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：**C 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系统的熵最大、微观粒子混乱度最大以及微观状态数最多的分布对应。

3、(　　) 在等内能等容系统中熵增加的过程永远不会发生，可逆过程熵不变，不可逆过程熵减小。

4、(　　) 平衡辐射的内能密度 u 和内能密度按频率的分布 u(ω)只取决于温度，与空窖的其它性质无关。

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，但化学平衡条件未能满足的情况下，物质将由化学势高的相转移到化学势低的相去。

6、(　　) 在准静态过程中系统从外界吸收的热量等于能级不变时粒子在各能级重新分布所增加的内能。

7、(　　) 费米分布是费米系统微观状态数最少的分布，出现的概率最小，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正。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-爱因斯坦凝聚体的内能、动量、压强和熵均为零。

10、(　　) 在绝对零度下，自由电子气体的费米能量、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 n 级相变时，两相化学势、化学势的一级偏导数、直到 n-1 级偏导数连续，但 n 级偏导数_____。

2、卡诺定理指出，对所有工作于两个一定温度之间的热机，以________________________的效率最高。

3、利用准静态绝热过程去磁制冷的依据用温度随磁场的变化率表示为__________________________。

4、平衡的稳定性条件表示为____________________________和______________________________。

5、如果用 α 表示液相，β 表示气相，则形成半径为 r 的气泡的力学平衡条件为____________________。

6、玻耳兹曼的墓志铭用数学关系表示为_____________。玻耳兹曼分布表示为____________________。

7、绝对零度下自由电子气体中每一个自由电子的平均内能与费米能量μ（0）之间的数学关系为______。

8、在绝对零度时，费米能级以下的所有能级的一个量子态上的平均粒子数为______________________。

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、谈谈电子气体的费米简并压强的来源和特点；简述恒星、中子星和白矮星内部的力学平衡机制。

四 计算题（共 44 分）

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

1、定量证明理想气体绝热线比等温线陡。（8 分）

2、已知简单热力学系统的特性函数 U，求系统的（1）焓；（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 $\rho(v)dv=2\pi(\frac{m}{2\pi kT})e^{-\frac{m}{2kT}v^2}vdv$。试求（1）速率分布函数 $f(v)$；（2）气体速率的涨落 $\overline{(V-\overline{V})^2}$。（12 分）

4、已知光子气体的巨配分函数的对数 $\ln\Xi=\frac{\pi^2V}{45c^3}\frac{1}{(\beta\hbar)^3}$。利用玻色系统热力学量的统计表达式计算光子气体的（1）内能；（2）物态方程；（3）熵；（4）斯特藩—玻耳兹曼常量σ。（12 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：__C卷__　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、不连续；2、可逆卡诺热机；3、$(\frac{\partial T}{\partial H})_S = \frac{CV\mu_0}{C_H T}H$；4、$C_V > 0, (\frac{\partial p}{\partial V})_T < 0$；

4、$p^\beta = p^\alpha + \frac{2\sigma}{r}$；5、$S = k\ln\Omega$，$a_l = \omega_l e^{-\alpha-\beta\varepsilon_l}$；6、$\frac{3}{5}\mu(0)$；7、1

三．　简述题（每小题 8 分，共 16 分）

简答（略）

四．计算题（8 分、12 分、12 分、12 分，共 44 分）

1、证明：等温过程 $pV = C_1 \Rightarrow \ln p + \ln V = \ln C_1 \Rightarrow \frac{dp}{p} + \frac{dV}{V} = 0 \Rightarrow \frac{dp}{dV} = -\frac{p}{V}$

绝热过程 $pV^\gamma = C_2 \Rightarrow \ln p + \gamma\ln V = \ln C_2 \Rightarrow \frac{dp}{p} + \gamma\frac{dV}{V} = 0 \Rightarrow \frac{dp}{dV} = -\gamma\frac{p}{V}$

所以在绝热线和等温线相交点处（具有相同的 p,V），由于 $\gamma > 1$，有

$\left|-\gamma\frac{p}{V}\right|>\left|-\frac{p}{V}\right|$，绝热线的斜率大于温线的斜率，故绝热线比等温线陡。

2、解：内能特性函数的全微分 $dU=(\frac{\partial U}{\partial S})_V dS+(\frac{\partial U}{\partial V})_S dV,$ （2 分）

比较 $dU=TdS-pdV$， （2 分）

得 $T=(\frac{\partial U}{\partial S})_V$， $p=-(\frac{\partial U}{\partial V})_S$， （2 分）

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

自由能 $F=U-TS=U-(\frac{\partial U}{\partial S})_V S$， （2 分）

吉布斯函数 $G=F+pV=U-(\frac{\partial U}{\partial S})_V S-(\frac{\partial U}{\partial V})_S V$，（2 分）

3、解：由 $\rho(v)dv=2\pi(\frac{m}{2\pi kT})e^{-\frac{m}{2kT}v^2}vdv$，

$$f(v)=n\rho(v)=2\pi n(\frac{m}{2\pi kT})e^{-\frac{m}{2kT}v^2}v$$ （3 分）

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

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

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

4、解：（1） $U=-\frac{\partial}{\partial\beta}\ln\Xi=\frac{\pi^2k^4V}{15c^3\hbar^3}T^4$ （3 分）

（2） $U=-\frac{1}{\beta}\frac{\partial}{\partial\beta}\ln\Xi=\frac{\pi^2k^4}{45c^3\hbar^3}T^4$ （3 分）

（3） $S=k(\ln\Xi-\beta\frac{\partial\ln\Xi}{\partial\beta})=k(\ln\Xi+\beta U)=\frac{4\pi^2k^4}{45c^3\hbar^3}T^4V$ （3 分）

（4）由斯特藩—玻耳兹曼定律 $J_u=\frac{1}{4}cu=\sigma T^4$ （3 分）

$$\sigma=\frac{\pi^2k^4}{60c^2\hbar^3}$$