

2018 年大学物理下半期试题

一、单项选择题（共 6 小题，18 分）

1 下列说法中，哪些是正确的？

- (1) 可逆过程一定是平衡过程.
- (2) 平衡过程一定是可逆的.
- (3) 不可逆过程一定是非平衡过程.
- (4) 非平衡过程一定是不可逆的.

- (A) (1)、(4).
- (B) (2)、(3).
- (C) (1)、(2)、(3)、(4).
- (D) (1)、(3).

[] A

2 用公式 $\Delta E = \nu C_V \Delta T$ (式中 C_V 为定体摩尔热容量，视为常量， ν 为气体摩尔数) 计算理想气体内能增量时，此式

- (A) 只适用于准静态的等体过程.
- (B) 只适用于一切等体过程.
- (C) 只适用于一切准静态过程.
- (D) 适用于一切始末态为平衡态的过程.

[] D

3 有人设计一台卡诺热机(可逆的). 每循环一次可从 400 K 的高温热源吸热 1800 J, 向 300 K 的低温热源放热 800 J. 同时对外做功 1000 J, 这样的设计是

- (A) 可以的, 符合热力学第一定律.
- (B) 可以的, 符合热力学第二定律.
- (C) 不行的, 卡诺循环所作的功不能大于向低温热源放出的热量.
- (D) 不行的, 这个热机的效率超过理论值.

[]

D

4 一定量的理想气体，起始温度为 T ，体积为 V_0 。后经历绝热过程，体积变为 $2V_0$ 。再经过等压过程，温度回升到起始温度。最后再经过等温过程，回到起始状态。则在此循环过程中

- (A) 气体从外界净吸的热量为负值。
 (B) 气体对外界净作的功为正值。
 (C) 气体从外界净吸的热量为正值。
 (D) 气体内能减少。

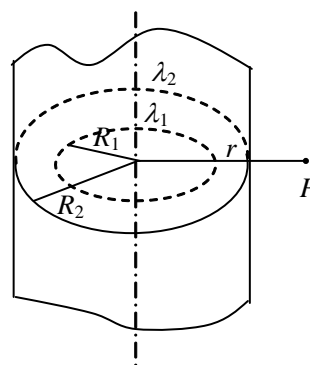
[]

A

5 如图所示，两个“无限长”的、半径分别为 R_1 和 R_2 的共轴圆柱面，均匀带电，沿轴线方向单位长度上的所带电荷分别为 λ_1 和 λ_2 ，则在外圆柱面外面、距离轴线为 r 处的 P 点的电场强度大小 E 为：

- (A) $\frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2\pi\epsilon_0 r}$.
 (B) $\frac{\lambda_1}{2\pi\epsilon_0(r - R_1)} + \frac{\lambda_2}{2\pi\epsilon_0(r - R_2)}$.
 (C) $\frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2\pi\epsilon_0(r - R_2)}$.
 (D) $\frac{\lambda_1}{2\pi\epsilon_0 R_1} + \frac{\lambda_2}{2\pi\epsilon_0 R_2}$.

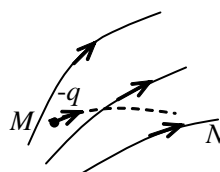
[] A



6 已知某电场的电场线分布情况如图所示。现观察到一负电荷从 M 点移到 N 点。有人根据这个图作出下列几点结论，其中哪点是正确的？

- (A) 电场强度 $E_M < E_N$. (B) 电势 $U_M < U_N$.
 (C) 电势能 $W_M < W_N$. (D) 电场力的功 $A > 0$.

[] C



CDDAAC

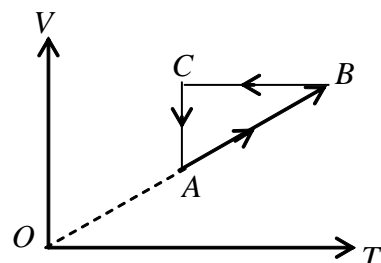
二、不定项选择题（6分）

7 一定量理想气体经历的循环过程用 $V-T$ 曲线表示如图. 在此循环过程中, 气体向外界放热的过程是

- (A) $A \rightarrow B$. (B) $B \rightarrow C$.
(C) $C \rightarrow A$. (D) $A \rightarrow B$ 和 $B \rightarrow C$.

[]

BC



8 下面列出的真空中静电场的场强公式, 其中哪个是错误的?

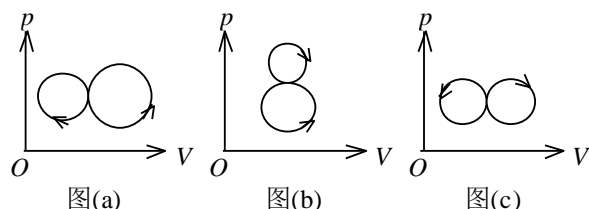
- (A) 点电荷 q 的电场: $\vec{E} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \cdot \vec{r}$ (r 为点电荷到场点的距离)
(B) “无限长”均匀带电直线(电荷线密度 λ)的电场: $\vec{E} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r^3} \vec{r}$
(\vec{r} 为带电直线到场点的垂直于直线的矢量)
(C) “无限大”均匀带电平面(电荷面密度 σ)的电场: $\vec{E} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$
(D) 半径为 R 的均匀带电球面(电荷面密度 σ)外的电场: $\vec{E} = \frac{\sigma R^2}{\epsilon_0 r^3} \vec{r}$
(\vec{r} 为球心到场点的矢量)

[] ABC

三、填空题(共计 6 小题, 19 分)

9 (3 分) 图(a)、(b)、(c)各表示联接在一起的两个循环过程, 其中(c)图是两个半径相等的圆构成的两个循环过程, 图(a)和(b)则为半径不等的两个圆. 那么:

图(a)总净功_____. 图(b)总净功为_____. 图(c)总净功为_____. 小于零; 小于零; 等于零



10 (3 分) 处于平衡态 A 的一定量的理想气体, 若经准静态等体过程变到平衡

态 B ，将从外界吸收热量 416 J ，若经准静态等压过程变到与平衡态 B 有相同温度的平衡态 C ，将从外界吸收热量 582 J ，所以，从平衡态 A 变到平衡态 C 的准静态等压过程中气体对外界所作的功为_____.

11 (4 分)从统计的意义来解释，不可逆过程实质上是一个_____的转变过程，一切实际过程都向着_____的方向进行.

小概率到大概率，熵增加（非标准化）

12 (3 分)一空气平行板电容器，两极板间距为 d ，充电后板间电压为 U 。然后将电源断开，在两板间平行地插入一厚度为 $d/3$ 的金属板，则板间电压变成 $U' = \underline{\hspace{2cm}} \cdot 2U/3$

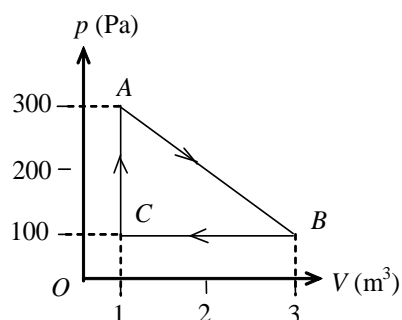
13 (3 分)一个半径为 R 的薄金属球壳，带有电荷 q ，壳内真空，壳外是无限大的相对介电常量为 ϵ_r 的各向同性均匀电介质。设无穷远处为电势零点，则球壳的电势 $U = \underline{\hspace{2cm}} \cdot q/(4\pi\epsilon_0\epsilon_r R)$

14 (3 分)两个半径相同的金属球，一为空心，一为实心，把两者各自孤立时的电容值加以比较，则空心球电容值与实心球电容值之比为_____。 1: 1

四、计算题(共 4 题，38 分)

15 (10 分)一定量的某种理想气体进行如图所示的循环过程。已知气体在状态 A 的温度为 $T_A = 300\text{ K}$ ，求

- (1) 气体在状态 B 、 C 的温度；
- (2) 各过程中气体对外所作的功；
- (3) 经过整个循环过程，气体从外界吸收的总热量(各过程吸热的代数和)。



解：由图， $p_A=300\text{ Pa}$ ， $p_B=p_C=100\text{ Pa}$ ； $V_A=V_C=1\text{ m}^3$ ， $V_B=3\text{ m}^3$ 。

(1) $C\rightarrow A$ 为等体过程，据方程 $p_A/T_A=p_C/T_C$ 得

$$T_C=T_A p_C/p_A=100\text{ K}.$$

2 分

$B\rightarrow C$ 为等压过程，据方程 $V_B/T_B=V_C/T_C$ 得

$$T_B=T_C V_B/V_C=300\text{ K}.$$

2 分

(2) 各过程中气体所作的功分别为

$$A\rightarrow B: \quad W_1=\frac{1}{2}(p_A+p_B)(V_B-V_C)=400\text{ J}.$$

$$B\rightarrow C: \quad W_2=p_B(V_C-V_B)=-200\text{ J}.$$

$$C\rightarrow A: \quad W_3=0$$

3

分

(3) 整个循环过程中气体所作总功为

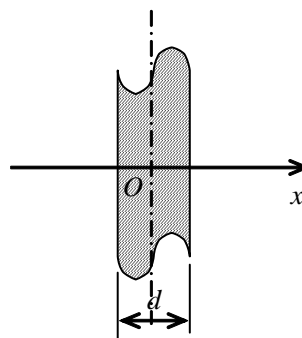
$$W=W_1+W_2+W_3=200\text{ J}.$$

因为循环过程气体内能增量为 $\Delta E=0$ ，因此该循环中气体总吸热

$$Q=W+\Delta E=200\text{ J}.$$

3 分

16 (10 分) 图示一厚度为 d 的“无限大”均匀带电平板，电荷体密度为 ρ 。试求板内外的场强分布，并画出场强随坐标 x 变化的图线，即 $E-x$ 图线(设原点在带电平板的中央平面上， Ox 轴垂直于平板)。



解：由电荷分布的对称性可知在中心平面两侧离中心平面相同距离处场强均沿 x 轴，大小相等而方向相反。

在板内作底面为 S 的高斯柱面 S_1 (右图中厚度放大了)，两底面距离中心平面均为 $|x|$ ，由高斯定理得

$$E_1 \cdot 2S = \rho \cdot 2|x|S / \varepsilon_0$$

则得 $E_1 = \rho|x| / \varepsilon_0$

即 $E_1 = \rho x / \varepsilon_0 \quad \left(-\frac{1}{2}d \leq x \leq \frac{1}{2}d \right)$ 4

分

在板外作底面为 S 的高斯柱面 S_2 两底面距中心平面均为 $|x|$ ，由高斯定理得 $E_2 \cdot 2S = \rho \cdot Sd / \varepsilon_0$

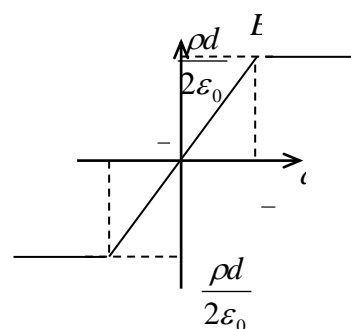
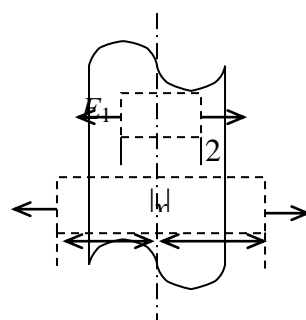
则得 $E_2 = \rho \cdot d / (2\varepsilon_0) \quad \left(|x| > \frac{1}{2}d \right)$

即 $E_2 = \rho \cdot d / (2\varepsilon_0) \quad \left(x > \frac{1}{2}d \right), \quad E_2 = -\rho \cdot d / (2\varepsilon_0) \quad \left(x < -\frac{1}{2}d \right)$

4 分

$E \sim x$ 图线如图所示。

2 分



17 (10 分)在盖革计数器中有一直径为 2.00 cm 的金属圆筒，在圆筒轴线上有一条直径为 0.134 mm 的导线。如果在导线与圆筒之间加上 850 V 的电压，试分别求：(1) 导线表面处 (2) 金属圆筒内表面处的电场强度的大小。

解：设导线上的电荷线密度为 λ ，与导线同轴作单位长度的、半径为 r 的(导线半径 $R_1 < r <$ 圆筒半径 R_2)高斯圆柱面，则按高斯定理有

$$2\pi r E = \lambda / \varepsilon_0$$

得到

$$E = \lambda / (2\pi \varepsilon_0 r) \quad (R_1 < r < R_2)$$

2 分

方向沿半径指向圆筒。导线与圆筒之间的电势差

$$U_{12} = \int_{R_1}^{R_2} \vec{E} \cdot d\vec{r} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \int_{R_1}^{R_2} \frac{dr}{r} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{R_2}{R_1}$$

2 分

则

$$E = \frac{U_{12}}{r \ln(R_2/R_1)}$$

2 分

代入数值，则：

$$(1) \text{ 导线表面处 } E_1 = \frac{U_{12}}{R_1 \ln(R_2/R_1)} = 2.54 \times 10^6 \text{ V/m}$$

2 分

$$(2) \text{ 圆筒内表面处 } E_2 = \frac{U_{12}}{R_2 \ln(R_2/R_1)} = 1.70 \times 10^4 \text{ V/m}$$

2 分

18 (8 分)一定量的刚性双原子分子理想气体，开始时处于压强为 $p_0 = 1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ ，体积为 $V_0 = 4 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ ，温度为 $T_0 = 300 \text{ K}$ 的初态，后经等压膨胀过程温度上升到 $T_1 = 450 \text{ K}$ ，再经绝热过程温度降回到 $T_2 = 300 \text{ K}$ ，求气体在整个过程中对外作的功。

解：等压过程末态的体积 $V_1 = \frac{V_0}{T_0} T_1$

等压过程气体对外作功

$$W_1 = p_0(V_1 - V_0) = p_0 V_0 \left(\frac{T_1}{T_0} - 1 \right) = 200 \text{ J}$$

3 分

根据热力学第一定律，绝热过程气体对外作的功为

$$W_2 = -\Delta E = -\nu C_V(T_2 - T_1)$$

这里 $\nu = \frac{p_0 V_0}{RT_0}$ ， $C_V = \frac{5}{2} R$ ，

则 $W_2 = -\frac{5p_0 V_0}{2T_0}(T_2 - T_1) = 500 \text{ J}$

4 分

气体在整个过程中对外作的功为 $W = W_1 + W_2 = 700 \text{ J}$.

1 分

五、分析与证明 (共 3 题, 19 分)

19 (9 分) 一定量的理想气体, 从 $p-V$ 图上状态 A 出发, 分别经历等压、等温、绝热三种过程由体积 V_1 膨胀到体积 V_2 , 试画出这三种过程的 $p-V$ 图曲线. 并将上述三种过程按(1) 气体对外做功大小和(2) 气体吸热多少进行排序.

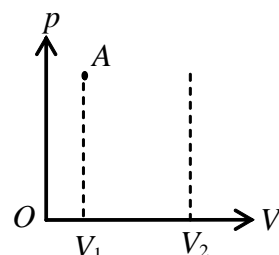
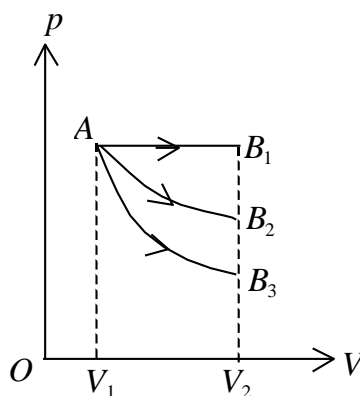


图 3 分

功排序大到小: $W_{\text{等压}} > W_{\text{等温}} > W_{\text{绝热}}$ 3 分

吸热大到小:

$Q_{\text{等压}} > Q_{\text{等温}} > Q_{\text{绝热}}$ 3 分

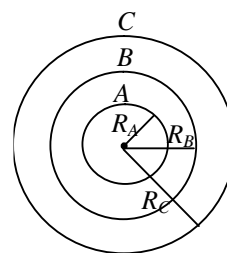


$A \rightarrow B_1$ 等压过程

$A \rightarrow B_2$ 等温过程

$A \rightarrow B_3$ 绝热过程

20 (5 分) 在一个电荷为 q 的点电荷的电场中, 作三个电势不同的等势面 A 、 B 、 C (如图所示). 若 $U_A > U_B > U_C$, 且 $U_A - U_B = U_B - U_C$, 试证明, 电场越强的地方等势面间距越小.



证: 已知 $U_A - U_B = U_B - U_C$

当选无穷远处为电势零点时, 上式写成

$$\frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{R_A} - \frac{1}{R_B} \right) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{R_B} - \frac{1}{R_C} \right)$$

因有

$$R_C(R_B - R_A) = R_A(R_C - R_B)$$

3 分

由图可知 A 处离电荷近, 场强大, 且 $R_C > R_A$

所以

$$R_B - R_A < R_C - R_B$$

可见电场越强处相邻的等势差等势面间的距离越小.

2 分

说对，即可。

21 (5 分) 设气体分子服从麦克斯韦速率分布律， v 代表分子速率， dv 为一固定的微小速率区间，当(1) $v = v_p$ (v_p 是最可几速率) 和(2) $v \gg v_p$ 时，试分析速率在 v 到 $v + dv$ 范围内的分子数占分子总数的百分率随气体的温度升高而变化的趋势。

(1) 减少 2 分

(2) 增大 3 分

画图说明，全分