

# 安徽师范大学

## 2016 年招收硕士研究生考题

科目名称: 统计物理学 科目代码: 704

考生请注意: 答案必须写在答题纸上, 写在本考题纸上的无效!

### 一、问答题(每小题 8 分, 共 40 分)

1. 若已知体系的吉布斯函数, 试写出相应的吉布斯—亥姆霍兹方程。
2. 简述焦耳-汤姆孙多孔塞实验的主要内容。
3. 什么是近独立子系? 近独立子系有哪三种分布? 它们各适用于什么样的系统?
4. 写出吉布斯相律的数学表达式。以盐水为例讨论二元系的自由度数。
5. 什么叫特性函数? 请写出简单系统的特性函数。

### 二、选择题(每小题 2 分, 共 20 分)

1. 可由热力学第二定律推出的结论是 ( )  
A. 第一类永动机是不可能造成的    B. 摩擦生热的逆过程是可以发生的  
C. 第二类永动机是不可能造成的    D. 热传导逆过程是可以发生的
2. 熵增加原理告诉我们 ( )  
A. 系统经可逆绝热过程后熵增加    B. 系统经可逆绝热过程后熵不变  
C. 系统经不可逆绝热过程后熵减少    D. 系统经不可逆绝热过程后熵不变
3. 定容压力系数的表达式是 ( )  
A.  $\beta = \lim_{\Delta T \rightarrow 0} \left( \frac{\Delta p}{\Delta T} \right)_V$     B.  $\beta = \lim_{\Delta T \rightarrow 0} \frac{1}{V} \left( \frac{\Delta p}{\Delta T} \right)_V$   
C.  $\beta = \lim_{\Delta T \rightarrow 0} \frac{1}{p} \left( \frac{\partial p}{\partial T} \right)_V$     D.  $\beta = \lim_{\Delta T \rightarrow 0} \left( \frac{\partial p}{\partial T} \right)_V$
4. 当经典极限条件不能成立时, 玻色分布和费米分布无法过渡为 ( )  
A. 正则分布    B. 微正则分布  
C. 麦克斯韦分布    D. 玻尔兹曼分布

5. 理想气体的最概然速率为 ( )

- A. 0      B.  $\sqrt{\frac{8kT}{\pi m}}$       C.  $\sqrt{\frac{3kT}{m}}$       D.  $\sqrt{\frac{2kT}{m}}$

6. 满足经典极限条件的费米系统中的粒子配分函数  $Z_1$  表示的内能是 ( )

- A.  $U = -N \frac{\partial}{\partial \beta} \ln Z_1$       B.  $U = N \frac{\partial}{\partial \beta} \ln Z_1$   
C.  $U = -\frac{\partial}{\partial \beta} \ln Z_1$       D.  $U = -\frac{N}{\beta} \frac{\partial}{\partial \beta} \ln Z_1$

7. 若所研究的问题中可不计及粒子之间存在相互作用, 则考察其平衡态的统计理论一般应采用 ( )

- A. 玻耳兹曼分布理论    B. 玻色分布理论    C. 系综理论    D. 最概然分布理论

8. 玻色分布表达式:  $f_s = \frac{1}{e^{\alpha + \beta \epsilon_s} - 1}$  中的  $f_s$  是 ( )

- A. 落入第  $s$  个能级的几率      B. 第  $s$  个能级上的粒子数  
C. 某个量子态  $s$  上分布的粒子数      D. 第  $s$  个态上的几率分布

9. 对于弱简并气体, 需要分别采用玻色分布和 ( ) 处理。

- A. 正则分布      B. 微正则分布  
C. 费米分布      D. 玻尔兹曼分布

10. 与热力学第二定律等价的定律是 ( )

- A. 机械能守恒定律      B. 能量转化与守恒定律  
C. 等概率原理      D. 卡诺定理

### 三、证明题 (第 1 小题 20 分, 第 2 小题 8 分, 本题共 28 分)

1. 试证明: 对于处在温度为  $T$  的平衡状态的经典系统, 粒子的能量中的每一个势能平方项的平均值为  $\frac{1}{2} kT$ 。(提示: 采用分步积分)

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{2} \alpha x^2 e^{-\frac{\beta}{2} \alpha x^2} dx = \left[ -\frac{x}{2\beta} e^{-\frac{\beta}{2} \alpha x^2} \right]_{-\infty}^{+\infty} + \frac{1}{2\beta} \int_{-\infty}^{+\infty} 1 \cdot \alpha x^2 e^{-\frac{\beta}{2} \alpha x^2} dx$$

2. 如果某种物质的体积与温度呈现线性关系  $V = a + bT$ , 证明它的定压热容量  $C_p$  与

压强无关。(提示:  $(\frac{\partial C_p}{\partial p})_T = -T(\frac{\partial^2 V}{\partial^2 T})_p$ ).

四、填空题 (每空 1 分, 共 22 分)

1. 压强为  $10^4 \text{ Pa}$  的气体经历等温膨胀过程后, 其温度将\_\_\_\_\_, 内能将\_\_\_\_\_。
2. 多元复相系的吉布斯相律的公式为\_\_\_\_\_。当体系的组元为 3, 相数目为 2, 则体系的自由度数目为: \_\_\_\_\_, 可以独立改变的强度量变量的数目是\_\_\_\_\_。
3. 定域子系统遵从\_\_\_\_\_分布, 简并气体遵从\_\_\_\_\_。自由电子气遵从\_\_\_\_\_分布, 对于玻耳兹曼系统, 与分布  $\{a_i\}$  对应的微观态数是\_\_\_\_\_。
4. 对于物态方程为  $(p+a)(V-b)=RT$  的气体, 其体胀系数  $\alpha =$ \_\_\_\_\_, 压强系数\_\_\_\_\_。
5. 正则分布的量子形式为\_\_\_\_\_, 配分函数为\_\_\_\_\_。
6. 在温度为  $T$  时, 根据能均分定理可以得到单原子分子理想气体中每个分子的平均能量:  $\bar{\varepsilon} =$ \_\_\_\_\_。
7. 稳定系综的条件为\_\_\_\_\_, 或\_\_\_\_\_。
8. 单元两相系的达到平衡时所满足的平衡条件是: 热平衡条件: \_\_\_\_\_、力学平衡条件: \_\_\_\_\_、化学平衡条件: \_\_\_\_\_。
9. 对于一个三元系统, 最多有\_\_\_\_\_个相共存且处于平衡态。
10. 在  ${}^4\text{He}$  原子、 ${}^2\text{H}$  原子、 ${}^3\text{H}$  核、 ${}^4\text{He}$  核等粒子中, 属于费米子的有\_\_\_\_\_;  
属于玻色子的有\_\_\_\_\_。

五、计算题 (每小题 20 分, 共 40 分)

1. 已知粒子遵从经典玻耳兹曼分布分布, 其能量表达式为:

$$\varepsilon = \frac{1}{2m}(p_1^2 + p_2^2 + p_3^2) + cx^2 + dx, \text{ 其中 } c, d \text{ 是粒子常量, 求粒子的平均能量。}$$

2. 设某系统含有 3 个粒子, 粒子的个体量子态有 3 个。试列表讨论, 对于玻耳兹曼系统、玻色系统、费米系统各有哪些可能的微观状态。

考生请注意: 答案必须写在答题纸上, 写在本考题纸上的无效!