

DuoGongNeng TiDian
GaoZhongWuLi

快速检索：
关键词、知识点、
方法、题型、难度……

多功能

题典

下册

高中物理

主编 张大同
范小辉

华东师大二附中物理教研组 编

 华东师范大学出版社

多功能

题典

华东师范大学出版社

高中物理·下册

主编 张大同 范小辉
华东师大二附中物理教研组编

图书在版编目(CIP)数据

多功能题典. 高中物理/张大同,范小辉主编. —上海:华东师范大学出版社, 2007. 1

ISBN 978 - 7 - 5617 - 4996 - 8

I. 多... II. 张... III. 物理课-高中-习题 IV. G634

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 114887 号

多功能题典高中物理

主 编 / 张大同 范小辉
项目编辑 / 应向阳 徐惟简
策划组稿 / 应向阳
文字编辑 / 许春燕 张治国
封面设计 / 黄惠敏
版式设计 / 蒋 克

出版发行 华东师范大学出版社
社 址 上海市中山北路 3663 号 邮编 200062
电 话 021 - 62450163 转各部 行政传真 021 - 62572105
网 址 www.ecnupress.com.cn www.hdsbook.com.cn
市 场 部 传真 021 - 62860410 021 - 62602316
邮购零售 电话 021 - 62869887 021 - 54340188

印 刷 者 华东师范大学印刷厂
开 本 890 × 1240 32 开
插 页 8
印 张 37
字 数 1 480 千字
版 次 2007 年 1 月第一版
印 次 2007 年 1 月第一次
印 数 11 000
书 号 ISBN 978 - 7 - 5617 - 4996 - 8 / G · 2917
定 价 54.00 元

出 版 人 朱杰人

(如发现本版图书有印订质量问题, 请寄回本社市场部调换或电话 021 - 62865537 联系)

第十章 电 场

§ 10.1 库仑定律

10.1.1 * 电量分别为 q_1 、 q_2 的两个点电荷,相距 r 时相互作用力为 F , 则().

- A. 如果 q_1 、 q_2 恒定,当距离变为 $\frac{r}{2}$ 时作用力将变为 $2F$
B. 如果其中一个电荷的电量和它们的距离都减半时,作用力变为 $2F$
C. 如果它们的电量和距离都加倍时,作用力不变
D. 如果它们的电量都加倍,距离变为 $\sqrt{2}r$ 时,作用力变为 $2F$

解析: 由库仑定律 $F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$ 得:

q_1 、 q_2 恒定, $r' = \frac{r}{2}$ 时 $F' = 4F$, A 错; 其中一个电荷的电量减半, $r' = \frac{r}{2}$ 时, $F' = 2F$, B 对; 它们的 q 和 r 都加倍时, $F' = k \frac{2q_1 \cdot 2q_2}{(2r)^2} = F$, C 对; 它们的 q 加倍而 $r' = \sqrt{2}r$ 时, $F' = \frac{2q_1 \cdot 2q_2}{(\sqrt{2}r)^2} = 2F$, D 对. 答案 B、C、D 正确.

10.1.2 ** 如图所示,两根细线挂着两个质量相同的小球 A、B,上、下两根细线中的拉力分别为 T_A 、 T_B . 现在使 A、B 带同号电荷,此时上、下细线受力分别为 T'_A 、 T'_B , 则().

- A. $T'_A = T_A$, $T'_B > T_B$
B. $T'_A = T_A$, $T'_B < T_B$
C. $T'_A < T_A$, $T'_B > T_B$
D. $T'_A > T_A$, $T'_B < T_B$

解析: A、B 带电前:

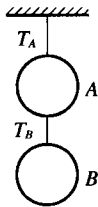
选 A、B 整体为研究对象: $T_A = 2mg$, 选 B 为研究对象: $T_B = mg$.

A、B 带电后:

选 A、B 整体为研究对象: $T'_A = 2mg$ (下段绳对 A、B 的拉力及 A、B 之间库仑力为系统内力).

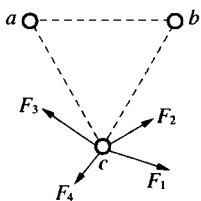
选 B 为研究对象: $T'_B = mg + F_{\text{库}}$.

故选 A.



10.1.3 ** 如图所示,三个完全相同的金属小球 a 、 b 、 c 位于等边三角形的三个顶点上。 a 和 c 带正电, b 带负电, a 所带电量的大小比 b 的小。已知 c 受到 a 和 b 的静电力的合力可用图中四条有向线段中的一条来表示,它应是()。

- A. F_1 B. F_2
C. F_3 D. F_4



解析: 依据库仑定律,点电荷间的静电力 $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$,

由于电荷量 $q_a < |q_b|$, 且 $\overline{bc} = \overline{ac}$, 所以 a 对 c 的静电斥力大小 F_{ac} 小于 b 对 c 的静电引力大小 F_{bc} . 根据矢量合成法则可以判定, 它们的合力应取图中的 F_2 .

故选 B.

10.1.4 ** 半径相同的两个金属小球 A、B 带有电量相等的电荷, 相隔一定距离, 两球之间的相互吸引力的大小为 F . 现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()。

- A. $\frac{1}{8}F$ B. $\frac{1}{4}F$ C. $\frac{3}{8}F$ D. $\frac{3}{4}F$

解析: A、B 两球原作用的是吸引力, 故 A、B 两球带异种电荷. 设 A 球带电为 q , B 球带电为 $-q$. 根据相同金属球接触后净电荷平分, C 球与 A 球接触后, A、C 球带电均为 $\frac{q}{2}$; C 球再与 B 球接触后, B 球带电为 $-\frac{q}{4}$. 于是, A、B 两球的相互作用力变为

$$F' = k \frac{\frac{q}{2} \cdot \frac{q}{4}}{r^2} = \frac{1}{8} k \frac{q^2}{r^2} = \frac{1}{8} F.$$

答案 A 正确.

10.1.5 ** 两个相同的金属小球, 带电荷量之比为 $1:7$, 相距为 r , 两球相互接触后再放回原来位置, 则它们的库仑力可能为原来的()。

- A. $\frac{4}{7}$ B. $\frac{3}{7}$ C. $\frac{9}{7}$ D. $\frac{16}{7}$

解析: 设两小球的电荷量分别为 Q 和 $7Q$, 则接触前库仑力大小为

$$F = k \frac{7QQ}{r^2}.$$

当两球同种电性时, 接触后平分总电荷量, 库仑力大小为

$$F' = k \frac{4Q \cdot 4Q}{r^2},$$

此时库仑力变为原来的 $\frac{16}{7}$.

当两球电性相反时,接触后先发生电荷中和后平分总电荷量,库仑力大小为

$$F'' = k \frac{3Q \cdot 3Q}{r^2},$$

此时库仑力为原来的 $\frac{9}{7}$.

答案: C、D.

10.1.6 ** 半径为 R 的两金属球带有等量电荷 Q ,相距为 L .若 R 与 L 相比可忽略,其相互作用的库仑力大小为 F ;若 R 与 L 相比不可忽略,其相互作用的库仑力大小为 f ,则().

- A. 两金属球带同种电荷时, $F > f$ B. 两金属球带同种电荷时, $F < f$
C. 两金属球带异种电荷时, $F > f$ D. 两金属球带异种电荷时, $F < f$

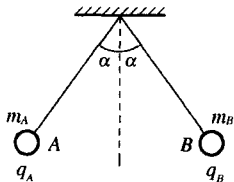
解析: 当 R 与 L 相比可忽略时,由库仑定律,两金属球间库仑力 $F = \frac{kQ^2}{L^2}$. 当 R 与 L 相比不可忽略时,由于静电感应:

(1) 两金属球带同种电荷时,两球等效电量中心间距 $r > L$,则其库仑力 $f = \frac{kQ^2}{r^2} < F$.

(2) 两金属球带异种电荷时,两球等效电量中心间距 $r' < L$,则其库仑力 $f' = \frac{kQ^2}{r'^2} > F$,故选 A、D.

10.1.7 ** 如图所示,两个大小相同的小球 A、B 带有同种电荷,质量分别为 m_A 和 m_B ,带电量分别为 q_A 和 q_B .用细绝缘线悬挂后,因静电力作用而使两悬线张开,它们与竖直线所成的角度均为 α ,且两球同处一水平线上,则下列结论中正确的是().

- A. q_A 一定等于 q_B
B. 一定满足 $\frac{q_A}{m_A} = \frac{q_B}{m_B}$
C. m_A 一定等于 m_B
D. 必须同时满足 $q_A = q_B, m_A = m_B$



解析: 设球 A 受到的库仑力大小为 F ,球 B 受到的库仑力大小为 F' .由球 A 受力平衡得

$$F = m_A g \tan \alpha \quad \text{①}$$

由球 B 受力平衡得 $F' = m_B g \tan \alpha \quad \text{②}$

不论 q_A 和 q_B 大小如何,球 B 受到的库仑力大小 F' 必定与球 A 受到的库仑力大小 F 相等,由①②式可得 $m_A = m_B$.

正确选项为 C.

10.1.8 ☆☆ 用等长的丝线把两个带电小球挂在同一点 O 上, 小球 A 的质量为 m_A 、带电荷量为 q_A , 小球 B 的质量为 m_B 、带电荷量为 q_B , $m_A < m_B$, $q_A > q_B$. 两球平衡时, 如图所示, 则().

- A. $\alpha > \beta$ B. $\alpha = \beta$
C. $\alpha < \beta$ D. 无法确定 α, β 大小关系

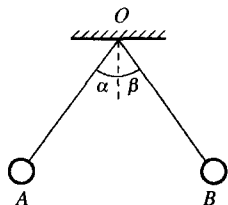
解析: 取两小球及两根丝线整体为研究对象, 以 O 点为转动轴, 根据力矩平衡条件可列出

$$m_A g L \sin \alpha = m_B g L \sin \beta,$$

即 $m_A \sin \alpha = m_B \sin \beta$.

因为 $m_A < m_B$, 故 $\alpha > \beta$.

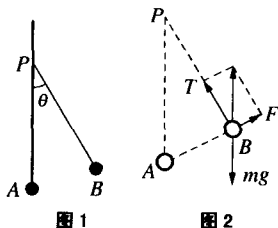
答案 A 正确.



10.1.9 ☆☆ 竖直绝缘墙壁上有一个固定的质点 A , 在 A 的正上方的 P 点用丝线悬挂另一质点 B , A 、 B 两质点因为带电而相互排斥, 致使悬线与竖直方向成 θ 角, 如图 1 所示. 由于漏电, 使 A 、 B 两质点的带电量逐渐减少, 在电荷漏完之前悬线对悬点 P 的拉力大小().

- A. 逐渐减小
B. 逐渐增大
C. 保持不变
D. 先变大后变小

解析: 由于漏电, 质点 A 、 B 带电量逐渐减少, 会使悬线与竖直方向的夹角减小. 对任意状态下的质点 B 进行受力分析, 如图 2 所示. 根据平衡条件



并结合数学知识, 由相似三角形可得 $\frac{T}{PB} = \frac{mg}{PA}$, 得 $T = \frac{PB}{PA} \cdot mg$.

因 PB 、 PA 都是常数, mg 不变, 故拉力 T 也不变.

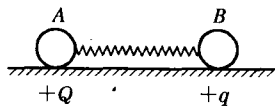
正确选项为 C.

10.1.10 ☆☆ 如图所示, A 、 B 两个点电荷的电量分别为 $+Q$ 和 $+q$, 放在光滑绝缘水平面上, A 、 B 之间用绝缘的轻弹簧连接. 当系统平衡时, 弹簧的伸长量为 x_0 . 若弹簧发生的均是弹性形变, 则().

- A. 保持 Q 不变, 将 q 变为 $2q$, 平衡时弹簧的伸长量等于 $2x_0$
B. 保持 q 不变, 将 Q 变为 $2Q$, 平衡时弹簧的伸长量小于 $2x_0$

C. 保持 Q 不变, 将 q 变为 $-q$, 平衡时弹簧的缩短量等于 x_0

D. 保持 q 不变, 将 Q 变为 $-Q$, 平衡时弹簧的



缩短量小于 x_0

解析: 设弹簧的劲度系数为 k_1 , 原长为 L , 由平衡条件得

$$k \frac{Qq}{(l+x_0)^2} = k_1 x_0 \quad ①$$

对于选项 A, 有

$$k \frac{Q \cdot 2q}{(l+x_1)^2} = k_1 x_1 \quad ②$$

比较①②式可得 $x_1 < 2x_0$, 选项 A 错误. 同理可知选项 B 正确.

对于选项 C, 有

$$k \frac{Qq}{(l-x_2)^2} = k_1 x_2 \quad ③$$

比较①③式可得 $x_2 > x_0$, 选项 C 错误. 同理可知选项 D 错误.

正确选项为 B.

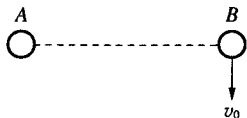
10.1.11 $\star\star$ 如图所示, 把一个带电小球 A 固定在光滑的水平绝缘桌面上, 在桌面的另一处放置带电小球 B. 现给 B 一个沿垂直 AB 方向的速度 v_0 , B 球将 ().

A. 若 A、B 为异种电荷, B 球一定做圆周运动

B. 若 A、B 为异种电荷, B 球可能做加速度、速度均变小的曲线运动

C. 若 A、B 为同种电荷, B 球一定做远离 A 的变加速曲线运动

D. 若 A、B 为同种电荷, B 球的动能一定会减小



解析: 带电小球之间的相互作用力大小满足库仑定律, 但是, 是斥力还是引力取决于两电荷的电性, 为此分下列两种情况讨论:

(1) 若两个小球的电荷为异种电荷, 则 B 受到 A 的引力, 方向指向 A. 又 v_0 方向垂直于 AB, 此时的情况类似于万有引力定律应用于人造地球卫星, 当 B 受到 A 的库仑力恰好等于向心力, 即 $k \frac{Q_A Q_B}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$ 时, 解得 $v = \sqrt{\frac{k Q_A Q_B}{mr}}$.

当 $v_0 = v$ 时, B 球才能做匀速圆周运动;

当 $v_0 > v$ 时, B 球将做库仑力、加速度、速度都变小的离心运动;

当 $v_0 < v$ 时, B 球将做库仑力、加速度、速度逐渐增大的向心运动.

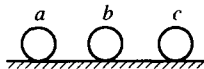
(2) 若两个小球的电荷为同种电荷, B 因受 A 的库仑斥力而做远离 A 的变加速曲线运动 (因为 A、B 距离增大, 故斥力变小, 加速度变小, 速度增大).

答案: B、C.

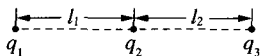
10.1.12 $\star\star$ 如图所示, 在光滑绝缘的水平面上固定着等质量的 a、b、c 三个带电小球, 且三球共线. 如果只释放 a, 其初始加速度为 1 m/s^2 , 方向向左. 若只释放 c, 其初始速度为 3 m/s^2 , 方向向右, 现如果只释放 b, 其初始加速度应为 ().

A. 2 m/s^2 , 方向向左

B. 1 m/s^2 , 方向向左

C. 2 m/s^2 , 方向向右D. 1 m/s^2 , 方向向右解析: 依题意, 只释放 a 时, $F_{ba} + F_{ca} = ma_1$;只释放 b 时, $F_{cb} + F_{ab} = ma_2$;只释放 c 时, $F_{ac} + F_{bc} = ma_3$;由牛顿第三定律, 三式相加有 $0 = ma_1 + ma_2 + ma_3$, 取向右方向为正, 得 $a_2 = -2 \text{ m/s}^2$, 故选 A.

10.1.13 $\star\star$ 如图所示, q_1, q_2, q_3 分别表示在一条直线上的三个点电荷, 已知 q_1 与 q_2 之间的距离为 l_1 , q_2 与 q_3 之间的距离为 l_2 , 且每个电荷都处于平衡状态.

(1) 如 q_2 为正电荷, 则 q_1 为 _____ 电荷, q_3 为 _____ 电荷;(2) q_1, q_2, q_3 三者电荷量大小之比是 _____.解析: 负; 负; $\left(\frac{l_1+l_2}{l_2}\right) : 1 : \left(\frac{l_1+l_2}{l_1}\right)^2$.(1) 由题意, 每个电荷都处于平衡状态, 即每个电荷受其他两个电荷的电场力合力为零, 因 q_2 为正电荷, 则 q_1, q_3 均为负电荷才可.(2) 由库仑定律列平衡方程, 对 $q_1: k \frac{q_1 q_2}{l_1^2} = k \frac{q_1 q_3}{(l_1 + l_2)^2}$;对 $q_2: k \frac{q_1 q_2}{l_1^2} = k \frac{q_2 q_3}{l_2^2}$; 对 $q_3: k \frac{q_1 q_3}{(l_1 + l_2)^2} = k \frac{q_2 q_3}{l_2^2}$.以上三式联立可得 $q_1 : q_2 : q_3 = \left(\frac{l_1 + l_2}{l_2}\right)^2 : 1 : \left(\frac{l_1 + l_2}{l_1}\right)^2$.

10.1.14 $\star\star$ A、B 两带电小球, A 固定不动, B 的质量为 m , 在库仑力作用下, B 由静止开始运动, 已知初始时, A、B 间的距离为 d , B 的加速度为 a . 经过一段时间后, B 的加速度变为 $\frac{a}{4}$, 此时 A、B 间的距离应为 _____. 已知此时 B 的速度为 v , 则在此过程中电势能的减少量为 _____.

解析: B 球所受的合外力即为 A 球对 B 球的库仑力, 所以, B 的加速度变为原来的 $\frac{1}{4}$, 即表示它所受的库仑力是原来的 $\frac{1}{4}$, 由 $F = k \frac{Qq}{r^2}$ 可知, A、B 间距应为 $2d$.

对 B 球而言, 它的电势能的减少是由于库仑力对它作用的结果, 电势能的减少量应该等于 B 球动能的增加量, 即为 $\frac{1}{2}mv^2$.

10.1.15 $\star\star$ 两个点电荷彼此相距 r . 如果它们之间的距离缩短 $l = 50 \text{ cm}$, 这时测得它们间作用力比原来增加一倍, 求原来两点电荷间距 r 是多大?

解析: 设两点电荷带电荷量分别为 q_1 和 q_2 , 原来相距 r , 由库仑定律得相互作用力 $F = \frac{kq_1 q_2}{r^2}$. 当距离缩短 l 后, 相互作用力

$$F' = \frac{kq_1 q_2}{(r-l)^2}.$$

由题意 $F' = 2F$, 得

$$\frac{(r-L)^2}{r^2} = \frac{1}{2}, \quad r = (2 \pm \sqrt{2})L.$$

10.1.16 ** 把电荷量 q_0 分配在相距为 r 的两个绝缘金属小球上. 问电量如何分配时, 两球间的库仑力最大?

解析: 设一个小球的电荷量 $q_1 = q$, 另一个小球的电量则为 $q_2 = q_0 - q$, 根据库仑定律有

$$F = k \frac{q(q_0 - q)}{r^2}.$$

由于 $q + (q_0 - q) = q_0$ (恒量), 所以当 $q = (q_0 - q)$ 时, $q(q_0 - q)$ 有最大值.

故当 $q = \frac{q_0}{2}$ 时, F 有最大值, $F_{\max} = \frac{kq_0^2}{4r^2}$.

10.1.17 ** 如图所示, 一长为 L 的绝缘细线下端系质量为 m 的金属小球, 并带 $-q$ 的电荷量, 在细线的悬点 O 处放一带电荷量为 $+q$ 的固定点电荷. 要使金属球能在竖直平面内做完整的圆周运动, 则它在最低点的最小速度值是_____. 若金属球在最低点刚好达到这个速度值, 在整个圆周运动中, 细线的最大拉力是_____.

解析: $\sqrt{5gL + \frac{kq^2}{mL}}$, $6mg$.

金属球在竖直面内做完整的圆周运动, 它在圆周最高点处的最小速度应满足 $mg + k \frac{q^2}{L^2} = m \frac{v^2}{L}$ (此时绳的拉力为零).

金属球在圆周最低点处的速度的最小值应满足

$$\begin{aligned} \frac{1}{2}mv_0^2 &= \frac{1}{2}mv^2 + mg \cdot 2L = \frac{1}{2} \left(mg + k \frac{q^2}{L^2} \right) L + 2mgL \\ &= \frac{1}{2}m \left(5gL + \frac{kq^2}{mL} \right). \end{aligned}$$

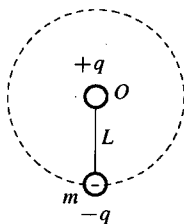
解得

$$v_0 = \sqrt{5gL + \frac{kq^2}{mL}}.$$

金属球在此速度下做圆周运动时细线的最大拉力应在最低点处, 此时有

$$F - mg + k \frac{q^2}{L^2} = m \frac{v_0^2}{L},$$

$$F = mg - k \frac{q^2}{L^2} + m \frac{v_0^2}{L} = mg - k \frac{q^2}{L^2} + m \frac{5gL + \frac{kq^2}{mL}}{L} = 6mg.$$



10.1.18 ★★ 一半径为 R 的绝缘球壳上均匀地带有电量为 $+Q$ 的电荷,另一电量为 $+q$ 的点电荷放在球心 O 上,由于对称性,点电荷受力为零.现在球壳上挖去半径为 $r(r \ll R)$ 的一个小圆孔,求此时置于球心的点电荷所受力的大小和方向.(已知静电力常量为 k).

解析: 在球壳上挖去一个小圆孔后,由于对称性,相当于只有小圆孔的对称部分对球心的电荷起作用.设这部分的电荷量为 q' ,则

$$q' = \frac{Q}{4\pi R^2} \pi r^2 = \frac{Qr^2}{4R^2}.$$

由库仑定律得小圆孔的对称部分对球心点电荷 q 的作用力

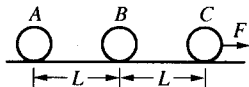
$$F = k \frac{qq'}{R^2} = \frac{kQqr^2}{4R^4}.$$

由于同种电荷相斥,球心电荷所受力的方向由球心指向圆孔中心.

10.1.19 ★★ 如图所示,质量均为 m 的三个带电小球 A 、 B 、 C ,放置在光滑的绝缘水平面上,彼此相隔的距离为 L (L 比球半径 r 大许多), B 球带电量为 $Q_B = -3q$, A 球带电量为 $Q_A = 6q$,若在 C 上加一个水平向右的恒力 F ,要使 A 、 B 、 C 三球始终保持 L 的间距运动,求:

(1) F 的大小为多少?

(2) C 球所带电量为多少? 带何种电荷?



解析: 将 A 、 B 、 C 三小球看成一个系统,则三个小球之间的库仑力为系统内力,当 C 上加一恒力 F ,并使三球始终保持 L 的间距运动,则三球的加速度相同,均为 $\frac{F}{3m}$,且方向为水平向右.对于 B 球,由于受 A 球的库仑引力,且力的方向水平向左,那么受 C 球的库仑引力必向右,才可能产生向右的加速度,这样 C 球带正电荷.设 C 球带电量为 Q_C ,则由库仑定律和牛顿第二定律有:

$$\text{对 } B: \quad k \frac{3q \cdot Q_C}{L^2} - k \frac{3q \cdot 6q}{L^2} = ma \quad \text{①}$$

$$\text{对 } A: \quad k \frac{3q \cdot 6q}{L^2} - k \frac{6q \cdot Q_C}{(2L)^2} = ma \quad \text{②}$$

$$\text{由①②联立得} \quad Q_C = 8q, \quad a = \frac{6kq^2}{mL^2}.$$

根据牛顿第二定律,得 A 、 B 、 C 三小球构成系统的合外力 $F = 3ma = \frac{18kq^2}{L^2}$.

10.1.20 ★★ “真空中两个静止点电荷相距 10 cm ,它们之间相互作用力大小为 $9 \times 10^{-4} \text{ N}$.当它们合在一起时,成为一个带电量为 $3 \times 10^{-8} \text{ C}$ 的点电荷,问原来两电荷的带电量各为多少?”某同学求解如下:

根据电荷守恒定律: $q_1 + q_2 = 3 \times 10^{-8} \text{ C} = a$ ①

根据库仑定律: $q_1 q_2 = \frac{r^2 F}{k} = \frac{(10 \times 10^{-2})^2}{9 \times 10^9} \times 9 \times 10^{-4} \text{ C}^2 = 1 \times 10^{-15} \text{ C}^2 = b$.

以 $q_2 = \frac{b}{q_1}$ 代入 ① 式得 $q_1^2 - aq_1 + b = 0$,

解得 $q_1 = \frac{1}{2}(a \pm \sqrt{a^2 - 4b}) = \frac{1}{2}(3 \times 10^{-8} \pm \sqrt{9 \times 10^{-16} - 4 \times 10^{-15}}) \text{ C}$.

根号中的数值小于 0, 经检查, 运算无误. 试指出求解过程中的问题并给出正确的解答.

解析: 题中仅给出相互作用力的大小, 两点电荷可能异号, 按电荷异号计算.

由 $q_1 - q_2 = 3 \times 10^{-8} \text{ C} = a$, $q_1 q_2 = 1 \times 10^{-15} \text{ C}^2 = b$, 得

$$q_1^2 - aq_1 - b = 0,$$

由此解得 $q_1 = 5 \times 10^{-8} \text{ C}$,

$$q_2 = 2 \times 10^{-8} \text{ C}.$$

10.1.21 ★★ 三个电荷量大小相等的点电荷 q_1 、 q_2 、 q_3 , $q_1 = -q_2 = q_3 = q$, 如图 1 所示分别放置在 A、B、C 三点. 已知 q_1 对 q_2 的作用力为 $3 \times 10^{-6} \text{ N}$, A 与 B 的距离 $r_{AB} = 2 \text{ cm}$, B、C 之间距离 $r_{BC} = 1 \text{ cm}$. 试求: (1) q_3 对 q_2 的作用力 F_{32} 是多少? (2) q_2 所受的静电力的合力 F_2 是多大? (3) 如果改变 q_2 的电荷量和位置欲使每个电荷都处于平衡状态, 那么 q_2' 应是原来的多少倍? 放置在什么地方?

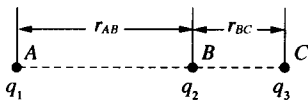


图 1

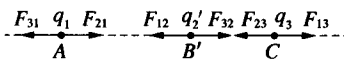


图 2

解析: 由 F_{12} 的大小, 根据库仑定律可以推算出 q 的大小, 以及 F_{32} 的大小. 由 q_1 、 q_3 给 q_2 的作用力 F_{12} 和 F_{32} 的矢量和得 q_2 所受的合力. 设 q_2 电荷量变为 q_2' 并放置在 B' 点时 q_1 、 q_2' 、 q_3 都平衡, 它们各自所受的静电力的合力都为零. 因而三对平衡力的方向如图 2 所示.

(1) $q_1 = -q_2 = q_3 = q$, $r_{AB} = 2r_{BC}$.

由 $F_{12} = \frac{kq^2}{r_{AB}^2}$ 和 $F_{32} = \frac{kq^2}{r_{CB}^2}$ 得 $\frac{F_{12}}{F_{32}} = \frac{r_{CB}^2}{r_{AB}^2} = \frac{1}{4}$, 则 q_3 对 q_2 的作用力为

$$F_{32} = 4F_{12} = 4 \times 3 \times 10^{-6} \text{ N} = 1.2 \times 10^{-5} \text{ N}.$$

(2) q_2 所受的合力的大小 $F_2 = F_{32} - F_{12} = 9 \times 10^{-6} \text{ N}$.

(3) 欲使 q_2' 处于平衡状态, 必有 $F_{12} = F_{32}$, 方向相反. 由 $q_1 = q_3$ 和库仑定律可

知, q_2' 只能在 AC 的中点 B' , 得

$$r_{AB'} = r_{CB'} = 1.5 \text{ cm}.$$

要使 q_1 或 q_3 也处于平衡状态, 则 $F_{21} = F_{31}$ 和 $F_{23} = F_{13}$, 由此得

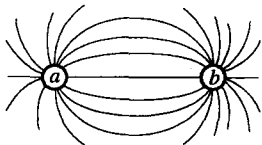
$$\frac{kq_1 q_2'}{(r_{AB'})^2} = \frac{kq_1 q_3}{(r_{CA})^2},$$

因为 $r_{CA} = 2r_{AB'}$, 所以 $q_2' = \frac{q_3}{4}$, $\frac{q_2'}{q_2} = \frac{1}{4}$. 即 q_2' 应为原来的 $\frac{1}{4}$, 放在 AC 连线的中点.

§ 10.2 电场强度 电场线

10.2.1 * 法拉第首先提出用电场线形象生动地描绘电场. 右图为点电荷 a 、 b 所形成电场的电场线分布图, 以下几种说法中正确的是().

- A. a 、 b 为异种电荷, a 带电荷量大于 b 带电荷量
- B. a 、 b 为异种电荷, a 带电荷量小于 b 带电荷量
- C. a 、 b 为同种电荷, a 带电荷量大于 b 带电荷量
- D. a 、 b 为同种电荷, a 带电荷量小于 b 带电荷量



解析: 电场线从正电荷出发, 到负电荷终止, 因此 a 、 b 为异种电荷, 由电场线的疏密情况可知 a 的电荷量小于 b 的电荷量, B 正确.

10.2.2 ** 下面关于电场线的论述中正确的是(只考虑电场)().

- A. 电场线上任一点的切线方向就是点电荷在该点运动的方向
- B. 电场线上任一点的切线方向就是正电荷在该点的加速度方向
- C. 电场线弯曲的地方是非匀强电场, 电场线为直线的地方是匀强电场
- D. 只要初速度为零, 正电荷必将在电场中沿电场线方向运动

解析: 电场线是一组形象描述电场强弱和方向的假想曲线, 电场线上任一点的切线方向是正电荷在该点所受电场力的方向, 只考虑电场时即其加速度方向, 但不一定是其运动方向, 只有电场线为直线且带电粒子初速度为零或初速度方向与场强方向平行时, 其轨迹才与电场线重合, 一般情况下电荷是不能沿电场线方向运动的. 只有均匀分布的平行直线的电场线才是匀强电场. 故选 B.

10.2.3 ** 在由一个点电荷产生的电场中, 在离该点电荷距离为 r 的一点上, 电量为 q 的检验电荷所受电场力为 F , 则离该点电荷距离为 r 处的场强大小为().

- A. $\frac{F}{q}$
- B. $\frac{Fr_0^2}{qr^2}$
- C. $\frac{F_0}{qr}$
- D. $\frac{Fr_0^2}{qr}$

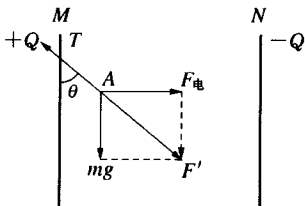
解析: 由库仑定律 $F = k \frac{Qq}{r_0^2}$ 得 $Q = \frac{Fr_0^2}{kq}$, Q 在 r 处场强大小

$$E = \frac{kQ}{r^2} = \frac{k}{r^2} \cdot \frac{Fr_0^2}{kq} = \frac{Fr_0^2}{qr^2}, \text{故 B 对.}$$

10.2.4 ** 如图所示,平行金属板 MN 分别带电量 $+Q$ 和 $-Q$,一电量为 $+q$ 、质量为 m 的小球 A 用绝缘线悬挂在两金属板之间,平衡时线与 M 板成 θ 角.若将线突然剪断,带电小球在两板间(未与 N 板接触之前)的运动是().

- A. 自由落体运动
B. 平抛运动
C. 匀速直线运动
D. 匀加速直线运动

解析: 对 A 球受力分析如图: F' 为 $F_{\text{电}}$ 和 mg 的合力,与 T 是平衡力,将丝线突然剪断,则小球在恒力 F' 作用下做初速度为零的匀加速直线运动,故选 D.



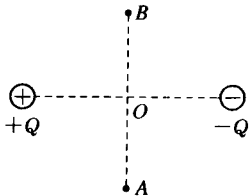
10.2.5 ** 一个单摆的摆球质量为 m ,摆球带有电量为 q 的负电荷,在没有电场时,单摆做简谐振动,周期为 T ,若在摆动过程中,突然在单摆周围加一个场强大小为 $\frac{mg}{q}$,方向竖直向下的匀强电场,则摆球的运动可能变为().

- A. 静止不动
B. 匀速直线运动
C. 圆周运动
D. 周期小于 T 的简谐振动

解析: 突然加一大小为 $\frac{mg}{q}$ 方向竖直向下的匀强电场,对负电荷 q 有 $mg = qE$,若此时单摆的速度为零,则摆球在此平衡力作用下静止不动;若此时单摆有速度,则摆球将在绳的张力作用下做圆周运动. 故选 A、C.

10.2.6 ** 如图所示,一电子(重力不计)沿等量异种电荷的中垂线由 $A \rightarrow O \rightarrow B$ 匀速飞过,则电子所受另一个力的大小和方向变化情况是().

- A. 先变大后变小,方向水平向左
B. 先变大后变小,方向水平向右
C. 先变小后变大,方向水平向左
D. 先变小后变大,方向水平向右



解析: 根据等量异号电荷电场线分布可知,其中垂线上从 $A \rightarrow O$,电场线由疏变密;从 $O \rightarrow B$,电场线由密变疏. 所以从 $A \rightarrow O \rightarrow B$,电场强度应由小变大,再由大变小,电场强度方向沿电场线的切线方向,为水平向右,由于电子处于平衡状态,所受合力必为零,故另一个力应与电子所受电场力大小相等、方向相反,又电子从 $A \rightarrow O \rightarrow B$ 过程中,其电场力方向水平向左,电场力由小变大,再由大变小,故另一个力方向应水平向右,其大小应先变大后变小,所以选项 B 正确. 应选 B.

10.2.7 ★★ 如图 1 所示,甲、乙两带电小球的质量均为 m ,所带电量分别为 $+q$ 和 $-q$,两球间用绝缘细线 2 连接,甲球又用绝缘细线 1 悬挂在天花板上.两球所在空间有方向向左的匀强电场,电场强度为 E ,平衡时细线都被拉紧.(1)平衡时的可能位置是图 1 中的图().(2)两根绝缘细线张力大小为().

- A. $T_1 = 2mg, T_2 = \sqrt{(mg)^2 + (qE)^2}$
 B. $T_1 > 2mg, T_2 > \sqrt{(mg)^2 + (qE)^2}$
 C. $T_1 < 2mg, T_2 < \sqrt{(mg)^2 + (qE)^2}$
 D. $T_1 = 2mg, T_2 < \sqrt{(mg)^2 + (qE)^2}$

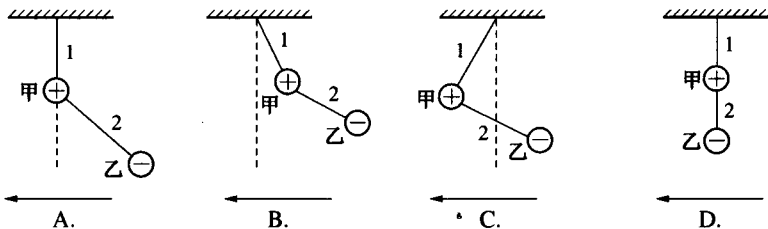


图 1

解析: (1) 以两球及球间细线作为整体进行受力分析.在水平方向,甲、乙两球所受电场力大小相等、方向相反,刚好平衡,所以细线 1 方向肯定竖直.而对于细线 2,一定是倾斜的,否则乙球水平方向不可能平衡.

正确选项为 A.

(2) 把甲、乙当作一个整体,在竖直方向,根据平衡条件得

$$T_1 = 2mg.$$

以乙为研究对象,受力如图 2 所示,由平衡条件得

$$T_2 + F_C = \sqrt{(mg)^2 + (qE)^2},$$

其中 F_C 为甲对乙的库仑力,因此有

$$T_2 < \sqrt{(mg)^2 + (qE)^2}.$$

正确选项为 D.

10.2.8 ★★ 有质量的物体周围存在着引力场.万有引力和库仑力有类似的规律,因此我们可以用定义静电场场强的方法来定义引力场的场强.由此可得,与质量为 M 的质点相距 r 处的引力场场强的表达式为 $E_G = \underline{\hspace{2cm}}$ (万有引力恒量用 G 表示).

解析: $\frac{GM}{r^2}$. 电场强度的定义式 $E = \frac{F}{q}$,其中 q 为放入电场中的检验电荷, F 为

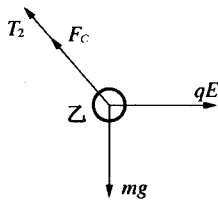


图 2

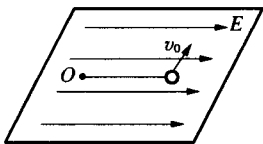
其受到的电场力. 类似的, 我们在质量为 M 的质点的引力场中, 与该质点距离为 r 处放入一个检验质点, 其质量为 m , 则其受到的万有引力 $G\frac{Mm}{r^2}$ 与其质量 m 之比 $\frac{GM}{r^2}$ 与检验质点无关, 只由场源质量 M 、到场源距离 r 决定, 我们定义它为引力场强度 $E_G = \frac{F}{m} = G\frac{M}{r^2}$.

10.2.9 $\star\star$ 如图所示, 在光滑水平面上的 O 点系一长为 l 的绝缘细线, 线的另一端系一质量为 m 、带电量为 $+q$ 的小球. 当沿细线方向加上场强为 E 的匀强电场后, 小球处于平衡状态. 现给小球一垂直于细线的初速度 v_0 , 使小球在水平面上开始运动. 若 v_0 很小, 则小球第一次回到平衡位置所需时间为_____.

解析: $\pi\sqrt{\frac{ml}{qE}}$. 小球做类单摆运动, 等效重力加

速度 $g' = \frac{Eq}{m}$. 周期 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g'}} = 2\pi\sqrt{\frac{ml}{qE}}$, 所求

时间 $t = \frac{T}{2} = \pi\sqrt{\frac{ml}{qE}}$.



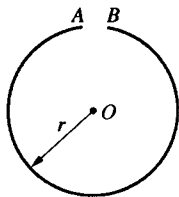
10.2.10 $\star\star$ 如图所示, 半径为 r 的硬塑胶圆环带有均匀分布的正电荷, 单位长度上的电量为 q , 其圆心 O 处的合场强为零. 现截去圆顶部极小一段 l , $l \ll r$. 则剩余部分在圆心 O 处产生的场强大小为_____, 方向_____.

解析: 利用顶部 AB 段的等量关系来求解.

完整圆环圆心处合场强为零, 此合场强可看成是由两部分合成: 一是顶部极小段上电荷产生的 E_1 , 一是其余部分电荷产生的 E_2 . E_1 与 E_2 一定大小相等、方向相反. 顶部极小一段所带电荷可看成点电荷. 根据点电荷场强公式有

$$E_1 = k\frac{lq}{r^2}, \text{方向向下.}$$

所以剩余部分在圆心处产生的场强大小为 $k\frac{lq}{r^2}$, 方向向上.

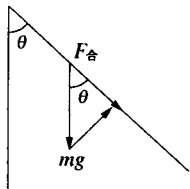


10.2.11 $\star\star$ 如图所示, 在匀强电场中, 将一质量为 m 、带电量为 q 的小球由静止释放, 其运动轨迹为一直线, 直线与竖直方向的夹角为 θ , 则电场强度的最小值应_____.

解析: $\frac{mg\sin\theta}{q}$. 依题意, 小球所受合外力必与直线重合, 欲使电场强度最小, 则受力分析如图所示,

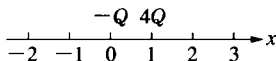
$$qE_{\min} = mg\sin\theta,$$

$$E_{\min} = \frac{mg\sin\theta}{q}.$$



10.2.12 ★★ 如图所示,在 x 轴上坐标为 $+1$ 的点上,固定一个电量为 $4Q$ 的点电荷,坐标原点处固定一电量为 $-Q$ 的点电荷,那么在 x 轴上,电场强度方向沿 x 轴负方向的点所在区域应是_____.

解析: $0 < x < 1, x < -1$.



依题意分析: 在 $x > 1$ 区域, $-Q$ 与 $4Q$ 的叠加

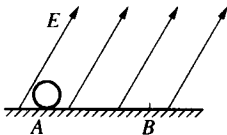
场强方向向 x 轴正向; 在 $1 < x < 0$ 区域, 合场强方向沿 x 轴负向; 在 $x < 0$ 区域里, 当 $x = -1$ 时, 合场强为零, 即 $-1 < x < 0$, 合场强方向沿 x 轴正向; 在 $x > -1$ 区域, 合场强方向向 x 轴负向. 故电场强度沿 x 轴负方向的点所在区域是: $0 < x < 1, x < -1$.

10.2.13 ★★ 如图所示,带正电小球质量为 $m = 1 \times 10^{-2}$ kg, 带电量为 $q = 1 \times 10^{-6}$ C, 置于光滑绝缘水平面上的 A 点. 当空间存在着斜向上的匀强电场时, 该小球从静止开始沿水平面做匀加速直线运动, 当运动到 B 点时, 测得其速度 $v_B = 1.5$ m/s, 此时小球的位移为 $s = 0.15$ m, 求此匀强电场场强 E 的取值范围 ($g = 10$ m/s²).

某同学求解如下: 设电场方向与水平面之间的夹

角为 θ , 由动能定理 $qEs \cos \theta = \frac{1}{2} m v_B^2 - 0$, 得 $E =$

$$\frac{m v_B^2}{2qs \cos \theta} = \frac{75000}{\cos \theta} \text{ V/m. 由题意可知 } \theta > 0, \text{ 所以当 } E >$$



7.5×10^4 V/m 时小球将始终沿水平面做匀加速直线运动.

经检查, 计算无误. 该同学所得结论是否有不完善之处? 若有请予以补充.

解析: 该同学所得结论有不完善之处.

为使小球始终沿水平面运动, 电场力在竖直方向的分力必须小于等于重力,

$$qE_y \leq mg, \text{ 所以 } E_y \leq \frac{mg}{q} = \frac{1 \times 10^{-2} \times 10}{1 \times 10^{-6}} \text{ V/m} = 1.0 \times 10^5 \text{ V/m,}$$

$$E_x = \frac{m v_B^2}{2qs} = 0.75 \times 10^5 \text{ V/m, } E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2} \leq 1.25 \times 10^5 \text{ V/m.}$$

所以 $0.75 \times 10^5 \text{ V/m} \leq E \leq 1.25 \times 10^5 \text{ V/m}$.

10.2.14 ★★ 如图 1 所示, A 为带正电 Q 的金属板, 沿金属板的垂直平分线, 在距板 r 处放一质量为 m 、电荷量为 q 的小球, 小球受水平向右的电场力偏转 θ 角而静止, 小球用绝缘丝线悬挂于 O 点, 试求小球所在处的电场强度.

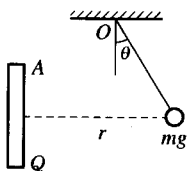


图 1

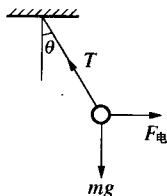


图 2