

第九章 静电场及其应用

1 电荷

★教材 P5【练习与应用】

1. 【解析】在天气干燥的季节,脱外衣时,由于摩擦,外衣和身体都带了电,用手去摸金属门把手时,身体通过门把手放电,于是有被电击的感觉.

2. B 转移到 A 6.25×10^{10} 个 6.25×10^{10} 个

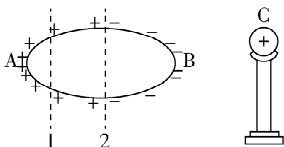
【解析】由于 A、B 是金属导体,故可移动的电荷是自由电子,由于 A 带上了负电荷,所以电子由 B 转移到 A, A 得到的电子数

$$n = \frac{10^{-8}}{1.6 \times 10^{-19}} (\text{个}) = 6.25 \times 10^{10} (\text{个}), \text{与 B 失去的电子数相等.}$$

3. 【解析】(1) 导体原来不带电,根据静电感应现象可知,导体中的自由电荷重新分布,导体中的自由电子向 B 部分移动,使 B 部分多了电子而带负电, A 部分少了电子而带正电. 根据电荷守恒定律,不论沿着哪条虚线切开,都有 A 带正电, B 带负电,且 A 与 B 所带电荷量(的绝对值)总是相等.

(2) 作出导体发生静电感应现象

后的电荷分布图(如图所示),由于电荷之间的作用力与距离有关,距离越小,作用力越大,因此



更多的电子容易转移到最接近 C 的位置,导致电子在导体上分布不均匀,从而正、负电荷分布不均匀,所以从不同位置切开时,所带电荷量的绝对值不同,由图可知, $Q_A = Q_B < Q'_A = Q'_B$.

4. 小明的看法是错误的

【解析】因为元电荷是一个电子或质子所带的电荷量,元电荷不是电荷(带电体),元电荷的值 $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$,它是电荷量的最小单位;所有带电体的电荷量都是 e 的整数倍. 也就是说,电荷量是不能连续变化的物理量,故物体所带电荷量不是任意的.

2 库仑定律

★教材 P10【练习与应用】

1. 【解析】因为三个金属球 A、B、C 完全相同,则金属球接触时所带电荷量平分, A 球带的电荷量为 q ,当 A 球与 B 球接触时, A 球与 B 球带的电荷量均为 $\frac{q}{2}$;然后将 B 球与 C 球接触, B 球与 C 球带的电荷量均为 $\frac{q}{4}$;再将 A 球与 B 球接触, A 球

$$\text{与 B 球带的电荷量均为 } \frac{\frac{1}{2}q + \frac{1}{4}q}{2} = \frac{3q}{8}. (\text{方法不唯一})$$

2. 【解析】半径为 r 的两个金属球,球心间距离为 $3r$,两球都带等量同种电荷 Q 时,两个带电金属球不能看成点电荷. 由于



两个金属球靠得比较近,带同种电荷时,由于电荷之间相互排斥,电荷间的实际距离大于 $3r$,所以 $F < k \frac{Q^2}{9r^2}$.

3. $\frac{1}{8}F$ $\frac{1}{32}F$

【解析】设 A、B 的电荷量分别为 q 、 $-q$, A、B 间距离为 r , 则

$$F = k \frac{q^2}{r^2}. \text{ 当 C 接触 A 时, A、C 的电荷量相等, 即 } q_A = q_C = \frac{1}{2}q.$$

$$\text{C 再与 B 接触后, B 和 C 的电荷量相等, 即 } q'_C = q_B = \frac{-q + \frac{q}{2}}{2} =$$

$$-\frac{1}{4}q, \text{ 故此时 A、B 之间的静电力 } F' = k \frac{|q_A q_B|}{r^2} = k \frac{\frac{1}{2}q \times \frac{1}{4}q}{r^2} =$$

$$\frac{1}{8}F. \text{ 在此情况下, 再使 A、B 之间距离增大为原来的 2 倍, 它}$$

$$\text{们之间的静电力 } F'' = \frac{1}{2^2}F' = \frac{1}{32}F.$$

4. $\frac{2\sqrt{2}+1}{2}k \frac{q^2}{a^2}$ 方向沿对角线延长线向外

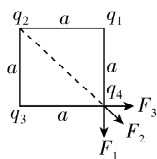
【解析】第四个点电荷所受其余三个点电荷的排斥力如图所示, q_4 共受到三个力的作用, 因为 $q_1 = q_2 = q_3 = q_4 = q$, q_1 、 q_2 、 q_3 到 q_4 的

距离分别为 a 、 $\sqrt{2}a$ 、 a , 所以 $F_1 = F_3 = k \frac{q^2}{a^2}$,

$F_2 = k \frac{q^2}{2a^2}$, 根据平行四边形定则, 合力沿对角线的延长线向

下, 大小是 $F = 2F_1 \cos 45^\circ + F_2 = \frac{2\sqrt{2}+1}{2}k \frac{q^2}{a^2}$. 根据对称性, 每个

电荷受到其他三个电荷的静电力的合力的大小都相等, 且都沿对角线的延长线向外.



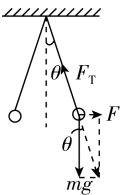
5. $5.3 \times 10^{-8} \text{ C}$ $5.3 \times 10^{-8} \text{ C}$

【解析】带电小球处于平衡状态, 受力分析如图所

示, 可得 $F = mg \tan \theta$, 而 $F = k \frac{q^2}{r^2}$, $r = 0.1 \text{ m}$, $\tan \theta =$

$$\frac{5}{\sqrt{13^2 - 5^2}} = \frac{5}{12}, \text{ 所以 } q = r \sqrt{\frac{mg \tan \theta}{k}} = 0.1 \times$$

$$\sqrt{\frac{0.6 \times 10^{-3} \times 10 \times \frac{5}{12}}{9 \times 10^9}} \text{ C} \approx 5.3 \times 10^{-8} \text{ C}.$$



3 电场 电场强度

★教材 P12【思考与讨论】

【解析】为了描述电场的强弱和方向, 我们需要引入一个物理量, 引入的这个物理量必须能客观反映静电力的性质, 而和试探电荷本身无关. 定量的实验证明, 在电场的同一点, 静电力的

荷量无关,它只与产生电场的电荷及试探电荷在电场中的具体位置有关,即比值反映电场自身的特性,因此我们用这一比值来表示电场强度,简称场强,通常用 E 表示.

★教材 P16【练习与应用】

1. 【解析】A 错误,因为某点的电场强度的大小及方向取决于电场本身,与试探电荷的正负、电荷量的大小及受到的静电力无关,和放不放试探电荷无关. B 正确,根据点电荷的电场强度公式 $E=k\frac{Q}{r^2}$,当 r 变为 $\frac{r}{2}$ 时, $E'=k\frac{Q}{(\frac{r}{2})^2}=k\frac{4Q}{r^2}=4E$. C 错

$$误,因为某点的电场强度的大小及方向取决于电场本身,与试探电荷的电荷量的大小及受到的静电力无关,当试探电荷的电荷量减半时,试探电荷所受的静电力也减半,但试探电荷所受静电力与试探电荷的电荷量的比值不变. D 错误,匀强电场中各点电场强度大小相等,方向相同,但静电力 $F=Eq$ 与试探电荷的电荷量有关,所以不可能有任何电荷在匀强电场中受力都相同,另外,等量异种电荷在同一匀强电场中的受力大小相等但方向相反,也不能说二者受力相同.$$

2. $\frac{1}{n} \quad \frac{n}{1}$

【解析】由题意知 $\frac{E_A}{E_B} = \frac{\frac{F}{q}}{\frac{nF}{q}} = \frac{1}{n}$, $\frac{E_A}{E_C} = \frac{\frac{F}{q}}{\frac{F}{nq}} = \frac{n}{1}$.

3. 【解析】重力场强度等于单位质量的物体所受到的重力,即

$$\frac{G}{m} = g, \text{单位为 N/kg, 方向竖直向下.}$$

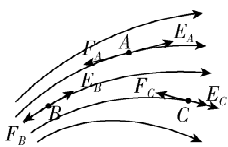
4. 这种说法是错误的,举例见解析

【解析】例如,当带电粒子的初速度 v 与匀强电场方向不在一条直线上时,带电粒子在静电力作用下做曲线运动,其轨迹不是电场线.

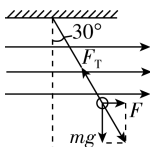
5. 【解析】(1) B 点的电场强度最强, C 点的电场强度最弱.

(2) A 、 B 、 C 三点电场强度的方向如图所示.

(3) 负的点电荷在 A 、 B 、 C 三点所受静电力的方向如图所示.



第 5 题图



第 6 题图

6. $2.8 \times 10^5 \text{ N/C}$, 方向水平向右

【解析】小球受重力 mg 、静电力 F 、轻绳拉力 F_T 的作用而处于平衡状态,如图所示,根据平衡条件有 $F = mg \tan 30^\circ = qE$,所以

$$E = \frac{mg}{q} \tan 30^\circ = \frac{1.0 \times 10^{-3} \times 9.8}{2.0 \times 10^{-8}} \times \frac{\sqrt{3}}{3} \text{ N/C} \approx 2.8 \times 10^5 \text{ N/C}, \text{方向水平向右.}$$

7. (1) 在 $x = 12 \text{ cm}$ 处 (2) $0 < x < 6 \text{ cm}$ 和 $x > 12 \text{ cm}$

【解析】(1) 因 $Q_1 > Q_2$, 故在 Q_1 左侧, Q_1 产生的电场强度总大于 Q_2 产生的电场强度,合电场强度方向总指向 x 轴负方向,



在 $x=0$ 到 $x=6\text{ cm}$ 之间,电场强度方向总指向 x 轴正方向,故在 Q_2 右侧某位置电场强度可能为零. 设该位置距 Q_1 的距离为 x , 则 $k\frac{Q_1}{x^2}-k\frac{Q_2}{(x-6\text{ cm})^2}=0$, 代入数据解得 $x_1=4\text{ cm}$ (不合题意,舍去), $x_2=12\text{ cm}$.

(2) 在 x 轴上 $0<x<6\text{ cm}$ 之间和 $x>12\text{ cm}$ 的位置电场强度的方向是沿 x 轴的正方向的.

4 静电的防止与利用

★教材 P22【练习与应用】

- 【解析】**防止静电危害的基本方法:尽快把静电引走,避免越积越多. 增加工作地点和居室的空气湿度,以减少静电的产生;在机器设备上增加接地线,及时把静电导入大地;或者采用抗静电剂来达到消除静电的目的.
- 【解析】**铁锯条和易拉罐(金属)片分别跟静电起电机的两极相连,分别带上正、负电荷,相当于异种电荷形成的电场,铁锯条附近电场最强(电场强度最大),它的面积小,电荷更密集. 铁锯条和易拉罐(金属)片形成的电场使烟气发生电离,铁锯条附近的空气中的气体分子更容易被电离,成为正离子和电子. 正离子被吸到铁锯条上,得到电子,又成为分子. 电子在向着正极金属片运动的过程中,遇到烟气中的粉尘,使粉尘带负电. 粉尘被吸附到正极金属片上,最后在重力的作用下落到地面.
- 【解析】**因为超高压输电线周围存在很强的电场,带电作业的工人直接进入这样的强电场会有生命危险. 如果工人穿上包含金属丝的织物制成的工作服,这身工作服就像一个金属网罩,可以起到静电屏蔽的作用,使高压电线周围的电场被工作服屏蔽,工人就可以安全作业了.
- 【解析】**在燃气灶和燃气热水器中,常常安装电子点火器,点火器的放电电极做成钉尖形是利用尖端放电现象,使在电压不高的情况下也容易产生电火花点火. 验电器的金属杆上端固定一个金属球是防止出现尖端放电的现象,使验电器在电压较高时也不会放电.
- 【解析】**利用静电屏蔽可以防止干扰信号从话筒线上侵入,封闭的金属壳能起到屏蔽作用,金属网也能起到屏蔽作用,利用金属网包裹传输信号的双金属线屏蔽外电场的干扰,金属网还可以节省材料.

复习与提高

★教材 P23

A 组

- 【解析】**两片可动的金属箔挂在同一个导体上,平时两者由于重力作用是靠在一起的,如果导体接触了带电荷的物体,则电荷会通过导体传递到下面挂着的金属箔上,两片金属箔会带上同种电荷. 因为同种电荷相斥,两片很轻的金属箔因受到斥

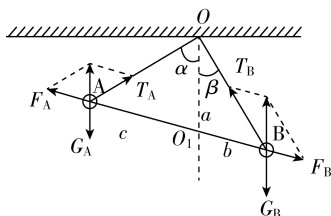


力会相互远离,就张开一个角度. 两片金属箔带电荷量越多,库仑斥力就越强,张开角度就越大. 两片金属箔带电之后除受库仑斥力外,还受重力及导体的弹力,当三力平衡时,两片金属箔间的夹角不再改变.

2. **【解析】**根据异种电荷相互吸引的原理可知,导体 A、B 中的自由电荷(电子)会靠近带电体 C,使靠近 C 的导体 A 得到电子带负电荷,远离带电体 C 的导体 B 失去电子带正电荷. 若 C 不动,把导体 A、B 分开,因为有 C 对自由电荷的作用,导体 A 得到的电子不会回到导体 B,导体 B 因失去部分电子,带正电,导体 A 得到电子,带负电. 若先移走 C,再把导体 A、B 分开,在移走 C 的过程中,A、B 中的自由电子因失去 C 的作用而重新分布,即导体 B 得到电子,因此 A、B 最终处于不带电状态.

3. $\alpha = \beta$, 原因见解析

【解析】对 A、B 球受力分析,如图所示. 设绳长为 l ,根据共点力平衡和相似三角形结合力的图示,



$$\text{对 A 球有 } \frac{G_A}{a} = \frac{F_A}{c} = \frac{T_A}{l},$$

$$\text{对 B 球有 } \frac{G_B}{a} = \frac{F_B}{b} = \frac{T_B}{l},$$

已知 $G_A = G_B$,

根据牛顿第三定律知 $F_A = F_B$, 所以 $T_A = T_B$, $c = b$, 可得 $\triangle OO_1A \cong \triangle OO_1B$, 故 $\alpha = \beta$.

4. 放在两小球之间距离带电荷量为 Q 的小球 0.1 m 处 负电荷 $\frac{9}{16}$

【解析】根据共点力平衡条件和牛顿第三定律,可把三个带电小球平衡条件归纳为:三点共线,两大夹小,两同夹异,近小远大. 根据上述规律可知,引入的第三个小球必须带负电,放在两个带正电小球的连线上且离电荷量为 Q 的小球较近的位置. 设第三个小球电荷量为 q ,与电荷量为 Q 的小球之间的距离为 x ,由平衡条件和库仑定律有 $\frac{kQq}{x^2} = \frac{k \cdot 9Qq}{(0.4 \text{ m} - x)^2}$, 即

$$9x^2 = (0.4 \text{ m} - x)^2, \text{ 解得 } x = 0.1 \text{ m. 以带电荷量为 } Q \text{ 的小球为}$$

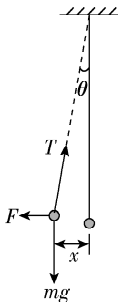
$$\text{研究对象,由平衡条件得 } \frac{kqQ}{(0.1 \text{ m})^2} = \frac{k \cdot 9Q^2}{(0.4 \text{ m})^2}, \text{ 解得 } q =$$

$$\frac{9}{16}Q, \text{ 所以第三个小球的电荷量为 } Q \text{ 的 } \frac{9}{16}.$$

5. $3.0 \times 10^{-9} \text{ C}$

【解析】小球向正极板偏转,带负电. 设带电小球平衡时绝缘线与竖直方向夹角为 θ , 所受静电力为 Eq , 绝缘线拉力为 T , 由平衡条件得 $T \sin \theta = Eq$, $T \cos \theta = mg$, 解得 $q = \frac{mg \tan \theta}{E}$. 由几何关系得

θ 很小, 则 $\tan \theta \approx \sin \theta = \frac{x}{L}$, 解得 $q \approx 3.0 \times 10^{-9} \text{ C}$.

6. $\frac{kq}{\left(R + \frac{1}{2}l\right)^2}$ 方向沿 Oq 连线且指向 q

【解析】当导体棒达到静电平衡后, 棒上感应电荷在棒中点 O 处产生的电场强度大小与点电荷 q 在该处产生的电场强度大小相等, 方向相反. 则棒上感应电荷在棒的中点产生的电场强度大小为 $E = \frac{kq}{r^2} = \frac{kq}{\left(R + \frac{1}{2}l\right)^2}$, 棒上感应电荷在棒的中点

O 处产生的电场强度方向与点电荷 q 在该处产生的电场强度的方向相反, 即沿 Oq 连线且指向 q .

B 组

1. 【解析】此现象并不能说明制造出了永动机, 也没有违背能量守恒定律. 因为在把 A、B 分开的过程中要克服 A、B 之间的静电力做功, 这是机械能转化为电能的过程.

2. 【解析】设两个点电荷所带电荷量分别为 q_1 、 q_2 , $q_1 + q_2 = Q$, 设两个点电荷之间距离为 r , 根据库仑定律得 $F = \frac{kq_1q_2}{r^2} =$

$\frac{kq_1(Q - q_1)}{r^2}$, 由数学知识可知, 当 $q_1 = q_2$ 时 F 的值最大,

$$F_{\max} = \frac{kQ^2}{4r^2}.$$

3. 带负电 $2\sqrt{2}q$

【解析】设正方形的边长为 l , A 处的电荷在 D 点产生的电场强度大小 $E_A = \frac{kq}{l^2}$, 方向水平向

左; C 处的电荷在 D 点产生的电场强度大小 $E_C = \frac{kq}{l^2}$, 方向竖直向上, 二者的矢量和大小为 $E_1 = \sqrt{2}E_A =$

$\frac{\sqrt{2}kq}{l^2}$, 方向如图所示. 若要使 D 点的电场强度为 0, q' 在 D 点

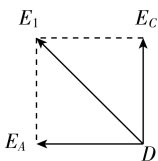
产生的电场强度应和 E_1 等大反向, 所以 $\frac{kq'}{(\sqrt{2}l)^2} = \frac{\sqrt{2}kq}{l^2}$, 解得

$q' = 2\sqrt{2}q$, 带负电.

$q' = 2\sqrt{2}q$, 带负电.

4. $\frac{kq}{9d^2}$ 方向向左

【解析】若 A 点的电场强度为 0, 则 q 在 A 点的电场强度与带

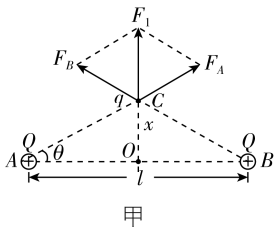




电薄板在 A 点的电场强度等大反向. q 在 A 点的电场强度的大小为 $E_A = \frac{kq}{(3d)^2} = \frac{kq}{9d^2}$, 方向向左, 故带电薄板在 A 点的场强方向向右, 大小也为 $\frac{kq}{9d^2}$. 根据对称性可知, 带电薄板在 B 点的电场强度方向向左, 大小也为 $\frac{kq}{9d^2}$.

5. (1) $\frac{2xkqQ}{\left(x^2 + \frac{l^2}{4}\right)^{\frac{3}{2}}}$ (2) $\frac{lkqQ}{\left(x^2 + \frac{l^2}{4}\right)^{\frac{3}{2}}}$ (3) $l > 2x$

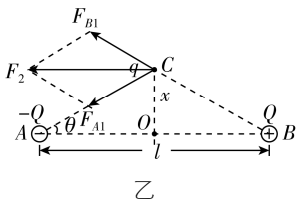
【解析】(1) 画出 q 所受 A 、 B 两个点电荷静电力的示意图, 如图甲所示. q 所受静电力 F_1 为 F_A 、 F_B 的合力, q 所受 A 、 B 两个点电荷的静电力大小为 $F_A = F_B = \frac{kqQ}{x^2 + \frac{l^2}{4}}$,



根据平行四边形定则可得 $F_1 = F_A \sin \theta + F_B \sin \theta = 2 \frac{kqQ}{x^2 + \frac{l^2}{4}} \cdot \frac{x}{\sqrt{x^2 + \frac{l^2}{4}}}$.

$$\frac{x}{\sqrt{x^2 + \frac{l^2}{4}}} = \frac{2xkqQ}{\left(x^2 + \frac{l^2}{4}\right)^{\frac{3}{2}}}.$$

(2) 同样画出 q 所受 A 、 B 两个点电荷静电力的示意图, 如图乙所示. q 所受静电力 F_2 为 F_{A1} 、 F_{B1} 的合力, q 所受 A 、 B 两个点电荷的静电力大小为



$F_{A1} = F_{B1} = \frac{kqQ}{x^2 + \frac{l^2}{4}}$, 根据平行四边形定则可求得 $F_2 = F_{A1} \cos \theta + F_{B1} \cos \theta$.

$$F_{B1} \cos \theta = 2 \frac{kqQ}{x^2 + \frac{l^2}{4}} \cdot \frac{\frac{l}{2}}{\sqrt{x^2 + \frac{l^2}{4}}} = \frac{lkqQ}{\left(x^2 + \frac{l^2}{4}\right)^{\frac{3}{2}}}.$$

(3) 若要 $F_1 < F_2$, 有 $\frac{2xkqQ}{\left(x^2 + \frac{l^2}{4}\right)^{\frac{3}{2}}} < \frac{lkqQ}{\left(x^2 + \frac{l^2}{4}\right)^{\frac{3}{2}}}$, 解得 $l > 2x$.

6. (1) 40 N/C , 方向沿 x 轴的正方向 2.5 N/C , 方向沿 x 轴的正方向 (2) $x = 0.2 \text{ m}$

【解析】(1) 根据电场强度的定义式结合题图中数据, 得 A 点电场强度的大小 $E_A = \frac{F}{q} = \frac{4}{0.1} \text{ N/C} = 40 \text{ N/C}$, 因 A 点的试探电荷带正电, 而受力指向 x 轴的正方向, 故 A 点场强的方向沿 x 轴的正方向; B 点电场强度的大小 $E_B = \frac{F}{q} = \frac{1}{0.4} \text{ N/C} = 2.5 \text{ N/C}$, B 点的试探电荷受力指向 x 轴的正方向, 故 B 点场强的方向沿 x 轴的正方向.



(2) 设点电荷 Q 的坐标为 x , 则 $E_A = k \frac{Q}{(0.3 \text{ m} - x)^2}$, $E_B =$

$k \frac{Q}{(0.6 \text{ m} - x)^2}$, 解得 $x = 0.2 \text{ m}$.