

一、选择题（每小题 3 分，共 30 分）

1. 如图所示，闭合曲面 S 内有一点电荷 q ，P 为 S 面上一点，在 S 面外 A 点有一点电荷 q' ，若将 q' 移到 B 点，则下列说法中正确的是（ ）

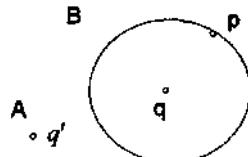
- A. 穿过 S 面的电场强度通量改变，P 点的电场强度不变；
- B. 穿过 S 面的电场强度通量不变，P 点的电场强度改变；
- C. 穿过 S 面的电场强度通量不变，P 点的电场强度不变；
- D. 穿过 S 面的电场强度通量改变，P 点的电场强度改变。

2. 真空中有 A、B 两块平板，两块平板间距离很小，平板面积很大为 S ，其所带电量分别为 $+q$ ， $-q$ ，对于两平板间的相互作用力 F ，下列结果正确的是（ ）

- A. $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{d^2}$;
- B. $F = q \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{q^2}{\epsilon_0 S}$;
- C. $F = q \frac{\sigma}{2\epsilon_0} = \frac{q^2}{2\epsilon_0 S}$;
- D. 无法计算。

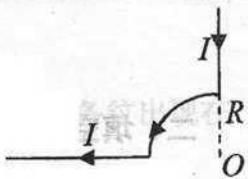
3. 有一个与地绝缘的金属筒，上面开有一小孔，通过小孔放入一用丝线悬挂的带正电的小球，在以下哪种情况时，金属筒外壁带负电（ ）

- A. 小球跟筒的内壁不接触；
- B. 小球跟筒的内壁接触；
- C. 小球跟筒接触，人用手接触筒的外壁，松开手后将小球移出筒；
- D. 小球不跟筒接触，人用手接触筒的外壁，松开手后将小球移出筒。



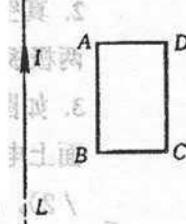
4. 如图所示，在平面内分布的载流导线放在真空中，载流导线通有电流 I ，中段弯成半径为 R 的圆弧，若选取垂直纸面向里为正方向，则 O 点的磁感强度 B 的大小为（ ）。

(1) A. $\frac{\mu_0 I}{8R}$; B. $\frac{\mu_0 I}{4R}$; C. $\frac{\mu_0 I}{6R}$; D. $\frac{\mu_0 I}{2R}$ 。



5. 如图所示，在一长直导线 L 中通有电流 I ，为一与 L 共面的矩形线圈，且 AB 边与导线 L 平行。下列情况中，矩形线圈中感应电流为零的是（ ）。

- A. 矩形线圈在纸面内向右移动；
- B. 矩形线圈以 AD 边为轴旋转；
- C. 矩形线圈以 AB 边为轴旋转；
- D. 矩形线圈以直导线 L 为轴旋转。



6. 平行板电容器充电后电源断开。然后在两极板间充满相对介电常数为 ϵ 的电介质，则电容器（ ）

- A. 电容减小、电压下降、电场能量增大；
- B. 电容增大、电压下降、电场能量减小；
- C. 电容增大、电压升高、电场能量减小；
- D. 电容减小、电压升高、电场能量增大。

7. 下面说法正确的是（ ）

- A. 条形磁铁沿铜质圆环的轴线插入铜环时，铜环中有感应电场，无感应电流；
- B. 条形磁铁沿塑料圆环的轴线插入塑环时，塑环中有感应电场，无感应电流；
- C. 条形磁铁沿塑料圆环的轴线插入塑环时，塑环中无感应电场，有感应电流；
- D. 条形磁铁沿铜质圆环的轴线插入铜环时，铜环中无感应电场，有感应电流。

8. 两偏振片的偏振化方向的夹角由 60° 转到 45° 时，若入射光的强度不变，则透射光的

- 强度 $I_{45^\circ} : I_{60^\circ}$ 等于（ ）

- A. 2:1; B. 3:1; C. 1:2; D. 1:3.

9. 如果把装有气体的密封绝热容器放在汽车上，汽车静止时设气体温度 T_1 ，汽车作匀速直线运动时设气体温度 T_2 ，当汽车突然刹车时气体温度 T_3 。可知 []

- A. $T_1 < T_2 < T_3$; B. $T_1 < T_2 = T_3$; C. $T_1 = T_2 < T_3$; D. $T_1 = T_2 = T_3$ 。

10. 一个空腔可以看作黑体。实验得出，当空腔与内部的辐射处于平衡时，辐射能量密度按波长分布的曲线形状和位置 []

- A. 只与绝对温度有关； B. 与绝对温度及组成物质有关；
- C. 与空腔的形状及组成物质有关； D. 与绝对温度无关，只与组成物质有关。

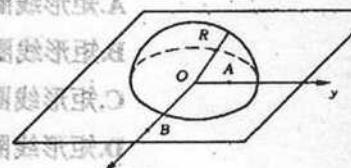
二、填空题（每小题 3 分，共 30 分）

1. 如图所示，真空中两无限大均匀带电的平行平面 A 和 B ，其电荷面密度分别为 $+σ$ 和 $-σ$ ，若 P 点的场强大小用 E 表示，当在两平面的中间插入另一电荷面密度为 $+σ$ 的无限大平行平面 C 后，图中 P 点的电场强度的大小是_____。

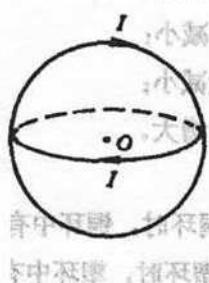


2. 真空中的一平行板电容器，电容为 C ，两极板间距离为 d ，充电后，两极板间相互作用力为 F ，则极板上的电荷量是_____。

3. 如图所示，在 xOy 平面上倒扣着半径为 R 的半球面，在半球面上电荷均匀分布，其电荷面密度为 $σ$ 。A 点的坐标为 $(0, R/2)$ ，B 点的坐标为 $(3R/2, 0)$ ，电势差 U_{AB} _____。



4. 如下图（左）所示，在半径为 R 的球面上，铅直和水平的两个圆中通以相等的电流，电流流向如图所示。球心 O 处磁感强度的大小为_____。



5. 如上图（右）所示，一个半径为 R 的圆形线圈，通有电流 I ，放在磁感强度为 \vec{B} 的均匀磁场中，磁场方向与线圈平面平行，线圈受到的对轴 $O-O'$ 的力矩大小为_____。

6. 两个自感系数均为 L 的线圈相互垂直放置（一个的轴线与另一个的直径垂合），其互感系数为_____。

7. 如右图所示为一块半导体样品，沿 x 轴方向通有电流 I ，在 z 轴方向加有均匀磁场 B 。由实验测得半导体薄片两侧的电势差

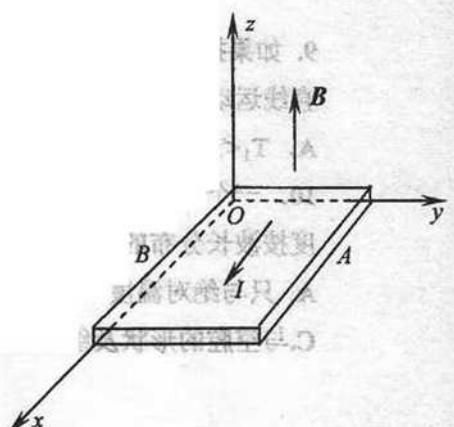
- $U_A - U_B = U > 0$ ，则此样品是_____型半导体。

8. 1mol 单原子理想气体，绝热过程中温度上升 $ΔT$ ，则系统对外做功为_____。

9. 若一个光子的能量等于一个电子的静能量 $m_e c^2$ ，

该光子的波长是_____。

10. 纯硅在 $T=0\text{ K}$ 时能吸收的辐射最长的波长是 1.09 μm ，故硅的禁带宽度为_____ eV。（普朗克常量 $h=6.63 \times 10^{-34}\text{ J} \cdot \text{s}$, $1\text{ eV}=1.60 \times 10^{-19}\text{ J}$ ）



三、计算题（每小题 10 分，共 40 分）

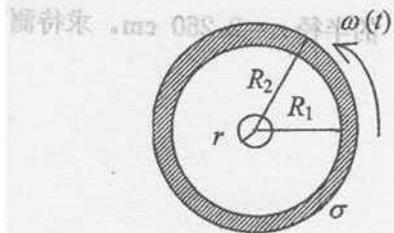
1. 设在半径为 R 的球体内，其电荷为对称分布，电荷体密度为

$$\rho = kr \quad (0 < r < R)$$

$$\rho = 0 \quad (r > R)$$

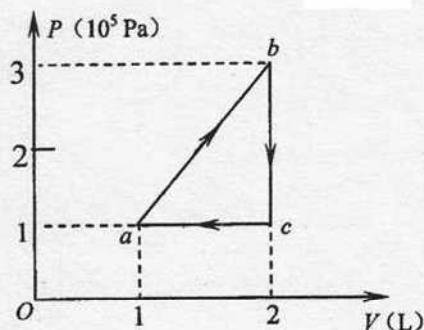
k 为一常量。求电场强度 E 与 r 的函数关系。

2. 一内外半径分别为 R_1 , R_2 的均匀带电平面圆环, 电荷面密度为 σ , 其中心有一半径为 r 的导体小环 ($R_1 \gg r$), 二者同心共面如图. 设带电圆环以变角速度 $\omega = \omega(t)$ 绕垂直于环面的中心轴旋转, 导体小环中的感应电流 i 等于多少? 方向如何(已知小环的电阻为 R')?



3. 波长 $\lambda = 600 \text{ nm}$ 的单色光垂直入射到光栅上，光屏上第 2 级明条纹出现在 $\sin \theta = 0.2$ 处，且第 4 级缺级。试求
(1) 光栅上相邻两缝间的距离；
(2) 光栅上狭缝的最小宽度。

4. 一定质量的单原子理想气体，从初态 a 出发经过如题图所示的循环过程又回到状态 a 。其中过程 ab 是直线， bc 为等体过程， ca 为等压过程。求此循环的效率。



一、选择题

1 B 2 C 3 D 4 A 5 D 6 B 7 B 8 A 9 C 10 A

二、填空题 (每题 3 分, 共 30 分)

1. $\frac{1}{2}E$

2. $\sqrt{2FdC}$

3. $\frac{\sigma R}{6\epsilon_0}$

4. $\frac{\sqrt{2}\mu_0 I}{2R}$

5. $IB\pi R^2$

6. b

7. n

8. $-\frac{3}{2}R\Delta T$

9. $2.42 \times 10^{-12} m$

10. 1.14 eV

三、计算题 (每题 10 分)

1. 解: 作一半径为 r 的球形高斯面, 穿过此高斯面的电通量为

$$\Phi = \oint_S \vec{E} \cdot d\vec{s} = 4\pi r^2 E \quad 2 \text{ 分}$$

(1) 若此高斯面在球内, 它所包围的电荷为

$$q = \int dq = \int \rho dV = \int_0^r kr \cdot 4\pi r^2 dr = \pi k r^4 \quad 2 \text{ 分}$$

由高斯定理有

$$4\pi r^2 E = \frac{\pi k r^4}{\epsilon_0}$$

可解出

$$E = \frac{kr^2}{4\epsilon_0} \quad 3 \text{ 分}$$

方向沿半径方向。

(2) 球外 $E = \frac{kR^4}{4\epsilon_0 r^2}$ 3 分

2. 解: 带电平面圆环的旋转相当于圆环中通有电流 I . 在 R_1 与 R_2 之间取半径为 R 、宽度为 dR 的环带, 环带内有电流

$$dI = \sigma R \omega(t) dR \quad 2 \text{ 分}$$

dI 在圆心 O 点处产生的磁场

$$dB = \frac{1}{2} \mu_0 dI / R = \frac{1}{2} \mu_0 \sigma \omega(t) dR \quad 2 \text{ 分}$$

由于整个带电环面旋转，在中心产生的磁感应强度的大小为

$$B = \frac{1}{2} \mu_0 \sigma \omega(t) (R_2 - R_1) \quad 1 \text{ 分}$$

选逆时针方向为小环回路的正方向，则小环中

$$\Phi \approx \frac{1}{2} \mu_0 \sigma \omega(t) (R_2 - R_1) \pi r^2 \quad 1 \text{ 分}$$

$$\varepsilon_r = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{\mu_0}{2} \pi r^2 (R_2 - R_1) \sigma \frac{d\omega(t)}{dt} \quad 3 \text{ 分}$$

$$i = \frac{\varepsilon_r}{R'} = -\frac{\mu_0 \pi r^2 (R_2 - R_1) \sigma}{2R'} \cdot \frac{d\omega(t)}{dt} \quad 3 \text{ 分}$$

方向：当 $d\omega(t)/dt > 0$ 时， i 与选定的正方向相反。

当 $d\omega(t)/dt < 0$ 时， i 与选定的正方向相同。

3. (1) 由光栅方程 $(a+b)\sin\theta = k\lambda$

$$\text{且 } \sin\theta = 0.2, \quad k = 2$$

得光栅上相邻两缝间的距离为

$$(a+b) \times 0.2 = 2 \times 600 \Rightarrow a+b = 6 \times 10^{-4} \text{ cm} \quad 3 \text{ 分}$$

(2) 由题意知，第 4 级衍射条纹缺级，由缺级公式得

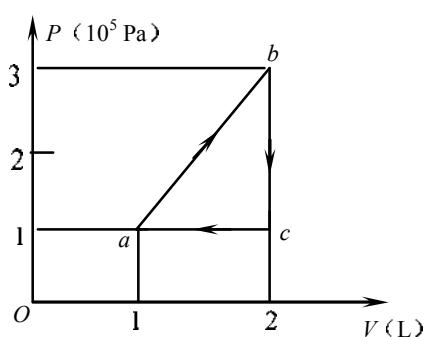
$$k = \pm k' \frac{a+b}{a} \Rightarrow \frac{a+b}{a} = \frac{4}{k} \rightarrow a = \frac{a+b}{4} \quad (\text{整数比}) \quad 2 \text{ 分}$$

因此，当 $k'=1$ 时狭缝有最小宽度，最小宽度为

$$a = \frac{a+b}{4} = 1.5 \times 10^{-4} \text{ cm} \quad 3 \text{ 分}$$

相应的刻痕宽度为 $b = 4.5 \times 10^{-4} \text{ cm}$ 2 分

4. 解：



分析 $b \rightarrow c$ 过程：

$T \downarrow \rightarrow \Delta E_{bc} \downarrow, A_{bc} = 0 \rightarrow Q_{bc} < 0$ 放热

$c \rightarrow a$ 过程：

$A_{ca} < 0, V \downarrow \rightarrow T \downarrow \rightarrow \Delta E_{ca} \downarrow \rightarrow Q_{ca} < 0$ 放热

$a \rightarrow b$ 过程：

$P \uparrow, V \uparrow \rightarrow T \uparrow, \Delta E_{ab} \uparrow, A_{ab} > 0, Q_{ab} > 0$ ，吸热

因此整个循环只有 ab 过程吸热

5 分

由公式 $\eta = \frac{A}{Q_1}$ 计算较方便：由图知

$$A = \frac{1}{2}(V_c - V_o)(P_o - P_c) = \frac{1}{2} \times 10^{-7} \times 2 \times 10^7 = 10^0 \text{ J}$$

$$Q_1 = \Delta_{av} = \Delta_{ao} + \Delta_{av} = \frac{M}{\mu} (v_a - v_o) + \frac{1}{2} (v_a + v_o) (V_o - V_a)$$
$$= \frac{3}{2} (v_o - v_a) + \frac{1}{2} (v_a + v_o) (V_o - V_a) = 3 \times 10^2 \text{ J}$$

该循环效率为 $\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{100}{950} = 10.5\%$ 5分