（装订线内不要答题）

《大学物理（上）》小测验（五六七章）

姓　名：________________　学　号：________________　专　业：____________

题 号	1	2	3	4	5	6	7	8	总 分
得 分									

（g=9.8m/s^2; R=8.31J/(mol·K); k=1.38×10^{-23}J/K; N_A=6.02×10^{23}/mol）

一、选择题（共 30 分）

1.（3 分）一容积不变的容器内充有一定量的某种理想气体，其分子的平均速率为$\bar{v}$，若将该理想气体分子的平均速率提高到原来的两倍，则［　D　］

(A) 温度提高到原来的两倍，压强提高到原来的四倍

(B) 温度提高到原来的四倍，压强提高到原来的两倍

(C) 温度提高到原来的两倍，压强提高到原来的两倍

(D) 温度提高到原来的四倍，压强提高到原来的四倍

2.（3 分）v_p 为气体分子的最概然速率，n_p 表示在速率 v_p 附近单位速率区间内的气体分子数，若该气体温度降低，则 v_p 和 n_p 发生的变化为［　C　］

(A) v_p 变小，n_p 保持不变　　(B) v_p 和 n_p 均变小

(C) v_p 变小，n_p 变大　　(D) v_p 保持不变，n_p 变大

3.（3 分）若高温热源的温度为低温热源温度的 n 倍，以理想气体为工作物质的卡诺机工作于上述高、低温热源之间，则从高温热源吸收的热量与向低温热源放出的热量之比为[　C　]

(A) $\dfrac{n+1}{n}$　　(B) $\dfrac{n-1}{n}$　　(C) n　　(D) $n-1$

4.（3 分）氧气和氦气（视为理想气体），分别从同一初始状态开始作等温膨胀，终态体积相同，则此两种气体在这一膨胀过程中[　C　]

(A) 对外做功相同，但吸热不同

(B) 对外做功不同，但吸热相同

(C) 对外做功和吸热都相同

(D) 对外做功和吸热均不相同

5.（3 分）摩尔数相同的三种气体 Ne、O_2 和 CO_2（视为理想气体），它们各自独立地进行等压膨胀。如果对外作的功 A 与内能增量 ΔE 的比值为 2 : 5，则该种气体为［　B　］

(A)　CO_2　　(B)　O_2　　(C)　Ne　　(D)　无法确定

6.（3 分）将 1mol 理想气体等压加热，使其温度升高ΔT，传给它的热量为Q，它的热容比$\gamma(\gamma=\frac{C_P}{C_V})$的值为［　A　］

(A) $\frac{Q}{Q-R\Delta T}$　(B) $\frac{Q}{R\Delta T-Q}$　(C) $\frac{Q-R\Delta T}{Q}$　(D) $\frac{R\Delta T-Q}{Q}$

7.（3 分）在标准状态下的$1.6\times10^{-2}kg$的氧气，经过等体过程从外界吸收 340J 的热量，则终态压强为［　A　］

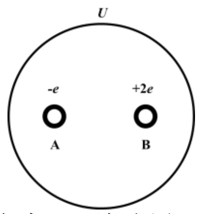
(A) $1.13\times10^{5}Pa$　(B) $1.23\times10^{5}Pa$　(C) $1.33\times10^{5}Pa$　(D) $1.43\times10^{5}Pa$

8.（3 分）设有两个相同的金属球，半径均为 R，带有等量异号电荷 Q，两球心相距为 $3R$，两球间的作用力为 f；另有两带等量异号电荷的点电荷，所带电量也为 Q，其间距也为 $3R$，这两点电荷间的作用力为 f'，则 $f:f'$应该是［　B　］

(A) 等于 1　(B) 大于 1　(C) 小于 1　(D) 不能确定

9.（3 分）如图所示，封闭的金属球壳电势为 U，内有导体 A 和 B，带电量分别为-e 和 2e，则 B 的电势 U_B 为[　A　]

(A) $U_B>U$　(B) $U_B=U$　(C) $U_B<U$　(D) $U_B=0$



10.（3 分）一平板电容器，两极板相距为 d，对它充电后把电源断开。然后把电容器两极板之间的距离增大到 2d，如果电容器的电场的边缘效应忽略不计，则［　D　］

(A) 电容器的电容增大一倍　(B) 电容器所带电量增大一倍

(C) 电容器两极板间的电场强度增大一倍　(D) 储存在电容器中的电场能量增大一倍

二、填空题（共 30 分）

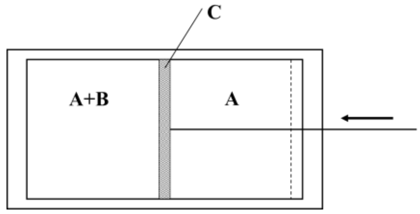
1.（3 分）三个状态参量 p、V、T 都相同的氦气和氧气，它们的分子数密度之比为$n_{o_2}:n_{He}=$ 1:1；它们的内能之比为$E_{o_2}:E_{He}=$ 5:3

2.（3 分）在容积为V的容器内，盛有质量不等的两种单原子分子理想气体。处于平衡状态时，设它们的内能相等，且均为E，则混合气体的压强为$\frac{4E}{3V}$

3.（3 分）设想每秒有10^{23}个氧分子（氧分子质量为$5.31\times10^{-28}kg$）以 500 $m\cdot s^{-1}$的速度沿着与器壁法线成 45°角的方向撞在面积为$2\times10^{-4}m^2$的器壁上，则这群分子作用在器壁上的压强为 187.74Pa （设碰撞为完全弹性的）

4.（3 分）1mol 氮气在初始状态时温度为 300K，体积为 22.4L，经过绝热压缩，气体的体积减为 11.2L，则这时气体的温度 T= 396 K ，压缩过程中外界对气体所作的功 A= 1994J

5.（3 分）一个能透热的圆柱形容器，盛有各为 1mol 的 A、B 两种理想气体，C 为具有分子筛作用的活塞，只能让 A 种气体通过，如图所示。当活塞从容器的右端移动到容器的一半时，设温度保持不变，则：

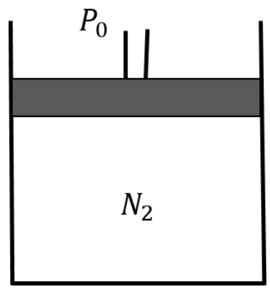


（1）A 种气体的熵变 $\Delta S_A = 0$

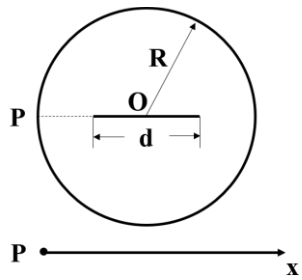
（2）B 种气体的熵变 $\Delta S_A = R\ln 1/2$

6.（3 分）一卡诺热机的低温热源的温度为 7℃，效率为 30%，则其高温热源的温度为 400 K，若将热机效率提高到 40%，则高温热源的温度应提高 66.7 K

7.（3 分）如图，在用活塞封闭的容器内，盛有 1mol 的氮气（视为理想气体）。设活塞的截面积为 S，质量为 m，大气压强为 p_0，如果在压强保持不变的条件下使气体温度升高 ΔT，则气体吸收的热量为 $\frac{7}{2}R\Delta T$ ，活塞上升的高度为 $\frac{R\Delta T}{p_0 S + mg}$



8.（3 分）一均匀带电直线长为 d，电荷线密度为 λ，以导线中心 O 为球心，R 为半径（R>d）作一球面，如图所示，则通过该球面的电场强度通量为 $\frac{\lambda d}{\varepsilon_0}$，带电直线的延长线与球面交点 P 处的电场强度大小为 $\frac{\lambda d}{\pi\varepsilon_0(4R^2 - d^2)}$



9.（3 分）（3 分）若空气的击穿电场强度为 $2\times10^6\,\mathrm{V/m}$，则置于空气中直径为 0.1m 的导体球所带的最大电量为 $5.6\times10^{-7}\,\mathrm{C}$

10.（3 分）某平面两侧充满介电常数为 ε_1 和 ε_2 的电介质，在介质的交界平面上分布一层均匀的自由电荷，其面密度为 σ_0，则在界面处的极化电荷面密度为 $-\frac{\sigma_0}{2}(2-\frac{\varepsilon_0}{\varepsilon_1}-\frac{\varepsilon_0}{\varepsilon_2})$

三、计算题（共 40 分）

1.（10 分）假设由 N 个粒子组成的系统，其速率分布函数为

$$f(v)=\begin{cases} C\sin(\dfrac{v}{v_0}\pi), 0\le v\le v_0 \\ 0, v\ge v_0 \end{cases}$$

其中，v_0 为常数。

（1）求归一化常数 C；

（2）求处在 $f(v)>\dfrac{C}{2}$ 的粒子数。

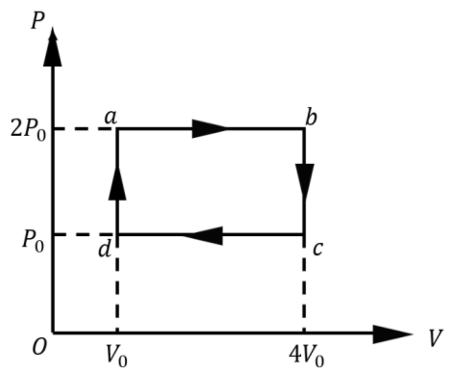
解：（1）由归一化条件，$\int_0^{v_0} C\sin(\dfrac{v}{v_0}\pi)dv = C\dfrac{v_0}{\pi}\cos(\dfrac{v}{v_0}\pi)\Big|_{v_0}^{0} = C\dfrac{v_0}{\pi}\times 2 = 1$ （2 分）

得到 $C=\dfrac{\pi}{2v_0}$ （2 分）

（2） $f(v)>\dfrac{C}{2}$ 的区域为 $\dfrac{\pi}{6}<\dfrac{v}{v_0}\pi<\dfrac{5\pi}{6}$ （3 分）

该区域的粒子数 $\Delta N = N\int_{v_0/6}^{5v_0/6} f(v)dv = NC\dfrac{v_0}{\pi}\cos(\dfrac{v}{v_0}\pi)\Big|_{5v_0/6}^{v_0/6} = NC\dfrac{v_0}{\pi}\times\sqrt{3} = \dfrac{\sqrt{3}}{2}N$ （3 分）

2.（10 分）多原子分子理想气体，完成一个由两个等体和两个等压过程组成的循环，如图所示，求此循环的效率。



解：完成一次循环对外作的净功

$A=(2p_0-p_0)(4V_0-V_0)=3p_0V_0$ （2 分）

一次循环吸收的热量

$Q_1 = nC_V(T_a-T_d)+nC_P(T_b-T_a)$ （2 分）

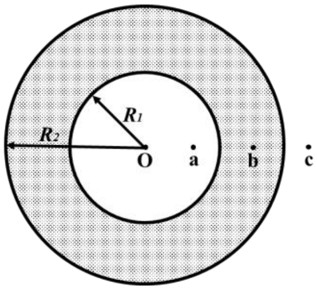
其中 $C_V=\dfrac{i}{2}R=3R$，$C_P=C_V+R=4R$ （2 分）

由 $PV=nTR$， （1 分）

得 $Q_1=3(p_aV_a-p_dV_d)+4(p_bV_b-p_aV_a)=27p_0V_0$ （2 分）

则循环效率 $\eta=\dfrac{A}{Q_1}=\dfrac{1}{9}=11.1\%$ （1 分）

3.（10 分）真空中有一电荷体密度为ρ的均匀带电球壳，其内、外半径分别为R_1、R_2，如图所示。试求图中所示离球心 O 距离分别为r_a、r_b、r_c的三点 a、b、c 处的电场强度。



解：

根据电荷分布具有对称性可知，距离球心 O 相等的地方，电场强度相等，且场强的方向沿径向。以 O 为球心，分别r_a、r_b、r_c为半径作球面S_a、S_b、S_c。根据高斯定理：$\oint E\cdot dS=\frac{\sum_i q_i}{\varepsilon_0}$，

对闭合面S_a，有

$$E_a 4\pi r_a^2=0 \text{（1 分）}$$

解得

$$E_a=0 \text{（1 分）}$$

对闭合面S_b，有

$$E_b 4\pi r_b^2=\frac{\frac{4}{3}\pi(r_b^3-R_1^3)\rho}{\varepsilon_0} \text{（2 分）}$$

解得

$$E_b=\frac{(r_b^3-R_1^3)\rho}{3\varepsilon_0 r_b^2} \text{（1 分）}$$

方向沿半径向外。（1 分）

对闭合面S_c，有

$$E_c 4\pi r_c^2=\frac{\frac{4}{3}\pi(R_2^3-R_1^3)\rho}{\varepsilon_0} \text{（2 分）}$$

解得

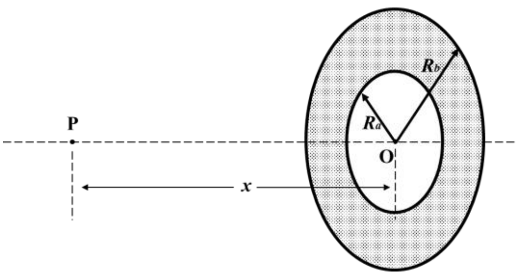
$$E_c=\frac{(R_2^3-R_1^3)\rho}{3\varepsilon_0 r_c^2} \text{（1 分）}$$

方向沿半径向外。（1 分）

4.（10 分）真空中有一电荷面密度为σ的均匀带电薄圆环，圆环的内、外半径分别为R_a和R_b，如图所示。

（1）求在圆环的中心轴线上与圆环中心 O 相距为x的 P 点处的电场强度和电势；

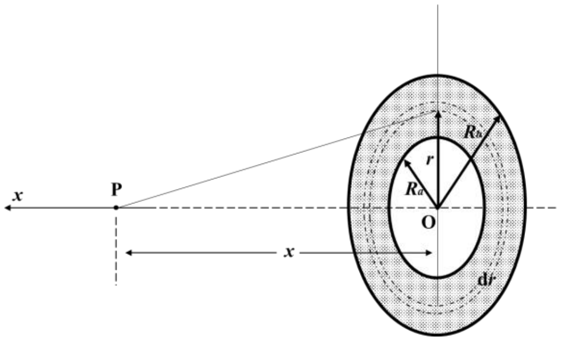
（2）如在 P 点放一质量为m，带电量为$-q$的静止点电荷，求在电场作用下，该点电荷通过环心 O 点时的速度。



解：

（1）取坐标如图所示,距圆心 O 为 r，宽为 dr 的细圆环所带电量为$\mathrm{d}Q=\sigma 2\pi r\mathrm{d}r$，该细圆环在 P 点产生的电势为

$$\mathrm{d}V=\frac{\mathrm{d}Q}{4\pi\varepsilon_0\sqrt{r^2+x^2}}=\frac{\sigma 2\pi r\mathrm{d}r}{4\pi\varepsilon_0\sqrt{r^2+x^2}}$$（1 分）



整个带电圆环在 P 点产生的电势为

$$V_\mathrm{p}=\int\mathrm{d}V=\int_{R_\mathrm{a}}^{R_\mathrm{b}}\frac{\sigma 2\pi r\mathrm{d}r}{4\pi\varepsilon_0\sqrt{r^2+x^2}}=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}(\sqrt{R_\mathrm{b}^2+x^2}-\sqrt{R_\mathrm{a}^2+x^2})$$（2 分）

根据电场强度与电势的梯度关系可知，P 点的场强为

$$E_\mathrm{p}=-\frac{\partial V}{\partial x}=-\frac{\partial}{\partial x}\left[\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}(\sqrt{R_\mathrm{b}^2+x^2}-\sqrt{R_\mathrm{a}^2+x^2})\right]=\frac{\sigma x}{2\varepsilon_0}\left(\frac{1}{\sqrt{R_\mathrm{a}^2+x^2}}-\frac{1}{\sqrt{R_\mathrm{b}^2+x^2}}\right)$$（2 分）

方向沿 x 轴的正方向。

（2）带电圆环在环心 O 点产生的电势为

$$V_\mathrm{o}=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}(R_\mathrm{b}-R_\mathrm{a})$$（1 分）

电荷-q 仅受静电力的作用，故系统的能量守恒。设-q 通过环心的速度为 v，则有

$$\frac{1}{2}mv^2+(-q)V_0=-qV_\mathrm{p}$$（2 分）

即

$$\frac{1}{2}mv^2-\frac{\sigma q}{2\varepsilon_0}(R_\mathrm{b}-R_\mathrm{a})=-\frac{\sigma q}{2\varepsilon_0}(\sqrt{R_\mathrm{b}^2+x^2}-\sqrt{R_\mathrm{a}^2+x^2})$$（1 分）

解得

$$v=\left[\frac{\sigma q}{m\varepsilon_0}\left(R_\mathrm{b}-R_\mathrm{a}-\sqrt{R_\mathrm{b}^2+x^2}+\sqrt{R_\mathrm{a}^2+x^2}\right)\right]^{\frac{1}{2}}$$（1 分）