一 选择题（共 12 分）

1（本小题 3 分）

下列各式中哪一式表示气体分子的平均平动动能？（式中 M 为气体的质量，m 为气体分子质量，N 为气体分子总数目，n 为气体分子数密度，N_A 为阿伏加得罗常量）

(A) $\dfrac{3m}{2M}pV$.　　(B) $\dfrac{3M}{2M_{\mathrm{mol}}}pV$.

(C) $\dfrac{3}{2}npV$.　　(D) $\dfrac{3M_{\mathrm{mol}}}{2M}N_A pV$.

[　　]

2（本小题 3 分）

理想气体绝热地向真空自由膨胀，体积增大为原来的两倍，则始、末两态的温度 T_1 与 T_2 和始、末两态气体分子的平均自由程 $\overline{\lambda}_1$ 与 $\overline{\lambda}_2$ 的关系为

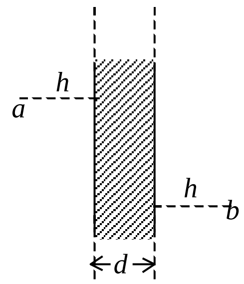
(A) $T_1 = T_2$，$\overline{\lambda}_1 = \overline{\lambda}_2$.　　(B) $T_1 = T_2$，$\overline{\lambda}_1 = \dfrac{1}{2}\overline{\lambda}_2$.

(C) $T_1 = 2T_2$，$\overline{\lambda}_1 = \overline{\lambda}_2$.　　(D) $T_1 = T_2$，$\overline{\lambda}_2 = \dfrac{1}{2}\overline{\lambda}_1$

[　　]

3（本小题 3 分）

如图所示，一厚度为 d 的“无限大”均匀带电导体板，电荷面密度为σ，则板的两侧离板面距离均为 h 的两点 a、b 之间的电势差为：



(A) 0.　　(B) $\dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0}$.

(C) $\dfrac{\sigma h}{\varepsilon_0}$.　　(D) $\dfrac{2\sigma h}{\varepsilon_0}$.

[　　]

4（本小题 3 分）

一空气平行板电容器，充电后把电源断开，这时电容器中储存的能量为 W_0．然后在两极板之间充满相对介电常量为ε_r的各向同性均匀电介质，则该电容器中储存的能量 W 为：

(A) $W = \varepsilon_r W_0$.　　(B) $W = \dfrac{W_0}{\varepsilon_r}$.

(C) $W = (1+\varepsilon_r)W_0$.　　(D) $W = W_0$.

[　　]

二 填空题（共 23 分）

5（本小题 5 分）

(1) 分子的有效直径的数量级是________________.

(2) 在常温下，气体分子的平均速率的数量级是_______________.

(3) 在标准状态下气体分子的碰撞频率的数量级是______________.

6（本小题 3 分）

可逆卡诺热机可以逆向运转．逆向循环时，从低温热源吸热,向高温热源放热,而且吸的热量和放出的热量等于它正循环时向低温热源放出的热量和从高温热源吸的热量.设高温热源的温度为 T_1 =450 K，低温热源的温度为 T_2 =300 K, 卡诺热机逆向循环时从低温热源吸热 Q_2 =400 J，则该卡诺热机逆向循环一次外界必须作功

W＝___________________．

7（本小题 4 分）

所谓第二类永动机是指：

____，

它不可能制成是因为违背了

____.

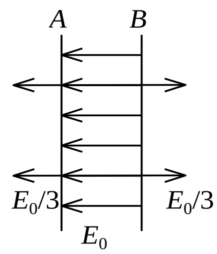
8（本小题 3 分）

熵增加原理可表述为：_____________________________________。

9（本小题 5 分）

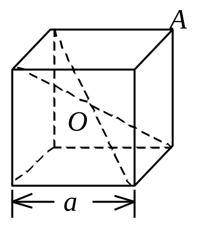
A、B 为真空中两个平行的“无限大”均匀带电平面，已知两平面间的电场强度大小为 E_0，两平面外侧电场强度大小都为 $E_0/3$，方向如图．则 A、B 两平面上的电荷面密度分别为σ_A＝________________，

σ_B＝_____________________．



10（本小题 3 分）

在静电场中有一带电为+Q 的立方形均匀导体，边长为 a．已知立方导体中心 O 处的电势为 U_0，则立方体顶点 A 的电势为____________．



三 计算与说明题（共 6 题，共 55 分）

11（本题 5 分）

一氧气瓶的容积为 V，充了气未使用时压强为 p_1，温度为 T_1；使用后瓶内氧气的质量减少为原来的一半，其压强降为 p_2，试求此时瓶内氧气的温度 T_2．及使用前后分子热运动平均速率之比$\overline{\upsilon_1}/\overline{\upsilon_2}$.

12（本题 5 分）

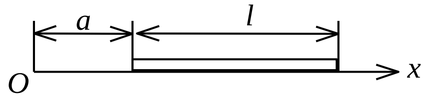
ν 摩尔的某种理想气体，状态按$V = a/\sqrt{p}$ 的规律变化(式中 a 为正常量)，当气体体积从 V_1 膨胀到 V_2 时，试求气体所作的功 W 及气体温度的变化 T_1-T_2 各为多少．

13（本题 10 分）

绝热容器中有一定量的气体，初始压强和体积分别为 p_0 和 V_0．用一根通有电流的电阻丝对它加热(设电阻不随温度改变)．在加热的电流和时间都相同的条件下，第一次保持体积 V_0 不变，压强变为 p_1；第二次保持压强 p_0 不变，而体积变为 V_1．试求该气体的比热容比 (用上述已知量表示)。

14（本题 10 分）

现有一根长度为 l 的不均匀带电细棒沿 x 轴放置，如图所示。若其电荷线密度为$\lambda=\lambda_0\,(x^2-a^2)$，$\lambda_0$ 为一常量．试计算该细棒在坐标原点 O 处的电场强度和电势（取无穷远处为电势零点）。

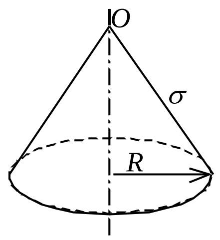


15.（本题 15 分）

现有一根很长的均匀带电圆柱体（半径为 R，电荷体密度为 ρ），试计算它的电场强度和电势分布（设距离圆柱体轴线 R_0 处为零电势参考点，且 $R_0>R$）。若将上述均匀带电圆柱体换成一根很长的带电圆柱形导体（半径为 R，电荷面密度为 σ），则它的电场强度和电势分布又将如何变化？

16（本题 10 分）

如图所示,一底面半径为 R 的圆锥体,只在锥面上均匀带电，其电荷面密度为σ. 试计算锥顶 O 点的电势(设无穷远处为电势零点)，并说明该电势与圆锥高度的关系。



四 简答题（共 10 分）

17（本题 5 分）

普通电介质在外电场中极化后，两端出现等量异号电荷. 若把它截成两半后分开，再撤去外电场，问这两个半截的电介质上是否带电？为什么？

18（本题 5 分）

吹一个带有电荷的肥皂泡. 电荷的存在对吹泡有帮助还是有妨碍(分别考虑带正电荷和带负电荷)？试从静电能量的角度加以说明.

一 选择题（共 12 分）

1（本小题 3 分）A

2（本小题 3 分）B

3（本小题 3 分）A

4（本小题 3 分）B

二填空题（共 23 分）

5（本小题 5 分）

10^{-10} m　　1 分

$10^2 \sim 10^4\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$　　2 分

$10^8 \sim 10^{10}\ \mathrm{s^{-1}}$　　2 分

6（本小题 3 分）

200J

7（本小题 4 分）

从单一热源吸热，在循环中不断对外作功的热机　　2 分

热力学第二定律　　2 分

8（本小题 3 分）

在孤立系统中发生任何不可逆过程都会导致熵的增加，但对可逆过程则是不变的。

3 分

9（本小题 5 分）

$-2\varepsilon_0 E_0 / 3$　　3 分

$4\varepsilon_0 E_0 / 3$　　2 分

10（本小题 3 分）

U_0

三 计算与说明题（共 6 题，共 55 分）

11（本题 5 分）

解：　$p_1 V = \nu R T_1$　　$p_2 V = \frac{1}{2} \nu R T_2$

∴　$T_2 = 2\, T_1 p_2 / p_1$　　2 分

$$\frac{\overline{\upsilon}_1}{\overline{\upsilon}_2} = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}} = \sqrt{\frac{P_1}{2P_2}}$$　　3 分

12（本题 5 分）

解：已知 $V = a/\sqrt{p}$，则有　$p = a^2 / V^2$，

∴　$$W = \int_{V_1}^{V_2} p dV = \int_{V_1}^{V_2} \frac{a^2}{V^2} dV = a^2 (1/V_1 - 1/V_2).$$　　3 分

又由 $pV = \nu RT$　及上面的 $p = a^2 / V^2$ 得

$T = a^2 / (\nu R t V)$

∴ $$T_1 - T_2 = \frac{a^2}{\nu R}(\frac{1}{V_1} - \frac{1}{V_2}).$$ 2 分

13（本题 10 分）

证：电阻丝的电阻不变，且两次加热的电流 I 和时间 t 都相同，据 $Q = I^2Rt$ 气体两次状态变化过程中从电阻丝吸的热是相等的，即有

$$Q_V = Q_p$$ 2 分

设气体初始温度为 T_0，第一次加热后温度变为 T_1，第二次加热后温度变为 T_2，

则 $$Q_V = (M/M_{mol})C_V(T_1 - T_0)$$ 2 分

$$Q_p = (M/M_{mol})C_p(T_2 - T_0)$$ 2 分

所以 $$(M/M_{mol})C_V(T_1 - T_0) = (M/M_{mol})C_p(T_2 - T_0)$$ 1 分

故 $$\gamma = \frac{C_p}{C_V} = \frac{T_1 - T_0}{T_2 - T_0} = \frac{\frac{p_1}{p_0}T_0 - T_0}{\frac{V_1}{V_0}T_0 - T_0} = \frac{(p_1 - p_0)V_0}{(V_2 - V_0)p_0}$$ 3 分

14（本题 10 分）

解：在任意位置 x 处取长度元 dx，其上带电为 $dq=\lambda_0(x^2 - a^2)dx$

1 分

它在 O 点产生的电场大小为

$$dE = \frac{\lambda_0(x^2 - a^2)dx}{4\pi\varepsilon_0 x^2}$$ 2 分

O 点总电场

$$E = \int dE = \frac{\lambda_0}{4\pi\varepsilon_0}\left[\int_a^{a+l} dx - a^2\int_a^{a+l}\frac{dx}{x^2}\right] = \frac{\lambda_0}{4\pi\varepsilon_0}\left[l - a^2(\frac{1}{a} - \frac{1}{a+l})\right]$$

3 分

它在 O 点产生的电势

$$dU = \frac{\lambda_0(x^2 - a^2)dx}{4\pi\varepsilon_0 x}$$ 2 分

O 点总电势

$$U = \int dU = \frac{\lambda_0}{4\pi\varepsilon_0}\left[\int_a^{a+l} x\,dx - a^2\int_a^{a+l}\frac{dx}{x}\right] = \frac{\lambda_0}{4\pi\varepsilon_0}\left[al + \frac{1}{2}l^2 - a^2\ln\frac{a+l}{a}\right]$$

2 分

15.（本题 15 分）

解：由高斯定理得均匀带电圆柱体（半径为 R，电荷体密度为 ρ）的电场强度分布为：

$$E = \begin{cases} \frac{\rho r}{2\varepsilon_0}, r \le R \\ \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}, r \phi R \end{cases}$$ ，这里 $\lambda = \pi R^2\rho$

5 分

电势分布为：

$r \le R$:

$$U=\int_{r\le R}^{R_0} dU=\int_r^R \frac{\rho r}{2\varepsilon_0}dr+\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0}\int_R^{R_0}\frac{\mathrm{d}r}{r}=\frac{\rho}{4\varepsilon_0}(R^2-r^2)+\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0}\ln\frac{R_o}{R}$$

$r \ge R$: $$U=\int_r^{R_0} dU=\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0}\int_r^{R_0}\frac{\mathrm{d}r}{r}=\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0}\ln\frac{R_0}{r}$$

4 分

同理，带电圆柱形导体（半径为 R，电荷面密度为 σ）的电场强度分布为：

$$E=\begin{cases}0, r \pi R \\ \dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}, r \phi R\end{cases}$$ ，这里 $\lambda = 2\pi R\sigma$

3 分

电势分布为

$r \le R$: $$U=\int_r^{R_0} dU=\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0}\int_R^{R_0}\frac{\mathrm{d}r}{r}=\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0}\ln\frac{R_o}{R}$$

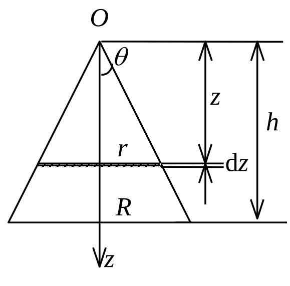
$r \ge R$: $$U=\int_r^{R_0} dU=\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0}\int_r^{R_0}\frac{\mathrm{d}r}{r}=\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0}\ln\frac{R_0}{r}$$

3 分

16（本题 10 分）

证：以顶点 O 作坐标原点，圆锥轴线为 z 轴，向下为正．在任意位置 z 处取高为 dz 的小圆环，其面积为

$$\mathrm{d}S = 2\pi r\frac{\mathrm{d}z}{\cos\theta}=2\pi\frac{\mathrm{tg}\,\theta}{\cos\theta}z\,\mathrm{d}z$$ 3 分



其上电荷 $\mathrm{d}q=\sigma\,\mathrm{d}S=2\pi\sigma\dfrac{\mathrm{tg}\,\theta}{\cos\theta}z\,\mathrm{d}z$

它在 O 点产生的电势为

$$\mathrm{d}U=\frac{\mathrm{d}q}{\dfrac{4\pi\varepsilon_0 z}{\cos\theta}}=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\mathrm{tg}\,\theta\,\mathrm{d}z$$ 4 分

总电势 $$U=\int \mathrm{d}U=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\mathrm{tg}\,\theta\int_0^h \mathrm{d}z=\frac{\sigma R}{2\varepsilon_0}$$ 3 分

与高 h 无关

四 简答题（共 10 分）

17（本题 5 分）

答：这两个半截电介质上都不带电． 2 分

因为普通电介质中基本上不存在自由电荷．介质的极化是由于外电场作用下无极分子的正负电荷中心发生位移，出现电矩，或有极分子发生转向，分子电矩

转向外电场方向,因而两端出现等量异号电荷. 这些电荷都属于束缚电荷外电场一旦撤去，无极分子的正负电荷中心立即重合，有极分子的电矩方向恢复杂乱无章状态，因而两半截电介质都不显示电性.

3 分

18（本题 5 分）

答：带电球面的静电能量为$W = Q^2/(8\pi\varepsilon_0 R)$，在 Q 不变的情况下，当 R 增大时，静电能量减少，电场力作正功．可见电荷的存在能帮助气泡增大.

3 分

由式中 Q^2 项知，无论是带正电荷还是带负电荷，效果相同.

2 分