газа Ван-дер-Ваальса имеет вид:  $\left( p + \frac{a}{V^2} \right) (V - b) = RT$ .

3. Определить теплоемкость идеального газа в следующем процессе:  $\frac{p}{V} = \text{const}$ .

Примечание: использовать выражение для определения показателя политропы  $n$ .

4. Предварительно определив внутреннюю энергию  $U$  и энтропию  $S$  для идеального газа, найти термодинамический потенциал  $H$  ( $H = U + pV$ ).

5. Укажите фазовые переменные для двумерного гармонического осциллятора.

#### 4 вариант

1. Найти термические коэффициенты  $\alpha$ ,  $\beta_T$ ,  $\gamma$  для газа Ван-дер-Ваальса.

Примечание: термическое уравнение для 1 моля газа Ван-дер-Ваальса имеет

вид:  $\left(p + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT$ ; коэффициент теплового расширения определяется в

виде:  $\alpha = \frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_p$ , изотермическая сжимаемость:  $\beta_T = -\frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial p} \right)_T$ , термический

коэффициент давления:  $\gamma = \frac{1}{p} \left( \frac{\partial p}{\partial T} \right)_V$ .

2. Пользуясь уравнением:  $p + \left( \frac{\partial U}{\partial V} \right)_T = T \left( \frac{\partial p}{\partial T} \right)_V$ , связывающим термическое и

калорическое уравнения состояния, найти внутреннюю энергию (калорическое уравнение) для идеального газа.

3. Определить теплоемкость идеального газа в следующем процессе:

$pV^{\frac{5}{3}} = const$ . Примечание: использовать выражение для определения показателя политропы  $n$ .

4. Доказать термодинамическое тождество:  $\left( \frac{\partial p}{\partial V} \right)_T \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_p \left( \frac{\partial T}{\partial p} \right)_V = -1$ .

Воспользоваться вторым постулатом термодинамики.

5. Укажите фазовые переменные для трехмерного гармонического осциллятора.

## 5 вариант

1. Определить теплоемкость идеального газа в следующем процессе:  $pV^2 = const$ .

Примечание: использовать выражение для определения показателя политропы  $n$ .

2. Найти работу в изотермическом ( $T=const$ ), изобарном ( $p=const$ ), изохорном ( $V=const$ ) процессах для идеального газа.

3. Пользуясь уравнением:  $p + \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = T\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V$ , связывающим термическое и калорическое уравнения состояния, найти внутреннюю энергию для газа с термическим уравнением состояния Ван-дер-Ваальса. Примечание: термическое уравнение для 1 моля газа Ван-дер-Ваальса имеет вид:  $\left(p + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT$ .

4. Предварительно определив внутреннюю энергию  $U$  и энтропию  $S$  для идеального газа, найти термодинамический потенциал  $F$  (свободная энергия:  $F=U-TS$ ).

5. Покажите, что фазовая траектория линейного гармонического осциллятора в фазовом пространстве является эллипсом (уравнение эллипса:  $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$ ).

Примечание: воспользоваться законом сохранения энергии.

6 вариант

1. Пользуясь уравнением:  $p + \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = T\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V$ , связывающим термическое и калорическое уравнения состояния, найти внутреннюю энергию (калорическое уравнение) для идеального газа.
2. Определить теплоемкость идеального газа в следующем процессе:  $p^2V = const$ .  
Примечание: использовать выражение для определения показателя политропы  $n$ .
3. Предварительно определив внутреннюю энергию  $U$  и энтропию  $S$  для идеального газа, найти термодинамический потенциал  $H$  ( $H=U+pV$ ).
4. Найти работу в изотермическом ( $T=const$ ), изобарном ( $p=const$ ), изохорном ( $V=const$ ) процессах для газа Ван-дер-Ваальса. Примечание: термическое уравнение для 1 моля газа Ван-дер-Ваальса имеет вид:  $\left(p + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT$ .
5. Определить фазовую траекторию частицы, движущуюся с трением пропорциональным скорости  $F_{тр} = -\mu m v_x$  в одномерном случае.

## 7 вариант

1. Пользуясь уравнением:  $p + \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = T\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V$ , связывающим термическое и калорическое уравнения состояния, найти внутреннюю энергию для газа со вторым термическим уравнением состояния Дитеричи. Примечание: второе термическое уравнение Дитеричи для 1 моля газа имеет вид:  $\left(p + \frac{a}{V^{5/3}}\right)(V - b) = RT$ .

2. Найти термические коэффициенты  $\alpha$ ,  $\beta_T$ ,  $\gamma$  для идеального газа. Примечание: коэффициент теплового расширения:  $\alpha = \frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$ , изотермическая сжимаемость:

$$\beta_T = -\frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial p}\right)_T, \text{ термический коэффициент давления: } \gamma = \frac{1}{p}\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V.$$

3. Предварительно определив внутреннюю энергию  $U$  и энтропию  $S$  для идеального газа, найти термодинамический потенциал  $F$  (свободная энергия:  $F = U - TS$ ).

4. Определить теплоемкость идеального газа в следующем процессе:  $\frac{p}{V} = \text{const}$ .

Примечание: использовать выражение для определения показателя политропы  $n$ .

5. Предварительно найдя фазовую траекторию линейного гармонического осциллятора определить его фазовый объем. Примечание: воспользоваться формулой для определения площади эллипса.



## 8 вариант

1. Определить теплоемкость идеального газа в следующем процессе:  $pV^2 = const$ .

Примечание: использовать выражение для определения показателя политропы  $n$ .

2. Предварительно определив внутреннюю энергию  $U$  и энтропию  $S$  для идеального газа, найти термодинамический потенциал Гиббса  $G$  ( $G=U-TS+pV$ ).

3. Найти работу в изотермическом ( $T=const$ ), изобарном ( $p=const$ ), изохорном ( $V=const$ ) процессах для газа Ван-дер-Ваальса. Примечание: термическое

уравнение для 1 моля газа Ван-дер-Ваальса имеет вид:  $\left(p + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT$ .

4. Пользуясь уравнением:  $p + \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = T\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V$ , связывающим термическое и калорическое уравнения состояния, найти внутреннюю энергию (калорическое уравнение) для идеального газа.

5. Найти фазовую траекторию двумерного гармонического осциллятора.

## 9 вариант

1. Предварительно определив внутреннюю энергию  $U$  и энтропию  $S$  для идеального газа, найти термодинамический потенциал  $H$  ( $H=U+pV$ ).

2. Определить теплоемкость идеального газа в следующем процессе:  $\frac{p}{V} = const$ .

Примечание: использовать выражение для определения показателя политропы  $n$ .

3. Найти термические коэффициенты  $\alpha$ ,  $\beta_T$ ,  $\gamma$  для идеального газа. Примечание: коэффициент теплового расширения:  $\alpha = \frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_p$ , изотермическая сжимаемость:

$$\beta_T = -\frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial p} \right)_T, \text{ термический коэффициент давления: } \gamma = \frac{1}{p} \left( \frac{\partial p}{\partial T} \right)_V.$$

4. Пользуясь уравнением:  $p + \left( \frac{\partial U}{\partial V} \right)_T = T \left( \frac{\partial p}{\partial T} \right)_V$ , связывающим термическое и калорическое уравнения состояния, найти внутреннюю энергию для газа с термическим уравнением состояния Ван-дер-Ваальса. Примечание: термическое уравнение для 1 моля газа Ван-дер-Ваальса имеет вид:  $\left( p + \frac{a}{V^2} \right) (V - b) = RT$ .

5. Покажите, что фазовая траектория линейного гармонического осциллятора в фазовом пространстве является эллипсом (уравнение эллипса:  $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$ ).

Примечание: воспользоваться законом сохранения энергии.

## 10 вариант

1. Предварительно определив внутреннюю энергию  $U$  и энтропию  $S$  для идеального газа, найти термодинамический потенциал Гиббса  $G$  ( $G=U-TS+pV$ ).

2. Найти термические коэффициенты  $\alpha$ ,  $\beta_T$ ,  $\gamma$  для газа Ван-дер-Ваальса.

Примечание: термическое уравнение для 1 моля газа Ван-дер-Ваальса имеет

вид:  $\left(p + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT$ ; коэффициент теплового расширения определяется в

виде:  $\alpha = \frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_p$ , изотермическая сжимаемость:  $\beta_T = -\frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial p} \right)_T$ , термический

коэффициент давления:  $\gamma = \frac{1}{p} \left( \frac{\partial p}{\partial T} \right)_V$ .

3. Определить теплоемкость идеального газа в следующем процессе:  $p^2V = const$ .

Примечание: использовать выражение для определения показателя политропы  $n$ .

4. Пользуясь уравнением:  $p + \left( \frac{\partial U}{\partial V} \right)_T = T \left( \frac{\partial p}{\partial T} \right)_V$ , связывающим термическое и

калорическое уравнения состояния, найти внутреннюю энергию для газа со вторым термическим уравнением состояния Дитеричи. Примечание: второе

термическое уравнение Дитеричи для 1 моля газа имеет вид:  $\left( p + \frac{a}{V^{5/3}} \right) (V - b) = RT$ .

5. Укажите фазовые переменные для следующих систем:

а) свободная частица;

б) линейный гармонический осциллятор;

в) двумерный гармонический осциллятор;

г) трехмерный гармонический осциллятор.