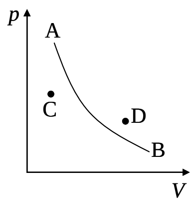
往年考题参考

考试科目：<u>信息科学中的物理学（上）</u>

考试时间： **<u> 2022 </u>** 年 **<u> 12 </u>** 月 **<u> 19 </u>** 日 （线上考试）

一．判断题（每小题 1.5 分，共 15 分）

1. 将一根均匀的金属棒的一端置于一个很大容器内的冰水混合物中，另一端置于酒精灯上加热，经过足够长时间后，金属棒将处于平衡态
2. 一个热力学系统具有一定的内能和热量
3. 准静态过程就是由一系列的平衡态组成的过程
4. 热力学第二定律也可以说成：“系统的熵永不减小”
5. 系统进行一不可逆过程的结果必然导致系统的熵增加
6. 可逆卡诺循环给出了工作于两个热源之间的所有热机效率的上限
7. 如右图所示，AB 为一理想气体的等温线，C 态与 D 态在 AB 线的两侧，则 D 态的温度大于 C 态的温度



8. 功可以全部转换为热，但热不能全部转换为功
9. 不可逆过程就是不能向相反方向进行的过程
10. 一切自发过程都是不可逆的

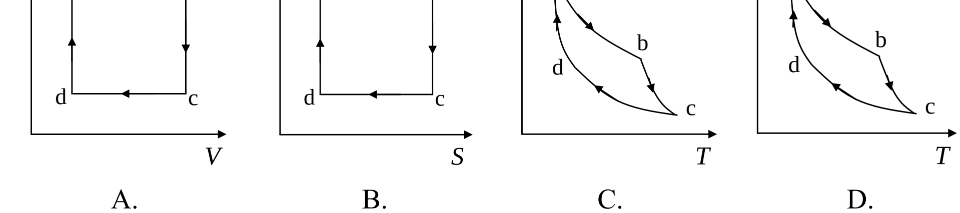
二．选择题（每小题 3 分，共 18 分）

1. 平衡态统计力学的基本假设是（　　　）

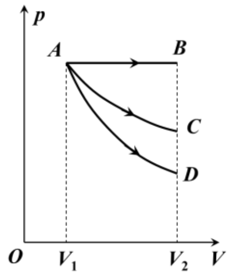
A. 系统的熵极大　　　B. 孤立系统处于平衡态时，所有微观态出现的概率相同

C. 系统的宏观量是相应微观量的统计平均值　　　D. 准静态近似

2. 下图中哪一个表示的是卡诺循环（　　　）



3. 系统从 V_1 分别经历了等温、等压、绝热三个不同的过程到 V_2，如右图所示，下列说法正确的是（　　　）



A. AD 线为等温过程

B. 温度的改变量（绝对值）是等压过程最大

C. 各过程吸热量大小为：$Q_{AD}>Q_{AC}>Q_{AB}$

D. 经过绝热过程后气体内能增加

4. 设某种气体的分子速率分布函数为 $f(v)$，则速率在 v_1~v_2 区间内的分子的平均速率为（　　　）

A. $\int_{v_1}^{v_2} vf(v)dv$　　B. $v\int_{v_1}^{v_2} vf(v)dv$

C. $\int_{v_1}^{v_2} vf(v)dv/\int_{v_1}^{v_2} f(v)dv$　　D. $\int_{v_1}^{v_2} f(v)dv/\int_{0}^{\infty} f(v)dv$

5. 设理想气体遵循麦克斯韦速率分布律，则其速率倒数的平均值$\overline{\left(\frac{1}{v}\right)}$为（　　　）

A. $\sqrt{\frac{2m_0}{\pi kT}}$　　B. $\sqrt{\frac{\pi m_0}{8kT}}$　　C. $\sqrt{\frac{m_0}{3kT}}$　　D. $\sqrt{\frac{\pi m_0}{2kT}}$

6. 一定量气体先经过等体过程，使其温度升高一倍，在经过等温过程，使其体积膨胀为原来的 2 倍，关于末态中气体分子的说法，正确的是（　　　）

A. 平均自由程减小为原来的一半　　B. 黏度增加为原来的$2\sqrt{2}$倍

C. 扩散系数增加为原来的$\sqrt{2}$倍　　D. 热传导系数增加为原来的$\sqrt{2}$倍

三．简答题（每小题 6 分，共 30 分）

（注：语言请尽量简洁，每小题答题不要超过 100 字。）

1．温度是热学中特有的物理量，在日常生活中人们用以表示物体冷热的程度，可使用温度计来测量，除此之外，请你再写出 3 个对于“温度”的定义。

2. 原则上，有没有可能做出一个完全不消耗能量的计算机？为什么？

3. 对于气体的自由膨胀过程，某同学说：“由于系统是绝热的，所以没有热量交换，$\Delta Q=0$；没有做功，$\Delta A=0$；因此内能变化$\Delta E=0$，所以对于理想气体而言其温度 T 不变。但是，这不意味着熵变$\Delta S=\Delta Q/T=0$吗？”你认为这位同学说的是否正确？为什么？

4. 北京的冬天寒风凌冽。有同学说："风大，表示空气分子的速度大；风寒，表示温度低，即空气分子的速度小。这不是矛盾吗？"你认为是否矛盾？为什么？

5. 在本课程的学习中，你认为最受启发的物理思想或物理方法是什么？为什么？

四．证明题（12 分）

试从麦克斯韦速率分布律出发，证明气体分子按平动动能 ε 分布的形式为：

$$f(\varepsilon)d\varepsilon=\frac{2}{\sqrt{\pi}}(kT)^{-\frac{3}{2}}e^{-\frac{\varepsilon}{kT}}\varepsilon^{\frac{1}{2}}d\varepsilon$$

并求出分子平动动能的最概然值 ε_p。

五．计算题（12 分）

有 N 个质量为 m 的单原子分子组成的理想气体，它们被装在边长为 L 的立方容器内，其上下底与地球表面平行，设在容器的范围内重力场是均匀的，若气体处于温度为 T 的平衡态，遵循麦克斯韦-玻尔兹曼分布，计算：（1）分子的平均动能；（2）分子的平均势能。

六．计算题（13 分）

假定 1 mol 氢气（视为刚性分子的理想气体）遵从状态变化方程 pV^2=常量，现由初态 $p_1=1.013\times10^6$ Pa、$V_1=1.0\times10^{-3}$ m^3 膨胀至末态 $V_2=4.0\times10^{-3}$ m^3。求（1）氢气对外所做的功；（2）氢气内能的增量；（3）氢气的熵的增量。

附录：

1、物理常量值：

玻尔兹曼常量 $k = 1.38\times10^{-23}$ J/K

阿伏伽德罗常量 $N_{\mathrm{A}} = 6.02\times10^{23}\ \mathrm{mol}^{-1}$

普适气体常量 $\mathrm{R} = 8.31\ \mathrm{J/(mol\cdot K)}$

2、常用不定积分公式：

$$\int x^{\alpha}dx=\frac{1}{\alpha+1}x^{\alpha+1}\quad \int\frac{1}{x}dx=\ln|x|+C\quad \int\frac{1}{\sqrt{1-x^2}}dx=\arcsin x+C$$

$$\int x\mathrm{e}^{ax}\mathrm{d}x=\frac{1}{a^2}(ax-1)\mathrm{e}^{ax}+C\quad \int\sin x\mathrm{d}x=-\cos x+C\quad \int\cos x\mathrm{d}x=\sin x+C$$

$$\int\tan x\mathrm{d}x=-\ln|\cos x|+C\qquad \int\cot x\mathrm{d}x=\ln|\sin x|+C$$

$$\int\frac{\mathrm{d}x}{x^2+a^2}=\frac{1}{a}\arctan\frac{x}{a}+C\qquad \int\frac{\mathrm{d}x}{x^2-a^2}=\frac{1}{2a}\ln\left|\frac{x-a}{x+a}\right|+C$$

$$\int\frac{x}{\sqrt{x^2+a^2}}\mathrm{d}x=\sqrt{x^2+a^2}+C$$

$$\int\frac{\mathrm{d}x}{\sqrt{x^2-a^2}}=\frac{x}{|x|}\mathrm{arch}\frac{|x|}{a}+C_1=\ln\left|x+\sqrt{x^2-a^2}\right|+C$$

3、高斯积分公式：

$$g_0=\int_0^{\infty}e^{-\alpha x^2}dx=\frac{\sqrt{\pi}}{2\sqrt{\alpha}},\ g_1=\int_0^{\infty}xe^{-\alpha x^2}dx=\frac{1}{2\alpha},\ g_2=\int_0^{\infty}x^2e^{-\alpha x^2}dx=\frac{\sqrt{\pi}}{4(\alpha)^{3/2}},$$

$$g_3=\int_0^{\infty}x^3e^{-\alpha x^2}dx=\frac{1}{2\alpha^2},\quad g_4=\int_0^{\infty}x^4e^{-\alpha x^2}dx=\frac{3\sqrt{\pi}}{8(\alpha)^{5/2}},$$

4、麦克斯韦速率分布函数：

$$\boldsymbol{f(v)=4\pi\left(\frac{m_0}{2\pi kT}\right)^{\frac{3}{2}}\mathrm{e}^{-\frac{m_0v^2}{2kT}}v^2}$$

5、三个输运系数的公式：

$$\boldsymbol{\kappa=\frac{1}{3}\rho\bar{v}\bar{\lambda}\frac{C_{V,\mathrm{m}}}{M}}\qquad \boldsymbol{\eta=\frac{1}{3}\rho\bar{v}\bar{\lambda}}\qquad \boldsymbol{D=\frac{1}{3}\bar{v}\bar{\lambda}}$$