

一、选择题（共 30 分）

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

二、填空题（每小题 4 分，共 28 分）

11. 4N/C 12. $mv_0/(qB)$ 13. $\frac{1}{2}qE$ 14. $\frac{1}{6}U_A + \frac{1}{2}U_B$ 15. $-\frac{R}{d}q$
 16. 有关 17. $-\frac{\varepsilon_0 S U^2}{4d}, -\frac{\varepsilon_0 S U^2}{2d}$

三、计算题（共 42 分）

18. (本题 10 分)

解：建立坐标系如图，由毕奥-萨伐尔定律，

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Idz \sin \theta}{r^2}$$

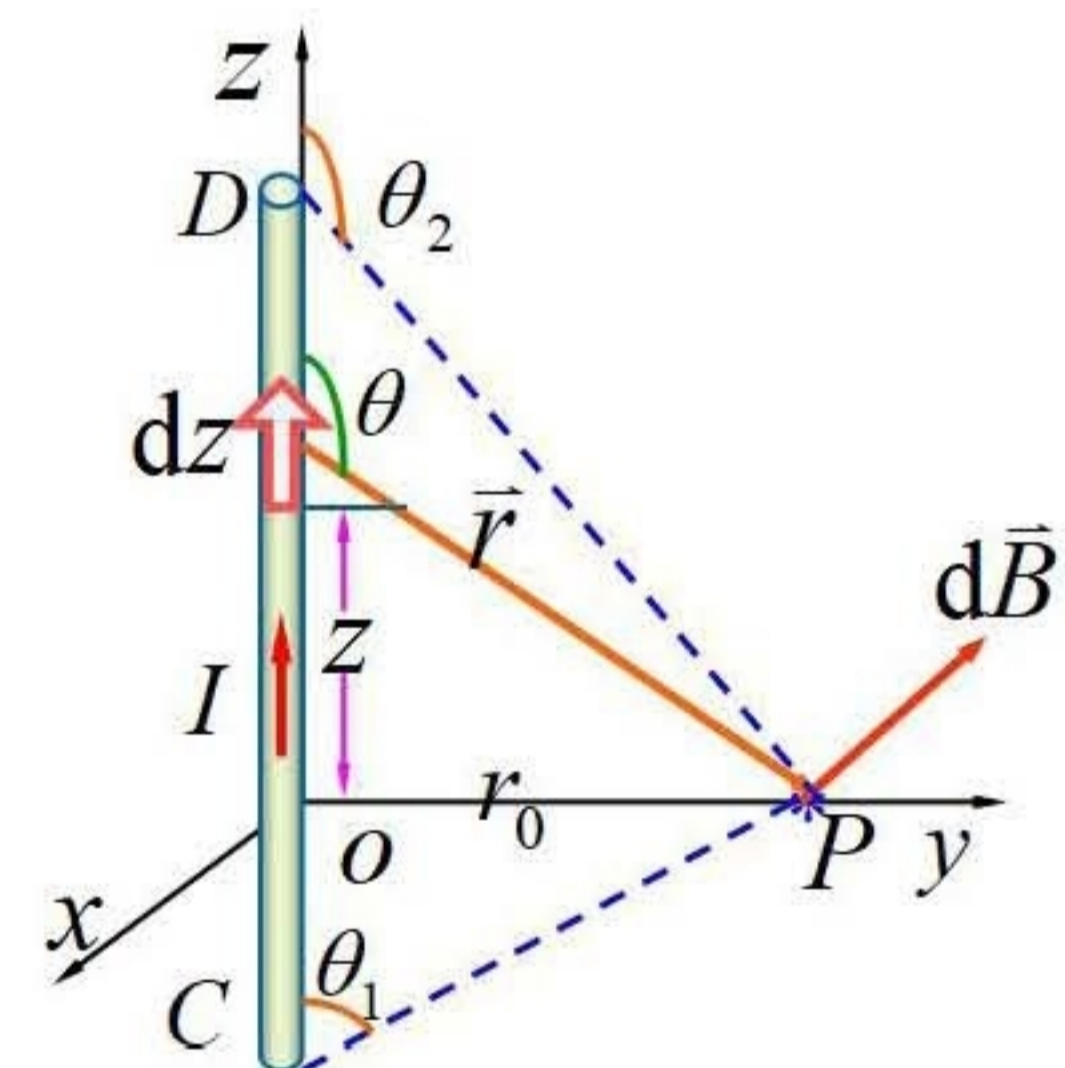
由于 $d\vec{B}$ 方向均沿 x 轴的负方向，所以有

$$B = \int dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_{CD} \frac{Idz \sin \theta}{r^2}$$

$$z = -r_0 \cot \theta, \quad r = r_0 / \sin \theta, \quad dz = r_0 d\theta / \sin^2 \theta$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi r_0} \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin \theta d\theta = \frac{\mu_0 I}{4\pi r_0} (\cos \theta_1 - \cos \theta_2)$$

\vec{B} 的方向沿 x 轴的负方向



19. (本题 10 分)

解：根据高斯定理， $\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = 4\pi r^2 E = \frac{\sum q}{\varepsilon_0}$

$$r \leq R \text{ 时, } \sum q = \rho \cdot \frac{4}{3}\pi r^3, \quad E = \frac{\rho}{3\varepsilon_0} r$$

$$r > R \text{ 时, } \sum q = \rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3, \quad E = \frac{\rho R^3}{3\varepsilon_0 r^2}$$

20. (本题 12 分)

解法一：设两金属线的电荷线密度为 $\pm\lambda$

$$\text{两金属线产生的 } E = E_+ + E_- = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 x} + \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 (d-x)}$$

$$\text{两导线间总电压 } U = \int_R^{d-R} E dx = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \int_R^{d-R} \left(\frac{1}{x} + \frac{1}{d-x} \right) dx = \frac{\lambda}{\pi\epsilon_0} \ln \frac{d-R}{R}$$

$$\text{单位长度电容 } C = \frac{\lambda}{U} = \pi\epsilon_0 / \ln \frac{d-R}{R}$$

解法二：设两金属线的电荷线密度为 $\pm\lambda$

$$\text{左侧金属线产生的 } E_+ = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 x}$$

左侧金属线在两导线间引起的电压

$$U_+ = \int_R^{d-R} E dx = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \int_R^{d-R} \frac{1}{x} dx = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{d-R}{R}$$

$$\text{两导线间总电压 } U = 2U_+ = \frac{\lambda}{\pi\epsilon_0} \ln \frac{d-R}{R}$$

$$\text{单位长度电容 } C = \frac{\lambda}{U} = \pi\epsilon_0 / \ln \frac{d-R}{R}$$

21. (本题 10 分)

解：(1) 为使 P 经直线运动通过 b ，要求 P 所受磁场力与重力平衡，有

$$qv_0 B = mg$$

$$v_0 = \frac{mg}{qB}$$

(2) 质点由静止释放，可以看成同时具有大小为 v_0 向左初速度和向右初速度。向右的初速度引起的洛伦兹力平衡了重力，向左的初速度引起的洛伦兹力使得质点的分运动为逆时针匀速圆周运动，所以可以回到 ab 直线高度。

$$\text{质点的最大速度发生在最低点，大小为 } 2v_0 = \frac{2mg}{qB}$$

