

大学物理 B 静电场中的导体和电介质作业

1. 带电 $-q$ 的粒子在带电 $+q$ 的点电荷的静电力作用下, 在水平面内绕点电荷作半径为 R 的匀速圆周运动. 如果带电粒子及点电荷的电量都增大一倍, 并使粒子的运动速率也增大一倍, 则粒子做圆周运动的半径为: [B]

(A) $0.5R$

(B) R

(C) $2R$

(D) $4R$

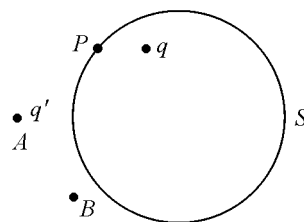
2. 如图, 闭合曲面 S 内有一点电荷 q , P 为 S 面上任一点, S 面外有另一点电荷 q' . 设通过 S 面的电场强度通量为 Φ , P 点的场强为 E_P , 则当 q' 从 A 点移到 B 点时: [D]

(A) Φ 改变, E_P 不变;

(B) Φ 、 E_P 都不变;

(C) Φ 、 E_P 都要改变;

(D) Φ 不变, E_P 改变.



3. 真空中带电的导体球面与均匀带电的介质球体, 它们的半径和所带的电量都相同, 设带电球面的静电能为 W_1 , 带电球体的静电能为 W_2 , 则: [C]

(A) $W_1 > W_2$

(B) $W_1 = W_2$

(C) $W_1 < W_2$

4. 真空中两块互相平行的无限大均匀带电平板, 其中一块的电荷面密度为 $+\sigma$, 另一块的电荷面密度为 $+2\sigma$, 则两板间的电场强度大小为 $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$.

5. 两同轴金属圆筒带等量异号电荷, 两极板电势差为 U_{AK} , 从负极板 K 静止释放一个电子的同时从正极板 A 静止释放一个质子, 则它们抵达对面极板时的速率之比为 $\sqrt{1836}:1$.

6. 两完全相同的电容器 A 、 B , 串联后与电源保持连接, 如果在 A 中加入电介质, 则 B 中的电场能量将 增大 (填增大或减小或不变).

7. 真空中,一半径为 R 的绝缘实心均匀带电球体,电荷体密度为 ρ ,介电常数为 ϵ_0 ,设无限远处为电势零点.求:球体内距球心为 $r=R/3$ 处的P点电势.(设无穷远处电势为零)

解:由高斯定理已求得均匀带电球体的电场强度大小为

$$E = \begin{cases} \frac{qr}{4\pi\epsilon_0 R^3} (r \leq R) \\ \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} (r > R) \end{cases}$$

所以球体内距离球心为 $r=R/3$ 处的P的电势

$$U = \int_R^\infty \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} dr + \int_{\frac{R}{3}}^R \frac{qr}{4\pi\epsilon_0 R^3} dr = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R} + \frac{q}{9\pi\epsilon_0 R} = \frac{13q}{36\pi\epsilon_0 R^3}$$

8. 试证明柱形电容器的电容公式为: $C = \frac{2\pi\epsilon_0 L}{\ln(b/a)}$, 式中, L 为柱形电容长度, a 、 b 分别为柱形电容的内、外半径.

证明:在电容器两极之间作一个底面半径为 $r(a \leq r \leq b)$,高度为 L 的同轴柱面为高斯面

$$\Phi_e = \oint_S E dS = 2\pi rLE$$

由高斯定理可得

$$\Phi_e = \frac{q}{\epsilon_0} \quad (2)$$

联立①②式得

$$E = \frac{q}{2\pi rL\epsilon_0}$$

若 λ 为内侧面上单位长度的电量,即 $q=\lambda L$,则有

$$E = \frac{\lambda}{2\pi r\epsilon_0}$$

则两极之间的电势差

$$U_{ab} = \int_a^b \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r} dr = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{b}{a}$$

该电容器的电容

$$C = \frac{q}{U_{ab}} = \frac{\lambda L}{U_{ab}} = \frac{2\pi\epsilon_0 L}{\ln b/a}$$

9. 半径为 r 的导体球外面,同心地罩一内外半径分别为 R_1 和 R_2 的导体球壳.若球和球壳所带的电荷分别为 q 和 Q ,试求:

(1) 球和球壳的电势以及它们的电势差;

(2) 若将球壳接地,求它们的电势差;

解:(1) 静电平衡后,球面、球壳内表面、球壳外表面所带电荷分别为 $q, -q, Q+q$.

此时球是个等势体,球壳也是个等势体,根据电势叠加原理得

球的电势

$$U_A = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r} - \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R_1} + \frac{Q+q}{4\pi\epsilon_0 R_2}$$

球壳的电势

$$U_B = \frac{Q+q}{4\pi\epsilon_0 R_2}$$

它们的电势差

$$U_{AB} = U_A - U_B = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r} - \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R_1}$$

(2) 若将球壳接地, 球壳电荷被导走, 静电平衡后, 球面、球壳内表面、球壳外表面所带电荷分别为 $q, -q, 0$.

$$U_{AB} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r} - \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R_1}$$