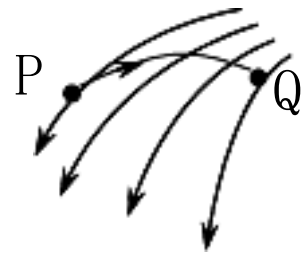


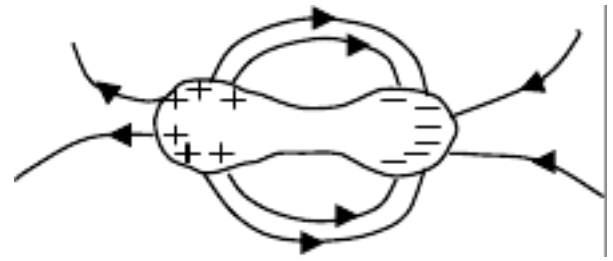
# 电磁学部分习题解答

## 一、判断题

- 1、磨擦起电只能发生在绝缘体上 ( × )
- 2、试探电荷的电量  $q_0$  应尽可能小, 其体积应尽可能小 ( √ )
- 3、一对量值相等的正负点电荷总可以看作是电偶极 ( × )
- 4、电场线如图所示, P 点电势比 Q 点电势低 ( √ )
- 5、如果库仑定律公式分母中  $r$  的指数不是 2, 而是其它数, 则高斯定理不成立 ( √ )
- 6、电荷沿等势面移动时, 电场力永远不作功 ( √ )



- 7、由公式  $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$  知, 导体表面任一点的场强正比于导体表面处的面电荷密度, 因此该点场强仅由该点附近的导体上的面上的面电荷产生的。 ( × )



- 8、一导体处静电场中, 静电平衡后导体上的感应电荷分布如图, 根据电场线的性质, 必有一部分电场线从导体上的正电荷发出, 并终止在导体的负电荷上。 ( × )

- 9、一封闭的带电金属盒中, 内表面有许多针尖, 如图所示, 根据静电平衡时电荷面密度按曲率分布的规律, 针尖附近的场强一定很大。 ( × )



- 10、孤立带电导体圆盘上的电荷应均匀分布在圆盘的两个圆面上。 ( √ )
- 11、通过某一截面上的电流密度  $j$ , 通过该截面的电流强度必为零 ( √ )
- 12、如果电流是由几种载流子的定向运动形成的, 则每一种载流子的定向运动对电流都有贡献 ( √ )
- 13、若导体内部有电流, 则导体内部电荷体密度一定不等于零 ( × )
- 14、在全电路中, 电流的方向总是沿着电势降落的方向 ( × )
- 15、设想用一电流元作为检测磁场的工具, 若沿某一方向, 给定的电流元  $I_0 dl$  放在空间任意一点都不受力, 则该空间不存在磁场 ( × )

- 16、对于横截面为正方形的长螺线管, 其内部的磁感应强度仍可用  $B = \mu_0 nI$  表示 ( √ )
- 17、安培环路定理反映了磁场的有旋性 ( × )
- 18、对于长度为  $L$  的载流导线来说, 可以直接用安培定理求得空间各点的  $B$  ( × )
- 19、若感应电流的方向与楞次定律所确定的方向相反, 将违反能量守恒定律 ( √ )
- 20、楞次定律实质上是能量守恒定律的反映 ( √ )

- 22、自感系数  $L = \frac{\Phi}{I}$ , 说明通过线圈的电流强度越小, 自感系数越大 ( × )

- 24、对一定的点, 电磁波中的电能密度和磁能密度总相等 ( √ )

- 25、一根长直导线载有电流  $I$ ,  $I$  均匀分布在它的横截面上, 导线内部单位长度的磁场能量为  $\frac{\mu_0 I^2}{16}$  ( √ )

- 26、在真空中, 只有当电荷作加速运动时, 它才可能发射电磁波 ( √ )

- 27、当同一电容器内部充满同一种均匀电介质后，介质电容器的电容为真空电容器的  $\frac{1}{\epsilon_r}$  倍 ( × )
- 28、在均匀电介质中，如果没有体分布的自由电荷，就一定没有体分布的极化电荷 ( √ )
- 29、电介质可以带上自由电荷，但导体不能带上极化电荷 ( √ )
- 30、电位移矢量  $D$  仅决定于自由电荷 ( × )
- 31、通过某一截面上的电流密度  $j \neq 0$ ，通过该截面的电流强度必为零 ( √ )
- 32、如果电流是由几种载流子的定向运动形成的，则每一种载流子的定向运动对电流都有贡献 ( √ )
- 33、若导体内部有电流，则导体内部电荷体密度一定不等于零 ( × )
- 34、在全电路中，电流的方向总是沿着电势降落的方向 ( × )

## 二、单选题

- 1、将一带电量为  $Q$  的金属小球靠近一个不带电的金属导体时，则有 ( C )
- (A) 金属导体因静电感应带电，总电量为  $-Q$
- (B) 金属导体因感应带电，靠近小球的一端带  $-Q$ ，远端带  $+Q$
- (C) 金属导体两端带等量异号电荷，且电量  $q < Q$
- (D) 当金属小球与金属导体相接触后再分离，金属导体所带电量大于金属小球所带电量

- 2、两块无限大平行面上的电荷面密度分别为  $\sigma_1$  和  $\sigma_2$ ，图中所示的三个区域的电场强度大小为 ( D )

- (A)  $E_I = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2\epsilon_0}$      $E_{II} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2\epsilon_0}$      $E_{III} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2\epsilon_0}$
- (B)  $E_I = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2\epsilon_0}$      $E_{II} = 0$      $E_{III} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2\epsilon_0}$
- (C)  $E_I = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{\epsilon_0}$      $E_{II} = 0$      $E_{III} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{\epsilon_0}$
- (D)  $E_I = 0$      $E_{II} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{\epsilon_0}$      $E_{III} = 0$



- 3、关于场强线有以下几种说法 ( C )

- (A) 电场线是闭合曲线
- (B) 任意两条电场线可以相交
- (C) 电场线的疏密程度代表场强的大小
- (D) 电场线代表点电荷在电场中的运动轨迹

- 4、两个点电荷  $q_1$  和  $q_2$  固定在同一条直线上。相距为  $d$ ，把第三个点电荷  $q_3$  放在  $q_1, q_2$  的延长线上，与  $q_2$  相距为  $d$ ，故使  $q_3$  保持静止，则 ( C )

- (A)  $q_1 = 2q_2$     (B)  $q_1 = \sqrt{2}q_2$
- (C)  $q_1 = 4q_2$     (D)  $q_1 = 2\sqrt{2}q_2$

- 5、电偶极矩  $p = ql$  的电偶极子位于电量为  $Q$  的点电荷的电场中，点电荷  $Q$  到偶极子中心  $O$  的距离为  $r$  ( $r \gg l$ ) 当  $p$  与  $r$  平行时，偶极子所受的力和力矩为 ( A )

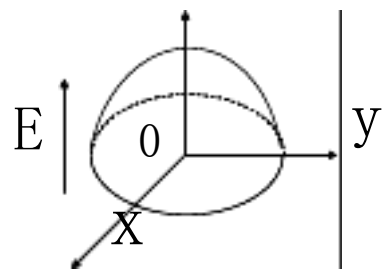
- (A)  $\frac{QP}{2\epsilon_0 r^3}$ , 0 (B) 0, 0  
 (C)  $\frac{QP}{4\epsilon_0 r^3}$ ,  $\frac{QP}{4\epsilon_0 r^3}$  (D)  $\frac{QP}{4\epsilon_0 r^2}$ , 0

6、一点电荷  $q$  位于边长为  $d$  的立方体的顶角上，通过与  $q$  相连的三个平面的电通量是 ( D )

- (A)  $\frac{q}{4\epsilon_0}$  (B)  $\frac{q}{8\epsilon_0}$   
 (C)  $\frac{q}{10\epsilon_0}$  (D) 0

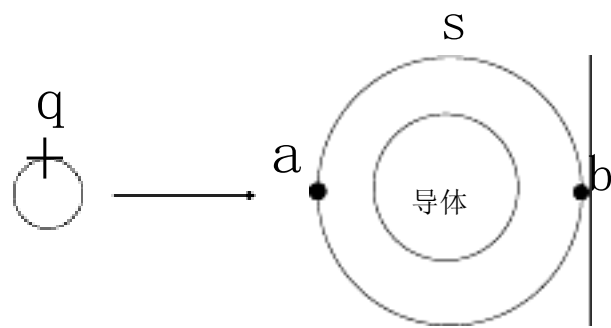
7、设匀强电场的方向与半径为  $R$  的半球面的轴线平行，通过此半球面的电通量 ( A )

- (A)  $R^2 E$  (B)  $2 R^2 E$   
 (C)  $\sqrt{2} R^2 E$  (D)  $\frac{1}{\sqrt{2}} R^2 E$



8、一绝缘的不带电的导体球，被一封闭曲面  $S$  所包围，如图如示，一电量为  $q$  位于封闭曲面外的正点电荷向导体球移近，在移近过程中 ( D )

- (A) 当  $q$  到达  $a$  点场强逐渐减小， $b$  点场强逐渐增大  
 (B) 当  $q$  移过  $a$  点后， $a$  点场强逐渐增大， $b$  点场强逐渐减小  
 (C)  $q$  在  $S$  面外时，通过封闭曲面  $S'$  的电通量为  $q/\epsilon_0$   
 (D)  $q$  在  $S$  面内时，通过封闭曲面  $S$  的电通量为  $q/\epsilon_0$   
 (E)  $q$  在  $S$  面上时，通过封闭曲面  $S$  的电通量为 0

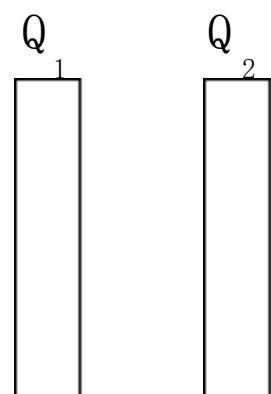
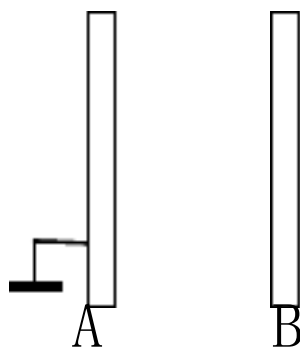


9、关于导体有以下几种说法: (B)

- (A) 接地的导体都不带电。  
 (B) 接地的导体可带正电，也可带负电。  
 (C) 一导体的电势零，则该导体不带电。  
 (D) 任何导体，只要它所带的电量不变，则其电势也是不变的。

10、一面积为  $S$  的很大金属平板  $A$  带有正电荷，电量为  $Q$ ，把另一面积亦为  $S$  的不带电金属平板平行放在  $A$  板附近，若将  $A$  板接地，则  $A$ 、 $B$  两板表面上的电荷面密度是: (A)

- (A)  $\frac{Q}{2S}$ ,  $\frac{Q}{2S}$   
 (B)  $\frac{Q}{2S}$ ,  $\frac{Q}{2S}$   
 (C) 0,  $\frac{Q}{S}$   
 (D) 0,  $\frac{Q}{S}$



11、两个平行放置的带电大金属板  $A$  和  $B$ ，四个表面电荷面密度为  $\sigma_1$ 、 $\sigma_2$ 、 $\sigma_3$ 、 $\sigma_4$  如图所示，则有 (A)

- (A)  $\sigma_1 = \sigma_4$ ,  $\sigma_2 = \sigma_3$

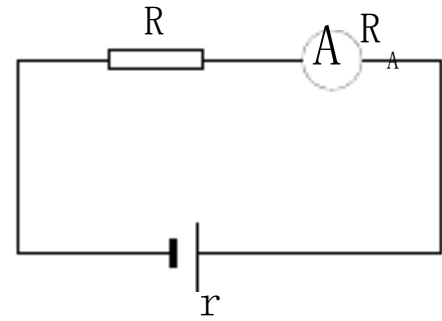
- (B)  $\frac{1}{4} \frac{U}{R_2} \frac{R_3}{R_1}$   
 (C)  $\frac{1}{4} \frac{U}{R_2} \frac{R_3}{R_1}$   
 (D)  $\frac{1}{4} \frac{U}{R_2} \frac{R_3}{R_1}$

12、描写材料的导电性能的物理量是(A)

- (A) 电导率 (B) 电阻 R (C) 电流强度 I (D) 电压 U

13、在如图所示的测量电路中，准确测量的条件是(C)

- (A)  $R_A \ll R$  (B)  $R_A \gg R$   
 (C)  $R_A \ll R+r$  (D)  $R_A \ll R$



14、把一电流元依次放置在无限长的载流直导线附近的两点 A 和 B，如果 A 点和 B 点到导线的距离相等，电流元所受到的磁力大小(C)

- (A) 一定相等 (B) 一定不相等  
 (C) 不一定相等 (D) A、B、C 都不正确

15、半径为 R 的圆电流在其环绕的圆内产生的磁场分布是(C)

- (A) 均匀的 (B) 中心处比边缘处强  
 (C) 边缘处比中心处强 (D) 距中心 1/2 处最强。

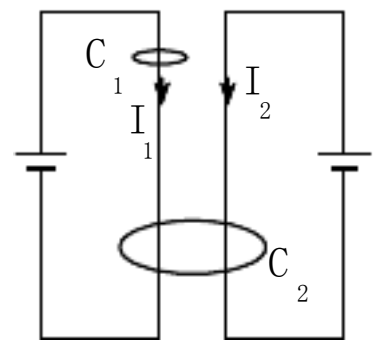
16、在均匀磁场中放置两个面积相等而且通有相同电流的线圈，一个是三角形，另一个是矩形，则两者所受到的(A)

- (A) 磁力相等，最大磁力矩相等 (B) 磁力不相等，最大磁力矩相等  
 (C) 磁力相等，最大磁力矩不相等 (D) 磁力不相等，最大磁力矩不相等

17、两个载流回路，电流分别为  $I_1$  和  $I_2$  设电流  $I_1$  单独产生的磁场为  $B_1$ ，电流  $I_2$  单独产生的磁场为  $B_2$ ，

下列各式中正确的是(D)

- (A)  $\oint_{C_2} B_1 \cdot dl = \mu_0 I_1$  (B)  $\oint_{C_1} B_2 \cdot dl = \mu_0 I_2$   
 (C)  $\oint_{C_1} B_1 \cdot dl = \mu_0 I_1$  (D)  $\oint_{C_2} B_2 \cdot dl = \mu_0 I_2$

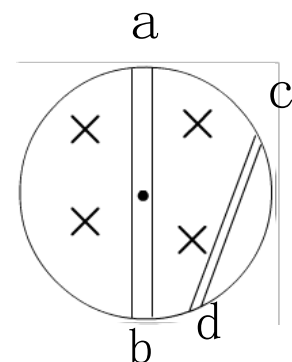


18、一导体棒 AB 在均匀磁场中绕中点 O 作切割磁感线的转动 AB 两点间的电势差为(A)：

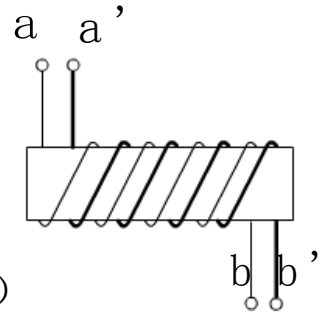
- (A) 0 (B)  $1/2 \omega B$   
 (C)  $-1/2 \omega B$  (D)  $\omega B$

19、在一长直螺线管中，放置 ab, cd 两段导体，一段在直径上，另一段在弦上，如图所示，若螺线管中的电流从零开始，缓慢增加。则 a、b、c、d 各点电势有如下关系(A)

- (A) a 点和 b 点等电势，c 点电势高于 d 点电势  
 (B) a 点和 b 点等电势，c 点电势低于 d 点电势  
 (C) a 点电势高于 b 点电势，c 点和 d 点等电势  
 (D) a 点电势低于 b 点电势，c 点和 d 点等电势



20、如图所示，在一圆筒上密绕两个相同的线圈  $ab$  和  $a'b'$ ， $ab$  用细线表示， $a'b'$  用粗线表示，如何连接这两个线圈，才能使这两个线圈组成的系统自感系数为零 ( C )。



- (A) 联接  $a'b'$  (B) 联接  $ab'$
- (C) 联接  $bb'$  (D) 联接  $a'b$

21、一面积为  $V$  的长螺线管的自感系数为  $L = \mu_0 n^2 V$ ，则半个螺线管的自感系数是 ( C )

- (A)  $\mu_0 n^2 V$  (B)  $\frac{1}{2} \mu_0 n^2 V$  (C)  $\frac{1}{4} \mu_0 n^2 V$  (D) 0

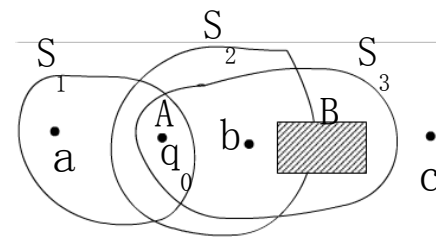
22、一平行板真空电容器，充电到一定电压后与电源切断，把相对介质常数为  $\epsilon_r$  的均匀电介质充满电容器。则下列说法中不正确的是 ( D )：

- (A) 介质中的场强为真空中场强的  $\frac{1}{\epsilon_r}$  倍。
- (B) 介质中的场强为自由电荷单独产生的场强的  $\frac{1}{\epsilon_r}$  倍。
- (C) 介质中的场强为原来场强的  $\frac{1}{\epsilon_r}$  倍。
- (D) 介质中的场强等于真空中的场强。

23、如果电容器两极间的电势差保持不变，这个电容器在电介质存在时所储存的自由电荷与没有电介质 (即真空) 时所储存的电荷相比 ( A )

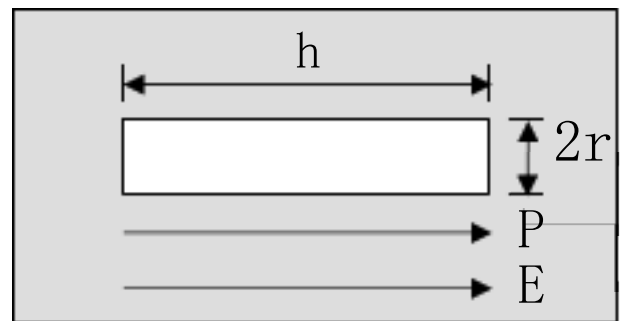
- (A) 增多 (B) 减少 (C) 相同 (D) 不能比较

24、在图中，A 是电量  $q_0$  的点电荷，B 是一小块均匀的电介质， $S_1$ 、 $S_2$  和  $S_3$  都是封闭曲面，下列说法中不正确的是 ( D )



- (A)  $\oint_{S_3} E \cdot ds = \oint_{S_1} D \cdot ds$
- (B)  $\oint_{S_1} D \cdot ds = \oint_{S_2} D \cdot ds = \oint_{S_3} D \cdot ds$
- (C)  $\oint_{S_1} E_f \cdot ds = \oint_{S_2} E_f \cdot ds = \oint_{S_3} E_f \cdot ds$
- (D)  $E_a = E_b, E_b = E_c, E_c = E_f$

25、在均匀极化的电介质中，挖出一半径为  $r$ ，高度为  $h$  的圆柱形空腔，圆柱的轴平行于极化强度  $P$  底面与  $P$  垂直，当  $h \gg r$  时，则空腔中心  $E_0$  和  $D_0$  与介质中  $E$  和  $D$  的关系为 ( C )：



- (A)  $E_0 = E_r$  (B)  $E_0 = \frac{D}{\epsilon_0}$
- (C)  $D_0 = \epsilon_0 E_0$  (D)  $D_0 = D$

26、在一无限长螺线管中，充满某种各向同性的均匀线性介质，介质的磁化率为  $\mu_m$  设螺线管单位长度上绕有  $N$  匝导线，导线中通以传导电流  $I$ ，则螺线管内的磁场为 ( C )

- (A)  $B = \mu_0 NI$  (B)  $B = \frac{1}{2} \mu_0 NI$

(C)  $B_0 = \mu_0 M$

(D)  $B_0 = \mu_0 NI$

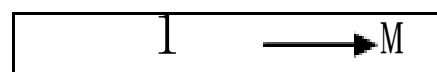
27、图是一根沿轴向均匀磁化的细长永久磁棒，磁化强度为 M 图中标出的 1 点的 B 是 ( A ):

(A)  $B_0 = \mu_0 M$

(B) 0

(C)  $B_0 = \frac{1}{2} \mu_0 M$

(D)  $B_0 = \frac{1}{2} \mu_0 M$



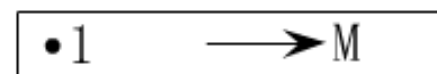
28、图中一根沿轴线均匀磁化的细长永久磁棒，磁化强度为 M，图中标出的 1 点的 H 是 ( B )

(A)  $1/2M$

(B)  $-1/2M$

(C) M

(D) 0



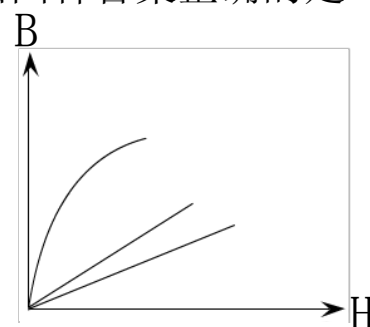
29、图中所示的三条线，分别表示三种不同的磁介质的 B—H 关系，下面四种答案正确的是 ( A )

(A) I 抗磁质，II 顺磁质，III 铁磁质。

(B) I 顺磁质，II 抗磁质，III 铁磁质。

(C) I 铁磁质，II 顺磁质，III 抗磁质。

(D) I 抗磁质，II 铁磁质，III 顺磁质。



30、一个电容量为 C 的平行板电容器，两极板的面积都是 S，相距为 d，当两极板加上电压 U 时，(略去边缘效应)，则两极板间的作用力为: ( C )

(A)  $F = \frac{CU^2}{2d}$  排斥力

(B)  $F = \frac{CU^2}{d}$  排斥力

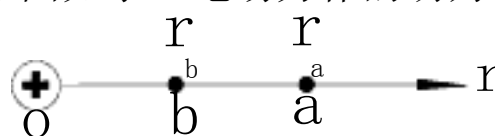
(C)  $F = \frac{CU^2}{2d}$  吸引力

(D)  $F = \frac{2CU^2}{d}$  吸引力

### 三、填空题

1、在正 q 的电场中，把一个试探电荷由 a 点移到 b 点如图如示，电场力作的功为 ( )

$\frac{q}{4} \left( \frac{1}{r_b} - \frac{1}{r_a} \right)$



2、两个半径分别为  $R_1$  和  $R_2$  的同心均匀带电球面，且  $R_2 > 2R_1$  内球面带电量  $q_1 > 0$ ，外球带电量  $q_2$  满足 ( ) 条件时能使内球的电势为正；满足 ( ) 条件时能使内球的电势为零；满足 ( ) 条件时，能使内球的电势为负

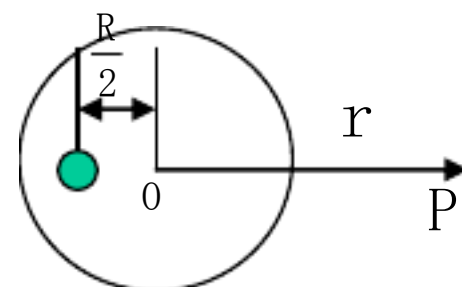
$q_2 > 2q_1$

$q_2 = 2q_1$

$q_2 < 2q_1$

3、一均匀带电球面，电量为 Q，半径为 R，在球内离球心  $R/2$  处放一电量为 q 的点电荷，假定点电荷的引入并不破坏球面上电荷的均匀分布，整个带电系统在球外 P 点产生的电场强度 ( )。

$\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} + \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$

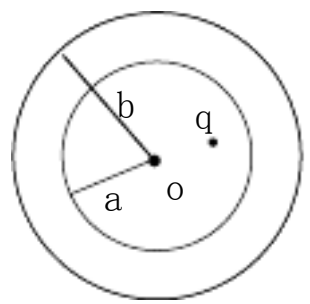


4、一无限长均匀带电直线，电荷线密度为  $\lambda$ ，则离这带电线的距离分别为  $r_1$  和  $r_2$  的两点之间的电势

差是  $(\frac{1}{2\epsilon_0} \ln \frac{r_2}{r_1})$  )。

5、一无限长均匀带电直线（线电荷密度为  $\lambda$ ）与另一长为  $L$ ，线电荷密度为  $\lambda'$  的均匀带电直线 AB 共面，且互相垂直，设 A 端到无限长均匀带电线的距离为  $a$ ，带电线 AB 所受的静电力为  $(\frac{1}{2\epsilon_0} \ln \frac{a+L}{a})$  )。

6、如图所示，金属球壳内外半径分别为  $a$  和  $b$ ，带电量为  $Q$ ，球壳腔内距球心  $O$  为  $r$  处置一电量为  $q$  的点电荷，球心  $O$  点的电势  $(\frac{1}{4\pi\epsilon_0} (\frac{q}{r} + \frac{Q}{a}))$  )。



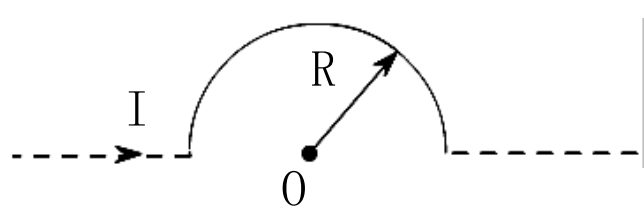
7、在金属球壳外距球心  $O$  为  $d$  处置一点电荷  $q$ ，球心  $O$  处电势  $(\frac{q}{4\pi\epsilon_0 d})$  )。

8、电流的稳恒条件的数学表达式是  $(\oint_S \mathbf{j} \cdot d\mathbf{S} = 0)$  )。

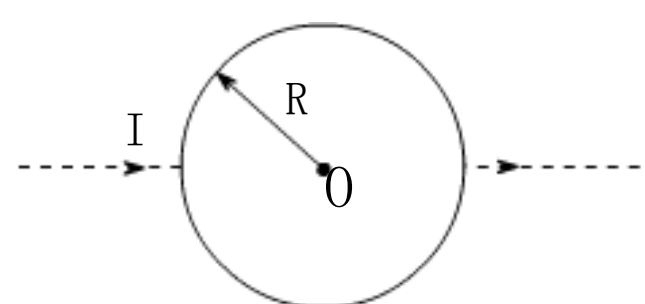
9、如图所示，在一立方体框架上，每一边有一个电阻，阻值均为  $R=1$ ， $R_{AB} = (\frac{7}{12})$  )。

10、一长螺线管通有电流  $I$ ，若导线均匀密绕，则螺线管中部的磁感应强度为  $(\mu_0 nI)$  端面处的磁感应强度约为  $(\frac{1}{2} \mu_0 nI)$  )

11、载流导线形状如图所示，（虚线表示通向无穷远的直导线） $O$  处的磁感应强度的大小为  $(\frac{\mu_0 I}{4R})$  )

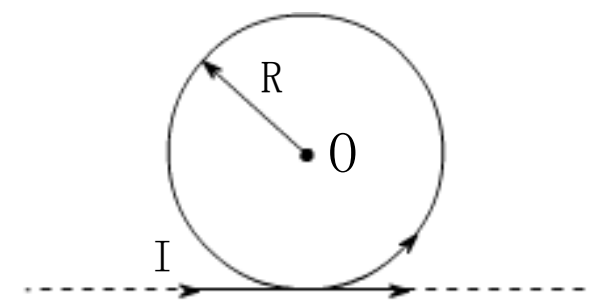


12、载流导线形状如图所示，（虚线表示通向无穷远的直导线） $O$  处的磁感应强度的大小为  $(0)$  )



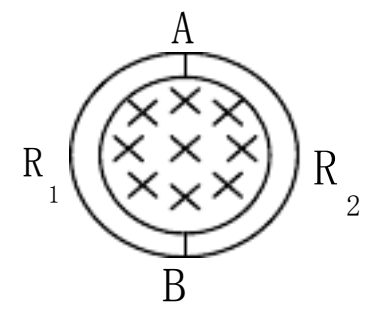
13、载流导线形状如图所示，（虚线表示通向无穷远的直导线） $O$  处的磁感应强度的大小为  $(\frac{\mu_0 I}{2R})$  )

$\frac{\mu_0 I}{2R}$



14、通过回路所圈围的面积磁通量发生变化时，回路中就产生感应电动势，引起磁通量变化的物理量是（磁感应强度  $B$ 、圈围的面积  $S$  及二者夹角  $\theta$ ）

15、有一金属环，由两个半圆组成，电阻分别为  $R_1$  和  $R_2$ ，一均匀磁场垂直于圆环所在的平面，当磁场强度增加时，如果  $R_1 > R_2$ ，（A）



如果  $R_1 > R_2$ , ( $\frac{1}{A} < \frac{1}{B}$ ); 如果  $R_1 < R_2$ , ( $\frac{1}{A} > \frac{1}{B}$ )

(括号内填“<”, “>”或“=” )。

> < =

16、设一均匀磁场的磁感强度为  $B$ , 方向与  $N$  匝线圈回路所圈围的面积垂直, 各回路圈围的面积均匀正方形, 边长为  $(1+n/N) a$ , ( $n=0, 1, 2, 3, \dots, N-1$ ), 则磁场对  $N$  匝线圈回路的磁通匝链数为 ( )。当  $B$  随时间而变时, 导线中的感应电动势是 ( )。

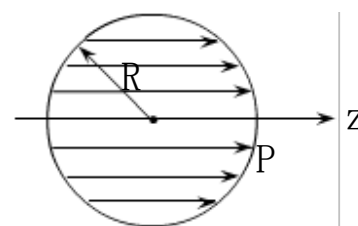
$$Ba^2(2N-1) \frac{(7N-1)}{6N} \quad a^2(2N-1) \frac{7N-1}{6N} \frac{dB}{dt}$$

17、有两个相距不太远的线圈, 使互感系数为零的条件是 ( )。

二个线圈的轴线彼此垂直, 其中心在一条直线上

18、如图, 有一均匀极化的介质球, 半径为  $R$ , 极化强度为  $P$ , 则极化电荷在球心处产生的场强是 ( ) 在球外  $Z$  轴上任一点产生的场强是 ( )

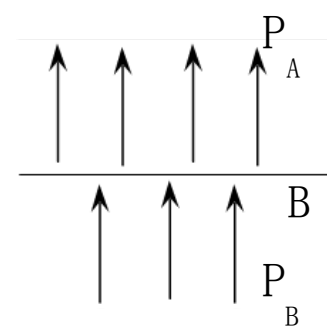
$$\frac{P}{3\epsilon_0} \quad \frac{2R^3 P}{3\epsilon_0 Z^3}$$



19、带电棒能吸引轻小物体的原因是 ( )。

轻小物体由于极化在靠近带电棒一端出现与带电棒异号的极化电荷

20、附图给出了 A、B 两种介质的分界面, 设两种介质 A、B 中的极化强度都是与界面垂直, 且  $P_A > P_B$ , 当取  $\hat{e}_n$  由 A 指向 B 时, 界面上极化电荷为 ( ) 号。当  $\hat{e}_n$  由 B 指向 A 时, 界面上极化电荷为 ( ) 号。



正 负

21、如果电介质中各的 ( ) 相同, 这种介质为均匀电介质。如果电介质的总体或某区域内各点的 ( ) 相同, 这个总体或某区域内是均匀极化的。

$P$

22、对铁磁性介质  $H$ 、 $B$ 、 $M$  三者的关系是 ( )。

$$H = \frac{B}{\mu_0} - M$$

23、对于细长永久磁棒而言, 图中所标出的 1、2 两点的  $B$  值相等, 即  $B_1 = B_2$ , 其理由是 ( 磁感强度的法向分量是连续的 )。

1 2

#### 四、问答题

1、一金箔制的小球用细线悬挂着。当一带电棒接近小球时, 小球被吸引; 小球一旦接触带电棒后, 又立即被排斥; 若再用手接触小球, 它又能被带电棒重新吸引, 试解释这一现象。

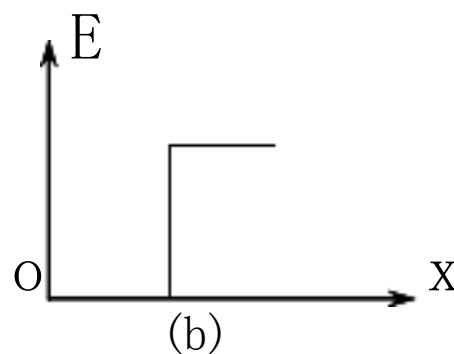
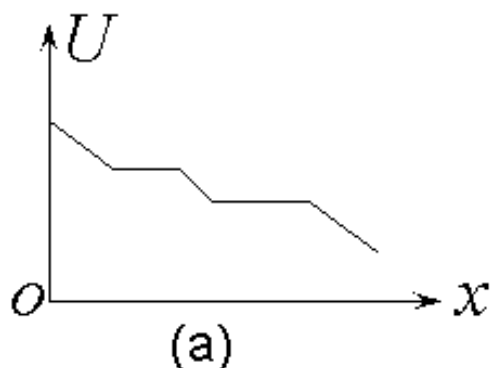
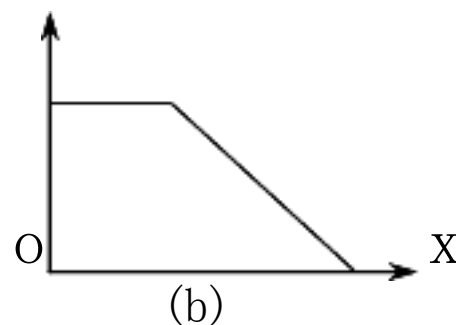
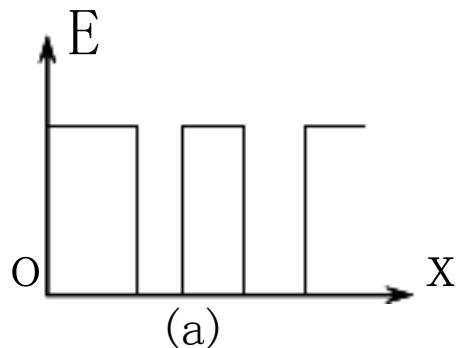
答: 当电棒接近小球时, 小球靠近导体端感应带异号电荷, 远端感应出同号电荷, 小球所受的



吸引力比斥力大，故小球所受合力为吸引力。当小球与导体接触时，导体电荷有部分传给小球，两者带同号电荷，故互相排斥反而分开。当用手接触小球时，小球上的电荷通过人手、人体而传入大地，而后重新感应带电被电棒重新吸引。

2、已知空间电场的分布如图 (a) 所示，试画出电场的电势分布曲线。已知某电场的电势分布曲线如图 (b) 所示，试画出该电场的电势分布曲线。

答：

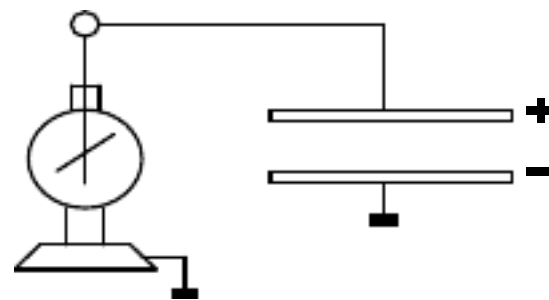


3、 $W_{in} q$  和  $W_{in} \frac{1}{2} q_i$  中的  $U_i$  与  $U$  的含义是否相同？为什么两式的形式不一样？

答： $U_i$  与  $U$  的含义是不同的， $U$  是  $q$  所在处电场的电势， $U_i$  是除  $q_i$  以外其他点电荷（不包括外电场的源电荷）在  $q_i$  处的电势。 $W_{in} q$  是场源与处在场中电荷之间的相互作用势能，即静电势能。而  $W_{in} \frac{1}{2} q_i$  是点电荷系的相互作用势能。

4、如图所示是一种用静电计测量电容器两极板间电压的装置。试问：电容器两极板上的电压越大，静电计的指针的偏转是否也越大，为什么？

答：静电计可看作一个电容器，与平行板电容器并联，二者极板上的电压相等，当电容一定时，电量与电压成正比，当平行板电容器的电压增大时，静电计构成的电容器上的电压也增大，从而指针和杆子的电量也随之增大，故指针和杆子的排斥力也增大，指针偏转也就越大。



5、断丝后的白炽灯泡，若设法将灯丝重新接上后，通常灯泡总要比原来亮，但寿命一般不长，试解释此现象？

答：灯泡丝烧断重新接上后，灯丝的长度  $L$  比原来小些，又根据  $R = \frac{L}{S}$ ， $R$  比原来小些，又因为灯泡上的电压  $U$  不变，由  $P = \frac{U^2}{R}$  知  $R$  减小， $P$  便增大。所以灯泡的实际功率大于额定功率，从而比原来亮些。根据  $P = \frac{Q}{t}$  知，当  $Q$  不变时， $P$  与  $t$  成反比，故  $P$  增大， $t$  减小，灯泡寿命降低。

6、把一恒定不变的电势差加于一导线的两端，使导线中产生一稳恒电流，若突然改变导线的形状（若

折屈导线), 在此瞬间会发生什么现象? 是什么因素保持电流稳恒?

答: 电荷的分布的最终要求是导线内部各点的场强沿着导线的方向, 如果导线形状发生变化, 原来的电荷分布将不再能保证导线中各点的  $E$  仍沿导线方向, 于是电荷分布将自动调整, 通过一个短暂的不稳定调整过程 ( $10^{-19}$  秒左右) 使导体内的  $E$  与变化后导体的表面平行, 电荷分布不发生变化进入新的稳恒状态。

7、稳恒电流磁场与静电场本质上有哪些不同?

答: 1) 激发场的源不同, 静电场是由静止电荷激发的, 而稳恒磁场是由稳恒电流 (运动电荷) 激发。

2) 电场线起于正电荷 (或来自无穷远), 终于负电荷 (或伸向无穷远), 不闭合, 静电场是有源场。磁感线是闭合线, 无头无尾, 磁场是无源场。

3) 由于静电场力作功与路径无关, 所以静电场是保守力场, 可以引电势的概念。故静电场又称有势场。而磁场力作功与路径有关, 所以磁场不是保守场, 是涡旋场。

8、在回旋加速器中, 电场和磁场各起着什么主要的作用?

答: 电场加速, 磁场让电荷做圆周运动, 反复补电场加速。

9、试探电流元  $I dl$  在磁场中某处沿直角坐标系的 X 轴方向放置不受力, 把这电流元转到 +y 轴方向时受到的力沿 -z 轴方向, 此处的磁感应强度设  $B$  指向何方?

答: 由安培定律  $dF = I dl \times B$  进行判断, 由于电流元  $I dl$  在磁场中某处沿 X 轴方向放置时,  $dF = 0$ , 故  $I dl \times B = 0$  可见  $I dl$  所在处  $B$  与  $I dl$  同向或反向, 即  $B$  是沿 X 轴的正方向或负方向。当把  $I dl$  转到 +y 轴方向时, 已知  $dF$  沿 -z 轴方向, 故由安培定律, 立即判断出  $B$  的方向为沿 +X 轴方向。

10、如果要使悬挂在均匀磁场中并在平衡位置左右来回转动的线圈很快停止振动, 可将此线圈的两端与一开关相连, 只要按下开关 (称为阻尼开关), 使线圈闭合就能达到此目的, 试解释之。

答: 用开关使线圈闭合后, 由于线圈左右来回转动, 穿过它的磁通量在不断变化, 在线圈中产生感生电流, 反过来载流闭合线圈在磁场又要受到力矩作用阻碍线圈转动。所以线圈很快停止振动。

11、将电路中的闸刀闭合时不见跳火, 而当扳断电路时, 常有火花发生, 为什么?

答: 通路时, 回路电流为  $i = \frac{U}{R} (1 - e^{-\frac{R}{L}t})$ ,  $R$  为通路时的总电阻。接口处电压

$$U = L \frac{di}{dt} = L \frac{R}{L} e^{-\frac{R}{L}t} = R e^{-\frac{R}{L}t}$$

由于当  $t=0$  通路瞬间,  $U = R$ , 由于电压较低, 不发生火花。断路时, 原电路与开关处的气隙组成回路, 回路电流为  $i = \frac{U}{R_0} e^{-\frac{R_0}{L}t}$ ,  $R_0$  为原回路的电阻,  $R$  为考虑气隙电阻后的总电阻, 接口处的电压

$$U = iR = L \frac{di}{dt} = \frac{R}{R_0} e^{-\frac{R_0}{L}t}, \text{ 当 } t=0 \text{ 时, } U = \frac{R}{R_0}, \text{ 因为 } R \gg R_0, \text{ 所以 } U \gg R, \text{ 可以击穿空气产生}$$

火花放电。

12、电介质的极化和导体的静电感应, 两者的微观过程有何不同?

答: 从微观看, 金属中有大量自由电子, 在电场的作用下可以在导体内位移, 使导体中的电荷重新分布。结果在导体表面出感应电荷。达到静电平衡时感应电荷所产生的电场与外加电场相抵消, 导体中的合

场强为零。导体中自由电子的宏观移动停止。在介质中，电子与原子核的结合相当紧密。电子处于束缚状态，在电场的作用下，只能作一微观的相对位移或者它们之间连线稍微改变方向。结果出现束缚电荷。束缚电荷所产生的电场只能部分地抵消外场，达到稳定时，电介质内部的电场不为零。

13、为什么要引入电位移矢量 D? E 与 D 哪个更基本些?

答：当我们研究有电介质存在的电场时，由于介质受电场影响而极化，出现极化电荷，极化电荷的场反过来改变原来场的分布。空间任一点的场仍是自由电荷和极化电荷共同产生即： $E = E_f + E_p$ 。因此，要求介质中的 E，必须同时知道自由电荷及极化电荷的分布。而极化电荷的分布取决于介质的形状和极化强度 P，而  $P = \epsilon_0 \chi E$ ，而 E 正是要求的电场强度。这样似乎形成计算上的循环，为了克服这一困难，引入辅助量 D。由  $\oint_S D \cdot dS = q_0$  知，只要已知自由电荷，原则上即可求 D，再由  $D = \epsilon_0 \epsilon_r E$  求 E。故 D 更基本一些。

14、软磁材料和硬磁材料的磁滞回线各有何特点?

答：软磁材料的磁滞回线窄而瘦，矫顽力很小，磁滞损耗低，容易磁化，也容易去磁。硬磁材料矫顽力很高。磁滞回线宽而胖，磁滞损耗很高。剩磁很大。

15、把一铁磁物质制的空腔放在磁场中，则磁场的磁感应线集中在铁芯内部，空腔中几乎没有磁场，这就提供了制造磁屏蔽壳的可能。试用并联磁路的概念说明磁屏蔽的原理。

答：将一个铁壳放在外磁场中，则铁壳的壁与空腔中的空气可以看成是并联的磁路。由于空气的磁导率  $\mu_1$  接近于 1，而铁壳的磁导率至少有几千，所以空气的磁阻比铁壳壁的磁阻大得多，这样一来，外磁场的磁感应通量的绝大部分将沿着空腔两侧的铁壳壁内“通过”，“进入”空腔内部的磁通量是很小的。这就可以达到磁屏蔽的目的。

## 五、计算题

1、求均匀带电的细棒在 (1) 通过自身端点并垂直于棒的平面上、(2) 自身的延长线上的场强分布，设棒长为  $2L$ ，电量为  $q$ 。

解：(1) 在棒上取元电荷， $dq = \lambda dx$  如图 3-1 所示，该元电荷在 y 轴上任一点的场强为

$$dE = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{dx}{x^2 + y^2} \hat{e}_r$$

将  $dE$  在 x 轴和 y 轴方向分解得

$$dE_x = dE \sin\theta = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{xdx}{(x^2 + y^2)^{3/2}}$$

$$dE_y = dE \cos\theta = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{ydx}{(x^2 + y^2)^{3/2}}$$

所以

$$E_x = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_0^{2L} \frac{xdx}{(x^2 + y^2)^{3/2}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{\sqrt{x^2 + y^2}} \Big|_0^{2L}$$

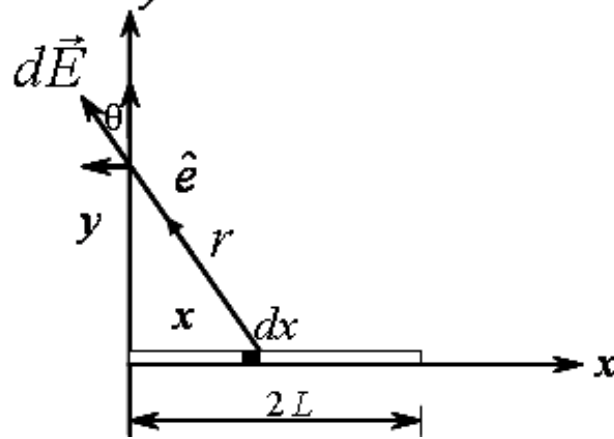


图 5-1

$$E_y = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_0^L \frac{y}{y^2 + x^2} \frac{x}{\sqrt{y^2 + x^2}} dx = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2L}{y\sqrt{4L^2 + y^2}}$$

(2) 如图 5-2 所示, 元电荷在 X 轴上任一点的场强为

$$dE = \frac{dq}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{q dx}{8\pi\epsilon_0 l r^2 x^2}$$

所以

$$E = \frac{q}{8\pi\epsilon_0 l} \int_0^l \frac{dx}{r^2 x^2} = \frac{q}{8\pi\epsilon_0 l} \left[ \frac{1}{r x} \right]_0^l = \frac{q}{8\pi\epsilon_0 l} \frac{1}{r} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2 l^2}$$

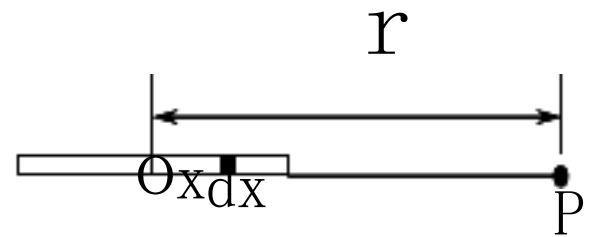


图 5-2

2、半径为 R 的细圆环, 由两个分别带有等量异号电荷的半圆环所组成, 电荷均匀分布在环上, 电量都是 q, 试求垂直于圆面的对称轴上远离圆环面的 P 点的场强。

解: 半细圆环的电荷线密度为  $\frac{q}{R}$ , 在细圆环上取一对电荷元  $dq = R d\theta$ , 如图所示, 它们在对称轴上 P 点的场强分别为  $dE_+$  和  $dE_-$ 。根据对称性分析  $dE_+$  与  $dE_-$  只有 y 轴分量而且二者方向相同大小相等, 即

$$dE_y = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{R d\theta}{z^2 + R^2} \frac{R}{\sqrt{z^2 + R^2}} \cos\theta$$

$$dE_y = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{d\theta}{z^2 + R^2} \frac{R}{\sqrt{z^2 + R^2}} \cos\theta$$

$$dE_y = dE_y = 2dE_y = \frac{R^2 \cos\theta d\theta}{2(z^2 + R^2)^{3/2}}$$

$$E = \int_0^{2\pi} \frac{R^2 \cos\theta d\theta}{2(z^2 + R^2)^{3/2}}$$

$$= \frac{R^2}{2(z^2 + R^2)^{3/2}} \int_0^{2\pi} \cos\theta d\theta$$

$$= \frac{qR}{2(z^2 + R^2)^{3/2}} \frac{1}{z^2}$$

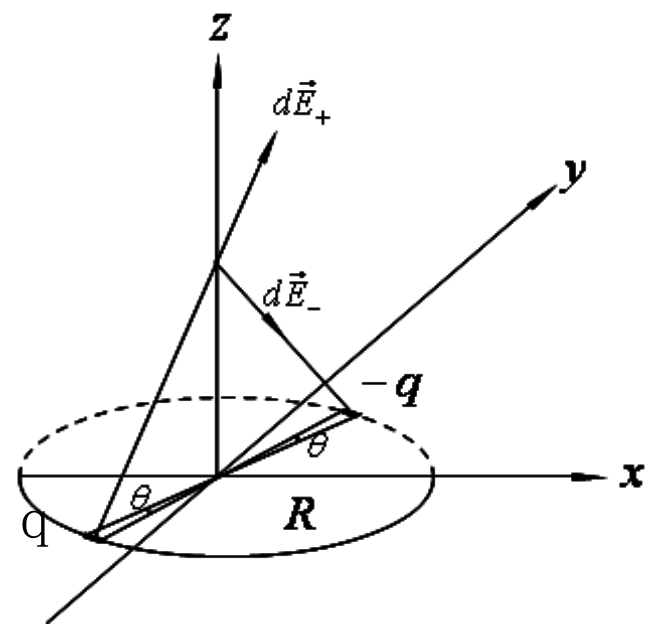


图 5-3

$$\vec{E} = \frac{qR}{4\pi\epsilon_0 z^3} \hat{j}$$

3、半径分别为  $R_1$  和  $R_2$  的两个同心球面都均匀带电，带电量分别为  $Q_1$  和  $Q_2$ ，两球面把空间划分为三个区域，求各区域的电势分布并画出  $E-r$  曲线。

解：根据高斯定理  $\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{q}{\epsilon_0}$ ；得三个区域如图 5-4 所示，场强变化规律是

$$\begin{aligned} E_{\text{I}} &= 0 \\ E_{\text{II}} &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1}{r^2} \\ E_{\text{III}} &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 + Q_2}{r^2} \end{aligned}$$

根据电势与场强的积分关系式得

$$\begin{aligned} U_{\text{I}} &= \int_r^{\infty} E_{\text{III}} dr = \int_{R_2}^{\infty} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 + Q_2}{r^2} dr + \int_{R_1}^{R_2} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 + Q_2}{r^2} dr \\ &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 + Q_2}{R_2} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{Q_1 + Q_2}{R_1} - \frac{Q_1 + Q_2}{R_2} \right) \\ &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1}{R_1} + \frac{Q_2}{4\pi\epsilon_0 R_2} \\ U_{\text{II}} &= \int_r^{\infty} E_{\text{III}} dr + \int_r^{R_2} E_{\text{II}} dr = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 + Q_2}{R_2} + \int_r^{R_2} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1}{r^2} dr \\ &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 + Q_2}{R_2} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{Q_1}{R_2} - \frac{Q_1}{r} \right) \\ &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1}{r} + \frac{Q_2}{4\pi\epsilon_0 R_2} \\ U_{\text{III}} &= \int_r^{\infty} E_{\text{III}} dr = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 + Q_2}{r} \end{aligned}$$

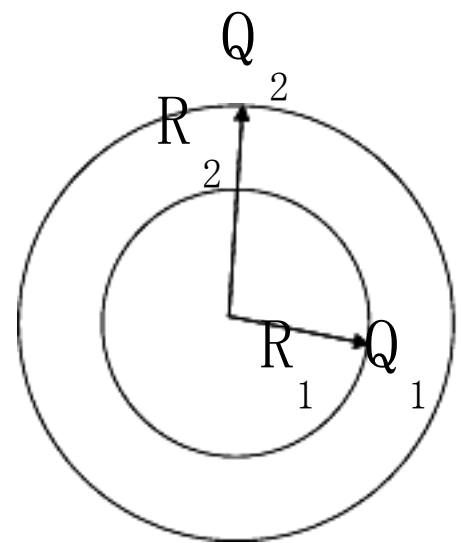


图 5-4

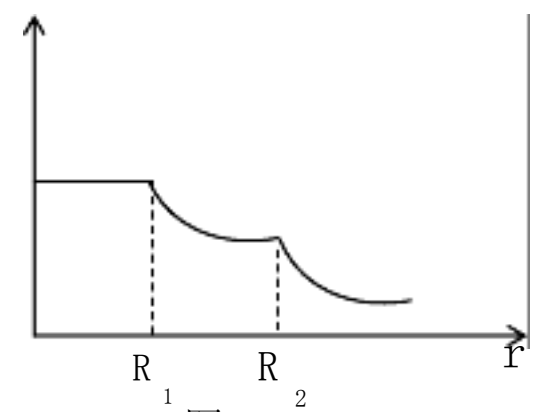


图 5-5

电势分布曲线如图 5-5 所示

4、求一均匀带电球体的场强和电势分布，并画出  $E-r$  和  $U(r)$  曲线。设球的半径是  $R$ ，带电量为  $Q$ 。

解：若球体的电荷体密度为

$$\rho = \frac{Q}{\frac{4}{3}\pi R^3}$$

根据高斯定理  $\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{q}{\epsilon_0}$

当  $r < R$  时，在球内取同心球面作高斯面得

$$E \cdot 4\pi r^2 = \frac{1}{\epsilon_0} \frac{Q}{\frac{4}{3}\pi R^3} \cdot \frac{4}{3}\pi r^3$$

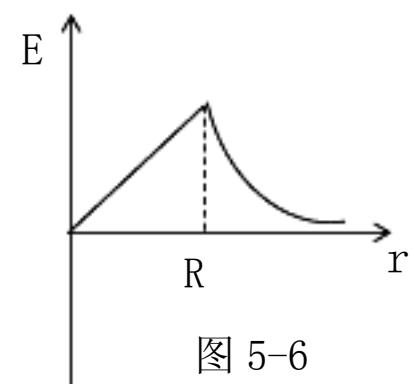
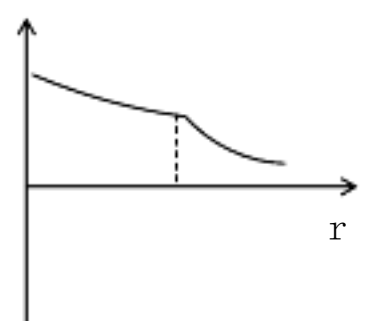


图 5-6



$$E_1 = \frac{Qr}{4\pi\epsilon_0 R^3} \hat{e}_r$$

当  $r > R$  时, 在球外取同心球面作高斯面得

$$E_2 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \hat{e}_r$$

$E = E(r)$  的曲线如图 18-1 所示

根据电势与场强的积分关系得

$$\text{当 } r < R \quad \int_r^R E_1 dr + \int_R^\infty E_2 dr$$

$$= \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R^3} \int_r^R \frac{1}{2} r^2 dr + \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \ln \frac{1}{r} \Big|_R^\infty$$

$$= \frac{Q}{8\pi\epsilon_0 R} - \frac{Qr^2}{8\pi\epsilon_0 R^3} + \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$$

$$= \frac{3Q}{8\pi\epsilon_0 R} - \frac{Qr^2}{8\pi\epsilon_0 R^3}$$

$$= \frac{Q}{8\pi\epsilon_0 R} \left( 3 - \frac{r^2}{R^2} \right)$$

$$\text{当 } r > R \quad \int_r^\infty E_2 dr = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{r}$$

$$= \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

$E = E(r)$  的曲线如图 5-7 所示

5、在半径为  $R_1$  和  $R_2$  ( $R_1 < R_2$ ) 的两个同心球面间分布有体密度  $\rho = k/r^2$  的电荷层 ( $k$  为常数), 试求电势  $\phi$  和场强  $E$  的分布, 并讨论在电荷不变的情况下, 当  $R_2 \rightarrow R_1$  时的极限情况。

解: 根据高斯定理

当  $r < R_1$  时

$$E_1 = 0 \dots\dots ①$$

当  $R_1 < r < R_2$  时

$$E_2 = \frac{\int_0^r \frac{4}{3} \pi r'^3 \rho dr'}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{\int_0^r \frac{4}{3} \pi r'^3 \frac{k}{r'^2} dr'}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{k}{3\epsilon_0} \frac{r^3 - R_1^3}{r^4} \dots\dots ②$$

当  $r > R_2$  时

$$E_3 = \frac{\int_0^{R_2} \frac{4}{3} \pi r'^3 \rho dr'}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{\int_0^{R_2} \frac{4}{3} \pi r'^3 \frac{k}{r'^2} dr'}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{k}{3\epsilon_0} \frac{R_2^3 - R_1^3}{r^4} \dots\dots ③$$

当  $r < R_1$  时

$$\phi_1 = \int_r^{R_2} E_2 dr + \int_{R_2}^\infty E_3 dr = \int_r^{R_2} \frac{k}{3\epsilon_0} \frac{r^3 - R_1^3}{r^4} dr + \int_{R_2}^\infty \frac{k}{3\epsilon_0} \frac{R_2^3 - R_1^3}{r^4} dr$$

图 5-7

$$\frac{3}{0} \ln \frac{R_2}{R_1} - \frac{9}{0} \frac{R_1^3}{R_2^3} + \frac{3}{0} \frac{R_2^3}{R_1^3} - \frac{3}{0} \frac{R_1^3}{R_2^3} \\ \frac{3}{0} \ln \frac{R_2}{R_1} - \frac{2}{9} \frac{1}{R_2^3} \dots\dots ④$$

当  $R_1 < r < R_2$  时

$$\int_{R_1}^{R_2} \frac{R_2}{r^2} E_2 dr = \int_{R_1}^{R_2} E_2 dr \\ \frac{R_2}{3} \int_{R_1}^{R_2} \frac{1}{r^4} \frac{R_1^3}{r^4} dr = \frac{R_2}{3} \int_{R_1}^{R_2} \frac{R_1^3}{r^8} dr \\ \frac{3}{0} \ln \frac{R_2}{R_1} - \frac{9}{0} \frac{R_1^3}{R_2^3} + \frac{3}{0} \frac{R_2^3}{R_1^3} - \frac{3}{0} \frac{R_1^3}{R_2^3} \\ \frac{3}{0} \ln \frac{R_2}{R_1} - \frac{2}{9} \frac{3}{R_2^3} \frac{R_1^3}{r^3} \dots\dots ⑤$$

当  $r > R_2$  时

$$\int_{R_1}^{R_2} \frac{E_3}{r^3} dr = \frac{R_2}{3} \int_{R_1}^{R_2} \frac{R_1^3}{r^4} dr \\ \frac{R_2}{3} \frac{R_1^3}{r^3} \dots\dots ⑥$$

球壳所带电荷量为

$$Q = \int_{R_1}^{R_2} \rho r^2 dr = \int_{R_1}^{R_2} \frac{R_2}{R_1} \frac{1}{r^2} r^2 dr = \frac{R_2}{R_1} (R_2 - R_1)$$

所以

$$\frac{Q}{4\pi R_2 R_1} \dots\dots ⑦$$

将⑦式代入②式得

$$E_2 = \frac{Q}{12\pi r^4} \left( \frac{r^3}{R_2} - \frac{R_1^3}{R_2} \right) \\ \frac{Q}{12\pi r^4} \left( 1 - \frac{R_1^3}{R_2^3} \right)$$

当  $R_2 < R_1$  时  $E_2$

将⑦式代入③式得

$$E_3 = \frac{Q}{12\pi r^4} \frac{R_2^3}{R_2} \frac{R_1^3}{R_1} = \frac{Q}{12\pi r^4} \frac{R_2 R_1}{R_2 R_1} \\ \frac{Q}{12\pi r^4} \frac{R_2^2}{R_2} \frac{R_1^2}{R_1} = \frac{Q}{12\pi r^4} \frac{R_2 R_1}{R_2 R_1}$$

当  $R_2 < R_1$  时

$$E_3 = \frac{3QR_2}{12\pi r^4} = \frac{QR_2}{4\pi r^4}$$

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/407046020102010005>