云南师范大学 2010——2011 学年上学期统一考试

《热力学统计物理》试卷

学院 物电学院 专业 物理类 班级________学号______________姓名__________

考试方式：闭卷　　　考试时量：120 分钟　　试卷编号：B 卷

题号	一	二	三	四	总分	评卷人
得分						

一 判断题（每小题 2 分，共 20 分，请在括号内打“√”或打“×”）

1、（　　）热力学是研究热运动的宏观理论，统计物理学是研究热运动的微观理论。

2、（　　）热力学平衡态与热力学稳恒态不同，前者有孤立条件的要求，后者则没有。

3、（　　）在等温等容系统中吉布斯函数永不减小，可逆过程吉布斯函数不变，不可逆过程吉布斯函数增加。

4、（　　）绝对黑体的面辐射强度与平衡辐射的辐射通量密度完全相同，所以平衡辐射也称为黑体辐射。

5、（　　）处于孤立状态的单元二相系，在两相热平衡条件已经满足但力学平衡条件未能满足的情况下，压强小的相将膨胀，压强大的相将被压缩。

6、（　　）在准静态过程中系统从外界吸收的热量等于粒子分布不变时由于能级改变而引起的内能变化。

7、（　　）玻色分布是玻色系统微观状态数最多的分布，出现的概率最大，称为最概然分布。

8、（　　）在弱简并情况下，玻色气体的附加内能为正，量子统计关联使玻色子间出现等效的吸引作用。

9、（　　）发生玻色-爱因斯坦凝聚现象时，玻色凝聚体的内能、动量、压强和熵均为零。

10、（　　）费米气体处在绝对零度时的费米能量、费米动量、费米简并压强和熵均不为零。

二 填空题（每空 2 分，共 20 分）

1、发生一级相变时两相__________________连续，但化学势的________________________发生突变。

2、利用准静态绝热过程制冷的依据用气体的温度随压强的变化率表示为________________________。

3、普适气体常数 R 与阿伏伽德罗常数 N_0 和玻耳兹曼 k 之间的数学关系为______________________。

4、如果用 α 表示液相，β 表示气相，则形成半径为 r 的液滴的力学平衡条件为___________________。

5、玻耳兹曼的墓志铭用数学关系表示为_________________。玻色分布的数学表示为______________。

6、绝对零度下自由电子气体的费米压强 p（0）与费米能量μ（0）之间的数学关系为______________。

7、____公式在高频段与黑体辐射实验曲线相符合。

8、对于处在平衡状态的孤立系统，系统各个可能的微观状态出现的概率 ________________________。

一. 简述题（每小题 8 分，共 16 分）

1、简述热力学平衡态和热力学稳恒态；谈谈你对耗散结构和生命过程关系的认识。

2、用量子统计得到的熵与用经典统计得到的熵有何不同，两者之间是如何转化的？

四 计算题（共 44 分）

积分公式：$I(2)=\int_0^\infty e^{-\alpha x^2}x^2dx=\dfrac{\sqrt{\pi}}{4\alpha^{3/2}}$

1、利用 $C_p-C_V=T(\dfrac{\partial p}{\partial T})_V(\dfrac{\partial V}{\partial T})_p$ 证明，对理想气体 $C_p-C_V=nR$。（6 分）

2、 已知简单热力学系统的特性函数 H，求系统的（1）内能;(2)自由能;(3)吉布斯函数。（12 分）

3、 表面活性物质的分子在液面上作二维自由运动，可以看作二维气体。已知二维气体的麦克斯韦速率概率分布为 $\rho(v)dv=2\pi(\dfrac{m}{2\pi kT})e^{-\frac{m}{2kT}v^2}vdv$。试求（1）速率分布函数 f(v)；（2）最概然速率；（3）平均速率。（12 分）

3、顺磁固体体积 V 中 N 个磁性离子定域在晶体的特定格点上,在密度较低,彼此相距足够远时相互作用可以忽略，这时顺磁性固体可以当作定域系统。假定磁性离子磁矩 μ 在外磁场 B 中有两个非简并的分离能级 ε = ± μB。试求（1）配分函数；（2）顺磁固体的内能（3）顺磁固体的熵。（14 分）

云 南 师 范 大 学 课 程 考 试

试 卷 参 考 答 案 及 评 分 标 准

课程名称：《热力学统计物理》　　考试班级：<u>　08 物理类</u>

试卷编号：<u>　B卷　</u>　命题教师签名：______　　______年___月___日

一.　判断题（每小题 2 分，共 20 分，请在括号内打“√”或“×”）

1√　2√　3×　4√　5×　6×　7√　8×　9√　10　√

二.　填空题（每空 2 分，共 20 分）

1、化学势，一阶偏导数；2、$(\frac{\partial T}{\partial p})_S=\frac{VT\alpha}{C_p}$；3、$R=kN_0$；4、$p^\alpha=p^\beta+\frac{2\sigma}{r}$

5、$S=k\ln\Omega$，$a_l=\frac{\omega_l}{e^{\alpha+\beta\varepsilon_l}-1}$6、玻色 7、$p(0)=\frac{2}{5}n\mu(0)$　8、相等的

三．简述题（每小题 8 分，共 16 分）

简答（略）

四．计算题（6 分、12 分、12 分、14 分，共 44 分）

1、解：证明：由理想气体状态方程 $pV=nRT$，（1 分）

求出偏导数 $(\frac{\partial p}{\partial T})_V=\frac{nR}{V}$（2 分），$(\frac{\partial V}{\partial T})_p=\frac{nR}{p}$（2 分），

代入 $C_p-C_V=T(\frac{\partial p}{\partial T})_V(\frac{\partial V}{\partial T})_p=\frac{Tn^2R^2}{pV}=nR$（1 分）

2、解：特性函数焓的全微分　$dH=(\frac{\partial H}{\partial S})_p dS+(\frac{\partial H}{\partial p})_S dp,$　　（2 分）

比较热力学方程 $dH = TdS + Vdp$，（2分）

得 $T = (\frac{\partial H}{\partial S})_p$， $V = (\frac{\partial H}{\partial p})_S$，（2分）

内能 $U = H - pV = H - (\frac{\partial H}{\partial p})_S p$，（2分）

自由能 $F = U - TS = H - (\frac{\partial H}{\partial p})_S p - (\frac{\partial H}{\partial S})_p S$（2分）

吉布斯函数 $G = H - ST = H - (\frac{\partial H}{\partial S})_p S$，（2分）

3、 解：（1）分布函数 $f(v) = n\rho(v) = 2\pi n(\frac{m}{2\pi kT})e^{-\frac{m}{2kT}v^2} v$（2分）

（2）最概然速率

令 $\frac{df(v)}{dv} = 2\pi n(\frac{m}{2\pi kT})(1 - \frac{m}{kT}v^2)e^{-\frac{m}{2kT}v^2} = 0$

解出 $V_m = \sqrt{\frac{KT}{m}}$（5分）

（3）$\overline{V} = \int v\rho(v)dv = 2\pi(\frac{m}{2\pi kT})\int_0^\infty v^2 e^{-\frac{m}{2kT}v^2} dv = \sqrt{\frac{\pi kT}{2m}}$（5分）

4、解：（1）$z_1 = \sum_l \omega_l e^{-\beta\varepsilon_l} = e^{\beta\mu B} + e^{-\beta\mu B}$（2分）

（2）$U = -N\frac{\partial}{\partial\beta}\ln Z_1 = -N\mu B\frac{e^{\beta\mu B} - e^{-\beta\mu B}}{e^{\beta\mu B} + e^{-\beta\mu B}} = -N\mu B \tanh\frac{\mu B}{kT}$（6分）

（3）
$$\begin{aligned} S &= Nk(\ln z_1 - \beta\frac{\partial}{\partial\beta}\ln z_1) = Nk\left[\ln(e^{\beta\mu B} + e^{-\beta\mu B}) - \mu B\beta(\frac{e^{\beta\mu B} - e^{-\beta\mu B}}{e^{\beta\mu B} + e^{-\beta\mu B}})\right] \\ &= Nk\left[\ln 2 + \ln\cosh(\frac{\mu B}{kT}) - \frac{\mu B}{kT}\tanh(\frac{\mu B}{kT})\right] \end{aligned}$$
（6分）