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：A 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微观理论，统计物理学是研究热运动的宏观理论。

2、(　　) 热力学平衡态与孤立系统的熵最小、微观粒子混乱度最小以及微观状态数最少的分布对应。

3、(　　) 在等温等压系统中自由能永不减小，可逆过程自由能不变，不可逆过程自由能增加。

4、(　　) 对平衡辐射而言，物体在任何频率处的面辐射强度与吸收因数之比对所有物体相同，是频率和温度的普适函数。

5、(　　) 处于孤立状态的单元二相系，如果两相热平衡条件未能满足，能量将从高温相传到低温相去。

6、(　　) 在准静态过程中外界对系统所作的功等于粒子分布不变时由于能级改变而引起的的内能变化。

7、(　　) 玻耳兹曼分布是玻耳兹曼系统中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，费米气体的附加内能为负，量子统计关联使费米子间出现等效的吸引作用。

9、(　　) 出现玻色-爱因斯坦凝聚现象时，玻色系统的内能、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、费米动量和费米简并压强和熵均为零。

二 填空题（每空 2 分，共 20 分）

1、发生二级相变时两相化学势、化学势的一级偏导数________，但化学势的_______级偏导数发生突变。

2、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__________________________。

3、孤立系统平衡的稳定性条件表示为______________________________和_________________________。

4、如果采用对比变量，则范氏对比方程表示为____。

5、玻耳兹曼的墓志铭用数学关系表示为____________________。费米分布表示为____________________。

6、绝对零度下自由电子气体的内能 U（0）与费米能量μ（0）之间的数学关系为____________________。

7、____公式在低频段与普朗克辐射曲线相符合。

三 简述题（每小题 8 分，共 16 分）

1、简述热力学第一定律和热力学第二定律；谈谈你对节约能源、低碳生活以及可持续发展的认识。

2、简述玻色－爱因斯坦凝聚现象；谈谈玻色－爱因斯坦凝聚现象与气-液相变之间的差别。

四 计算题（共 44 分）

积分公式： $I(2)=\int_0^{\infty} e^{-\alpha x^2} x^2 dx=\frac{\sqrt{\pi}}{4\alpha^{3/2}}$ $\qquad$ $I(3)=\int_0^{\infty} e^{-\alpha x^2} x^3 dx=\frac{1}{2\alpha^2}$

1、利用雅可比行列式证明：$\kappa_s/\kappa_T=C_V/C_p$。（6 分）

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

2、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 $\rho(v)dv=2\pi(\frac{m}{2\pi kT})e^{-\frac{m}{2kT}v^2}vdv$。试求（1）平均速率；（2）方均根速率；（3）速率涨落。（12 分）

4、已知电子气体的巨配分函数的对数为 $\ln\Xi=\frac{16\pi V}{15h^3}(\frac{2m}{\beta})^{3/2}(-\alpha)^{5/2}(1+\frac{5\pi^2}{8\alpha^2})$。利用费米系统热力学量的统计表达式计算（1）自由电子气体内能；（2）物态方程；（3）平均粒子数；（4）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：　08 物理类

试卷编号：　A 卷　　命题教师签名：________　______年___月___日

一.　判断题（每小题 2 分，共 20 分）

1× 2× 3× 4√ 5√ 6√ 7√ 8× 9× 10×

二.　填空题（每空 2 分，共 20 分）

1、连续，二；2、$R=kN_0$；3、$C_V>0,(\frac{\partial p}{\partial V})_T<0$　4、$(p^*+\frac{3}{v^{*2}})(v^*-\frac{1}{3})=\frac{8}{3}t^*$

5、$S=k\ln\Omega$，$a_l=\frac{\omega_l}{e^{\alpha+\beta\varepsilon_l}+1}$；6、$U(0)=\frac{3}{5}N\mu(0)$；　7、瑞利-金斯

三.　简述题（每小题 8 分，共 16 分）

解答（略）

四. 计算题（6 分、12 分、12 分、14 分，共 44 分）

1．解：$$\kappa_s/\kappa_T=\frac{-\frac{1}{V}(\frac{\partial V}{\partial p})_S}{-\frac{1}{V}(\frac{\partial V}{\partial p})_T}=\frac{\frac{\partial(V,S)}{\partial(p,S)}}{(\frac{\partial(V,T)}{\partial(p,T)}}=\frac{\frac{\partial(V,S)}{\partial(V,T)}}{(\frac{\partial(p,S)}{\partial(p,T)}}=$$

$$=\frac{(\frac{\partial S}{\partial T})_V}{(\frac{\partial S}{\partial T})_p}=\frac{T(\frac{\partial S}{\partial T})_V}{T(\frac{\partial S}{\partial T})_p}=C_V/C_p$$　　（每个等号1分）

2．解：自由能的全微分 $dF=(\frac{\partial F}{\partial T})_V dT+(\frac{\partial F}{\partial V})_T dV,$ （2分）

比较热力学方程 $dF=-SdT-pdV$ （2分）

得熵和物态方程 $S=-(\frac{\partial F}{\partial T})_V \quad p=-(\frac{\partial F}{\partial V})_T$ （2分）

内能 $U=F+ST=F-T\frac{\partial F}{\partial T}$ （2分）

焓 $H=U+pV=F-T\frac{\partial F}{\partial T}-V\frac{\partial F}{\partial V}$ （2分）

吉布斯函数 $G=H-ST=F-T\frac{\partial F}{\partial T}-V\frac{\partial F}{\partial V}+T\frac{\partial F}{\partial T}$

$=F-V\frac{\partial F}{\partial V}$ （2 分）

3．解：（1）$\overline{V}=\int v\rho(v)dv=2\pi(\frac{m}{2\pi kT})\int_0^\infty v^2 e^{-\frac{m}{2kT}v^2}dv=\sqrt{\frac{\pi kT}{2m}}$ （4 分）

（2）$\overline{V^2}=\int v^2\rho(v)dv=2\pi(\frac{m}{2\pi kT})\int_0^\infty v^3 e^{-\frac{m}{2kT}v^2}dv=\frac{2kT}{m}$ （4 分）

（3）$\overline{(V-\overline{V})^2}=\overline{V^2}-\overline{V}^2=\frac{2kT}{m}-\frac{\pi kT}{2m}=(4-\pi)\frac{kT}{2m}$ （4 分）

4．解： $U=-\frac{\partial}{\partial\beta}\ln\Xi=\frac{3}{2\beta}\frac{16\pi V}{15h^3}(\frac{2m}{\beta})^{3/2}(-\alpha)^{5/2}(1+\frac{5\pi^2}{8\alpha^2})=\frac{3}{2\beta}\ln\Xi$ （4 分）

$p=\frac{1}{\beta}\frac{\partial}{\partial V}\ln\Xi=\frac{1}{\beta}\frac{16\pi}{15h^3}(\frac{2m}{\beta})^{3/2}(-\alpha)^{5/2}(1+\frac{5\pi^2}{8\alpha^2})=\frac{1}{\beta V}\ln\Xi$ （4 分）

$$\overline{N}=-\frac{\partial}{\partial\alpha}\ln\Xi=\frac{16\pi V}{15h^3}(\frac{2m}{\beta})^{3/2}\frac{5}{2}(-\alpha)^{3/2}(1+\frac{5\pi^2}{8\alpha^2})+\frac{16\pi V}{15h^3}(\frac{2m}{\beta})^{3/2}(-\alpha)^{5/2}\frac{5\pi^2}{4\alpha^3}$$
$$=\frac{8\pi V}{3h^3}(\frac{2m}{\beta})^{3/2}(-\alpha)^{3/2}(1+\frac{5\pi^2}{8\alpha^2})-\frac{8\pi V}{3h^3}(\frac{2m}{\beta})^{3/2}(-\alpha)^{3/2}\frac{\pi^2}{2\alpha^2}$$
$$=\frac{8\pi V}{3h^3}(\frac{2m}{\beta})^{3/2}(-\alpha)^{3/2}(1+\frac{\pi^2}{8\alpha^2})$$

（4 分）

$S=k(\ln\Xi-\alpha\frac{\partial\ln\Xi}{\partial\alpha}-\beta\frac{\partial\ln\Xi}{\partial\beta})=k(\ln\Xi+\alpha\overline{N}+\beta U)=k(\frac{5}{2}\ln\Xi+\alpha\overline{N})$ （2 分）