

第 6.1 节 电场力的性质

{INCLUDEPICTURE"第六章.tif"}

要点一 库仑定律的理解与应用

1. 如图 6-1-1 所示, 半径相同的两个金属球 A 、 B 带有相等的电荷量, 相隔一定距离, 两球之间相互吸引力的大小是 F 。今让第三个半径相同的不带电的金属小球先后与 A 、 B 两球接触后移开。这时, A 、 B 两球之间的相互作用力的大小是()

{INCLUDEPICTURE"15WL6-2.TIF"}

图 6-1-1

- A. $\frac{F}{8}$ B. $\frac{F}{4}$ C. $\frac{3F}{8}$
D. $\frac{3F}{4}$

2. 如图 6-1-2 所示, 两个质量均为 m 的完全相同的金属球壳 a 与 b , 壳层的厚度和质量分布均匀, 将它们分别固定于绝缘支座上, 两球心间的距离为 l , 为球半径的 3 倍。若使它们带上等量异种电荷, 两球电荷量的绝对值均为 Q , 那么, a 、 b 两球之间的万有引力 $F_{\text{引}}$ 、库仑力 $F_{\text{库}}$ 分别为()

{INCLUDEPICTURE"15WL6-1.TIF"}

图 6-1-2

- A. $F_{\text{引}} = G\frac{m^2}{l^2}$, $F_{\text{库}} = k\frac{Q^2}{l^2}$ B. $F_{\text{引}} \neq G\frac{m^2}{l^2}$, $F_{\text{库}} \neq k\frac{Q^2}{l^2}$
C. $F_{\text{引}} \neq G\frac{m^2}{l^2}$, $F_{\text{库}} = k\frac{Q^2}{l^2}$ D. $F_{\text{引}} = G\frac{m^2}{l^2}$, $F_{\text{库}} \neq k\frac{Q^2}{l^2}$

要点二 库仑力作用下的平衡问题

[典例] (多选)如图 6-1-3 所示, 水平地面上固定一个光滑绝缘斜面, 斜面与水平面的夹角为 θ 。一根轻质绝缘细线的一端固定在斜面顶端, 另一端系有一个带电小球 A , 细线与斜面平行。小球 A 的质量为 m 、电量为 q 。小球 A 的右侧固定放置带等量同种电荷的小球 B , 两球心的高度相同、间距为 d 。静电力常量为 k , 重力加速度为 g , 两带电小球可视为点电荷。小球 A 静止在斜面上, 则()

{INCLUDEPICTURE"15WL6-7.TIF"}

图 6-1-3

- A. 小球 A 与 B 之间库仑力的大小为 kq^2/d^2
B. 当 $\frac{q}{d} = \frac{mg \sin \theta}{k}$ 时, 细线上的拉力为 0
C. 当 $\frac{q}{d} = \frac{mg \tan \theta}{k}$ 时, 细线上的拉力为 0
D. 当 $\frac{q}{d} = \frac{mg}{k \tan \theta}$ 时, 斜面对小球 A 的支持力为 0

[针对训练]

1. 如图 6-1-4, 在光滑绝缘水平面上, 三个带电小球 a 、 b 和 c 分别位于边长为 l 的正三角形的三个顶点上: a 、 b 带正电, 电荷量均为 q , c 带负电。整个系统置于方向水平的匀

强电场中。已知静电力常量为 k 。若三个小球均处于静止状态，则匀强电场电场强度的大小为()

{INCLUDEPICTURE"15WL6-8.TIF"}

图 6-1-4

- A. $\sqrt[3]{kq, 3l^2}$ B. $\sqrt[4]{kq, l^2}$ C. $\sqrt[3]{kq, l^2}$
D. $\sqrt[2]{kq, l^2}$

2. 如图 6-1-5 所示，在一条直线上有两个相距 0.4 m 的点电荷 A 、 B ， A 带电 $+Q$ ， B 带电 $-9Q$ 。现引入第三个点电荷 C ，恰好使三个点电荷均在电场力的作用下处于平衡状态，则 C 的带电性质及位置应为()

{INCLUDEPICTURE"15WL6-10.TIF"}

图 6-1-5

- A. 正， B 的右边 0.4 m 处 B. 正， B 的左边 0.2 m 处
C. 负， A 的左边 0.2 m 处 D. 负， A 的右边 0.2 m 处

3. 如图 6-1-6 所示， A 、 B 两小球带等量同号电荷， A 固定在竖直放置的 $L=10\text{ cm}$ 长的绝缘支柱上， B 受 A 的斥力作用静止于光滑的绝缘斜面上与 A 等高处，斜面倾角为 $\theta=30^\circ$ ， B 的质量为 $m=10\sqrt{3}\times 10^{-3}\text{ kg}$ 。求：

{INCLUDEPICTURE"15WL6-11.TIF"}

图 6-1-6

(1) B 球对斜面的压力大小。

(2) B 球带的电荷量大小(g 取 10 m/s^2 ，静电力常量 $k=9.0\times 10^9\text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$ ，结果保留两位有效数字)。

要点三 电场强度的叠加问题

[典例] 如图 6-1-7, 一半径为 R 的圆盘上均匀分布着电荷量为 Q 的电荷, 在垂直于圆盘且过圆心 c 的轴线上有 a 、 b 、 d 三个点, a 和 b 、 b 和 c 、 c 和 d 间的距离均为 R , 在 a 点处有一电荷量为 $q(q>0)$ 的固定点电荷。已知 b 点处的电场强度为零, 则 d 点处电场强度的大小为(k 为静电力常量)()

{INCLUDEPICTURE"15WL6-12.TIF"}

图 6-1-7

- A. $k\{eq \f(3q,R^2)\}$ B. $k\{eq \f(10q,9R^2)\}$ C. $k\{eq \f(Q+q,R^2)\}$
D. $k\{eq \f(9Q+q,9R^2)\}$

[针对训练]

1. 如图 6-1-8 所示, xOy 平面是无穷大导体的表面, 该导体充满 $z<0$ 的空间, $z>0$ 的空间为真空。将电荷量为 q 的点电荷置于 z 轴上 $z=h$ 处, 则在 xOy 平面上会产生感应电荷。空间任意一点处的电场皆是由点电荷 q 和导体表面上的感应电荷共同激发的。已知静电平衡时导体内部电场强度处处为零, 则在 z 轴上 $z=\{eq \f(h,2)\}$ 处的电场强度大小为(k 为静电力常量)()

{INCLUDEPICTURE"15WL6-13.TIF"}

图 6-1-8

- A. $k\{eq \f(4q,h^2)\}$ B. $k\{eq \f(4q,9h^2)\}$ C. $k\{eq \f(35q,9h^2)\}$
D. $k\{eq \f(40q,9h^2)\}$

2. 下列选项中的各 $\{eq \f(1,4)\}$ 圆环大小相同, 所带电荷量已在图 6-1-9 中标出, 且电荷均匀分布, 各 $\{eq \f(1,4)\}$ 圆环间彼此绝缘。坐标原点 O 处电场强度最大的是()

{INCLUDEPICTURE"15WL6-14.TIF"}

图 6-1-9

3. 如图 6-1-10 甲所示, 半径为 R 的均匀带电圆形平板, 单位面积带电量为 σ , 其轴线上任意一点 P (坐标为 x) 的电场强度可以由库仑定律和电场强度的叠加原理求出:

$\{eq E=2\pi k\sigma[1-\f(x,\sqrt{R^2+x^2})]\}$, 方向沿 x 轴。现考虑单位面积带电量为 σ_0 的无限大均匀带电平板, 从中间挖去一半径为 r 的圆板, 如图乙所示。则圆孔轴线上任意一点 Q (坐标为 x) 的电场强度为()

{INCLUDEPICTURE"15WL6-15.TIF"}

图 6-1-10

- A. $\{eq 2\pi k\sigma_0 \f(x,\sqrt{r^2+x^2})\}$ B. $\{eq 2\pi k\sigma_0 \f(r,\sqrt{r^2+x^2})\}$ C. $\{eq 2\pi k\sigma_0 \f(x,r)\}$
D. $\{eq 2\pi k\sigma_0 \f(r,x)\}$

4. 如图 6-1-11 所示, 位于正方形四个顶点处分别固定有点电荷 A 、 B 、 C 、 D , 四个点电荷的带电量均为 q , 其中点电荷 A 、 C 带正电, 点电荷 B 、 D 带负电, 试确定过正方形中心 O 并与正方形垂直的直线上到 O 点距离为 x 的 P 点处的电场强度的大小和方向。

{INCLUDEPICTURE"15WL6-16.TIF"}

图 6-1-11

要点四 电场线的理解与应用

[典例] 如图 6-1-13 所示, Q_1 和 Q_2 是两个电荷量大小相等的点电荷, MN 是两电荷的连线, HG 是两电荷连线的中垂线, O 是垂足。下列说法正确的是()

{INCLUDEPICTURE"15WL6-19.TIF"}

图 6-1-13

- A. 若两电荷是异种电荷, 则 OM 的中点与 ON 的中点电势一定相等
- B. 若两电荷是异种电荷, 则 O 点的电场强度大小, 与 MN 上各点相比是最小的, 而与 HG 上各点相比是最大的
- C. 若两电荷是同种电荷, 则 OM 中点与 ON 中点处的电场强度一定相同
- D. 若两电荷是同种电荷, 则 O 点的电场强度大小, 与 MN 上各点相比是最小的, 与 HG 上各点相比是最大的

[针对训练]

1. 在如图 6-1-14 所示的电场中, 一负电荷从电场中 A 点由静止释放, 只受电场力作用, 沿电场线运动到 B 点, 则它运动的 $v-t$ 图像可能是图 6-1-15 中的()

{INCLUDEPICTURE"15WL6-21.TIF"}

图 6-1-14

{INCLUDEPICTURE"15WL6-22.TIF"}

图 6-1-15

2. 带有等量异种电荷的一对平行金属板, 如果两极板间距不是足够近或者两极板面积不是足够大, 即使在两极板之间, 它的电场线也不是彼此平行的直线, 而是如图 6-1-16 所示的曲线, 关于这种电场, 以下说法正确的是()

{INCLUDEPICTURE"15WL6-23.TIF"}

图 6-1-16

- A. 这种电场的电场线虽然是曲线, 但是电场线的分布却是左右对称的, 很有规律性, 它们之间的电场, 除边缘部分外, 可以看做匀强电场
- B. 电场内部 A 点的电场强度小于 B 点的电场强度
- C. 电场内部 A 点的电场强度等于 B 点的电场强度
- D. 若将一正电荷从电场中的 A 点由静止释放, 它将沿着电场线方向运动到负极板

3. 某区域的电场线分布如图 6-1-17 所示, 其中间一根电场线是直线, 一带正电的粒子从直线上的 O 点由静止开始在电场力作用下运动到 A 点。取 O 点为坐标原点, 沿直线向右为 x 轴正方向, 粒子的重力忽略不计。在 O 到 A 运动过程中, 下列关于粒子运动速度 v 和加速度 a 随时间 t 的变化、粒子的动能 E_k 和运动径迹上电势 φ 随位移 x 的变化图线可能正确的是()

{INCLUDEPICTURE"15WL6-24.TIF"}

图 6-1-17

{INCLUDEPICTURE"15WL6-25.TIF"}

图 6-1-18

要点五 带电体的力电综合应用

[典例] 如图 6-1-19 所示, 一根长为 $L=1.5\text{ m}$ 的光滑绝缘细直杆 MN 竖直固定在电场强度大小为 $E=1.0\times 10^5\text{ N/C}$ 、与水平方向成 $\theta=30^\circ$ 角的斜向上的匀强电场中, 杆的下端 M 固定一个带电小球 A , 带电荷量为 $Q=+4.5\times 10^{-6}\text{ C}$; 另一带电小球 B 穿在杆上可自由滑动, 带电荷量为 $q=+1.0\times 10^{-6}\text{ C}$, 质量为 $m=1.0\times 10^{-2}\text{ kg}$ 。现将小球 B 从杆的 N 端由静止释放, 小球 B 开始运动。(静电力常量 $k=9.0\times 10^9\text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$, $g=10\text{ m/s}^2$)

{INCLUDEPICTURE"15WL6-27.TIF"}

图 6-1-19

- (1) 求小球 B 开始运动时的加速度 a ;
- (2) 当小球 B 的速度最大时, 求小球距 M 端的高度 h_1 ;
- (3) 若小球 B 从 N 端运动到距 M 端的高度为 $h_2=0.61\text{ m}$ 时, 速度 $v=1.0\text{ m/s}$, 求此过程中小球 B 电势能的改变量 ΔE_p 。

[针对训练]

1. (多选)如图 6-1-20 所示, 在竖直平面内, 带等量同种电荷的小球 A 、 B , 带电荷量为 $-q(q>0)$, 质量都为 m , 小球可当作质点处理。现固定 B 球, 在 B 球正上方足够高的地方由静止释放 A 球, 则从释放 A 球开始到 A 球运动到最低点的过程中()

{INCLUDEPICTURE"15WL6-29.TIF"}

图 6-1-20

- | | |
|--------------------|--------------------|
| A. 小球 A 的动能不断增大 | B. 小球 A 的加速度不断减小 |
| C. 小球 A 的机械能不断减小 | D. 小球 A 的电势能不断增大 |

2. 如图 6-1-21 所示, 一带正电的长细直棒水平放置, 带电细直棒在其周围产生方向向外辐射状的电场, 电场强度大小与直棒的距离成反比。在直棒上方有一长为 a 的绝缘细线连接了两个质量均为 m 的小球 A 、 B , A 、 B 所带电荷量分别为 $+q$ 和 $+4q$, A 球距直棒的距离为 a , 两个球恰好处于静止状态。不计两小球之间的静电力作用, 剪断细线, 若 A 球下落的

最大速度为 v_m ，求 A 球下落到速度最大过程中，电场力对 A 球做的功。

{INCLUDEPICTURE"15WL6-30.TIF"}

图 6-1-21