大學物理問題詳解

（1985 年修訂版）　下册

F·W·西尔斯　M·W·泽曼斯基　等原著

晓园出版社
世界图书出版公司

前　言

研習理工的同學，都有一種認識，那就是：一本書的習題往往是該書的精華所在，藉着習題的印證，才能對書中的原理原則徹底的吸收與瞭解。

有鑒於此，曉園出版社特地聘請了許多在本科上具有相當研究與成就的人士，精心出版了一系列的題解叢書，為各該科目的研習，作一番介紹與舖路的工作。

一個問題的解答方法，常因思惟的角度而異。曉園題解叢書，毫無疑問的都是經過一番精徵的思考與分析而得。其目的在提供對各該科目研讀時的參考與比較；而對於一般的自修者，則有啓發與提示的作用。希望讀者能藉着這一系列題解叢書的幫助，而在本身的學問進程上有更上層樓的成就。

内 容 简 介

本书是 F.W.西尔斯　M.W.泽曼斯基等著

"University physics"(第 5 版)

一书的习题详解　下册

大学物理问题详解

下　册

F.W.西尔斯　M.W.泽曼斯基等著

黄曙平　译著

晓　园　出　版　社　　　出版

世界图书出版公司北京分公司重印

(北京朝阳门内大街 137 号)

北 京 中 西 印 刷 厂 印刷

新华书店北京发行所发行　各地新华书店经售

1992 年 5 月　重印　　　开本　850×1168　1/32

1992 年 5 月第一次印刷　　印张　12,5

印数: 0,001—2,400

ISBN: 7-5062-1167・X/O・25

定价: 9·80 元

目　　錄

第二十四章　庫侖定律

1 庫侖定律

一帶電體作用於它一帶電體之吸引力或推斥力，係與兩者電荷之乘積成正比，並與兩者間隔距離之平方成反比。由公式之表示爲

$$\boxed{F = K\frac{qq'}{r^2}} \qquad （K爲一比例常數） \qquad (24\text{-}2)$$

2 單位制

A. 在靜電制中：爲欲使庫侖定律中之比例常數K爲於1，所訂之單位電荷稱一靜庫侖（stat coulomb）。

一靜庫侖之定義爲：一靜庫侖乃爲如此之一電荷，當其與一同符號之相等電荷間隔一厘米時，推斥後者之力爲一達因。庫侖定律因得一簡式。

$$\boxed{F = \frac{q\,q'}{r^2}} \qquad (24\text{-}3)$$

B. 在米一仟克一秒制中：力以牛頓表之，距離以米表之，電量之單位可從庫侖定律訂定，而從電流之單位，安培（ampere，見33章）訂定之。在米一仟克一秒制中，電量之單位爲一庫侖（coulomb），其定義爲：在一導體中，如果其電流恒爲一安培，則在一秒鐘時間內流過此導體截面之電量爲一庫侖。

1庫侖 $= 2.9979 \times 10^9$ 靜庫侖，極近於靜庫侖之 3×10^9 倍。

在此制中，比例常數K之數值由實驗所得之最佳值爲 $K = 8.8974 \times 10^9$，在一般需用方面，用其近似值 $K = 9 \times 10^9$，即夠準確。

在任何單位制度中，K之單位爲（力×距離^2 ÷電荷^2），故在靜電制中，

$$K = 1\,\frac{達因-厘米^2}{靜庫侖^2}$$

在米－仟克－秒制中，

$$K = 9 \times 10^9\,\frac{牛頓-米^2}{庫侖}$$

有某些公式導自庫侖定律者，含有4 π 之因子，而此類公式較諸庫侖定律本身之應用尤爲頻繁。爲避免此一4 π 之因子，乃訂一新常數 ε_0，其關係式爲

$$\varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi K} \qquad 即\quad K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$$

則庫侖定律寫爲

$$\boxed{F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}} \quad \frac{qq'}{r^2} \tag{24-4}$$

從上述K之數值，則在米－仟克－秒制中

$$\boxed{\varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi K} = \frac{1}{4\pi \times 9 \times 10^9} = 8.85 \times 10^{-12}\ \frac{\text{庫侖}^2}{\text{牛頓－米}^2}}$$

因子 $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$ 之值爲

$$\boxed{\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = K = 9 \times 10^9\ \frac{\text{牛頓－米}^2}{\text{庫侖}}}$$

習題解答

24-1　如果相距 3 cm 的兩個小球體之間的排斥力要達到 10^{-19} N，則每個小球上必須放上多少多餘的電子？

【解】：各球所需電量

$$q=\left(Fr^2/k\right)^{1/2}=\left(\frac{10^{-19}\times 9\times 10^{-4}}{9\times 10^{9}}\right)^{1/2}=10^{-16}\ \mathrm{C}$$

故所需多餘電子數 $N=10^{-16}\div(1.6\times 10^{-19})=625$ 個

24-2　兩個小球體之每一個都是帶正電，它們的電量之和是 4×10^{-8} C。當它們相距 0.1 m時，其排斥力是 27×10^{-5} N，每個小球上的電量是多少？

【解】：設電量各爲 q 及 Q，則 $q+Q=4\times 10^{-8}$ C

而 $qQ=Fr^2/k=27\times 10^{-5}\times 1\times 10^{-2}/9\times 10^{9}=3\times 10^{-16}\ \mathrm{C}^2$

所以 $q=3\times 10^{-8}$ C，$Q=1\times 10^{-8}$ C

24-3　6.02×10^{23} 個原子的單原子氫氣，質量是一克。氫原子上的一個電子要離開到距離原子核多遠之處才能使其吸引力等於這原子的重量？

【解】：一個原子的重量

$W=1\times 10^{-3}\times 9.80/6.02\times 10^{23}=1.63\times 10^{-26}$ N

所以　　　$e^2k/r^2=F=W$

故　$r=e\left(\frac{k}{W}\right)^{1/2}=1.60\times 10^{-19}\times\sqrt{9\times 10^{9}/1.63\times 10^{-26}}$

$=0.12\,\mathrm{m}$

24-4　1 mol 的氫原子中，所有質子以庫侖表示時，其總正電量是多少？

【解】：$q=6.02\times 10^{23}\times 1.6\times 10^{-19}=9.6\times 10^{4}$ C

24-5　如果 1 mol 的氫原子中，所有正電荷都擠成一個電荷，而且所有的負電荷也擠成一個電荷，這樣擠成的兩個電荷之間的作用力有多少？如果他們之間的距離是(a) 1 m；(b) 10^7 m（這大約是地球的直徑）。

【解】：$Q=+9.6\times 10^{4}$ C（由第 4 題），$q=-9.6\times 10^{4}$ C

(a) $F_1=kqQ/r_1^2=-9\times 10^{9}\times(9.6\times 10^{4})^2=-8.36\times 10^{19}$ N

(b) $F_2=F_1\left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2=-8.36\times 10^{19}\times 10^{-14}=-8.36\times 10^{5}$ N

24-6　α 質點是由兩個質子和兩個中子結合而構成的。相距離 10^{-15} m（這大約是原子核的大小）的兩個 α 質點之間的排斥力是多少？

【解】：$Q=2\times 1.6\times 10^{-19}=3.2\times 10^{-19}$ C

$$F=9\times10^{9}\times(3.2\times10^{-19})^{2}/(10^{-15})^{2}=9\times10^{2}\,N$$

24-7　有兩個銅球質量都是 1 kg，相距 1 m。

(a)每個球上包含多少電子？

(b)要將多少電子從其中一個球移到另一個球上以使他們之間的吸引力是 10^4 N（大約是 1 噸）？

(c)這相當於一個球上所包含的所有電子的幾分之幾？

【解】：(a) 1 kg 的銅中之原子數為 $6.02\times10^{23}\times(1000\div63.5)$

每個銅原子有 29 個電子，所以兩球各有電子

$$\frac{29\times6.02\times10^{23}\times10^{3}}{63.5}=2.75\times10^{26}\text{ 個}$$

(b)仿第一題的做法，得須移動之電子數為

$$N=\frac{(10^{4}\times1)^{1/2}}{(9\times10^{9})^{1/2}\times1.6\times10^{-19}}=6.58\times10^{15}\text{ 個}$$

(c)所求比率為 $\dfrac{6.58\times10^{15}}{2.75\times10^{26}}=2.39\times10^{-11}$

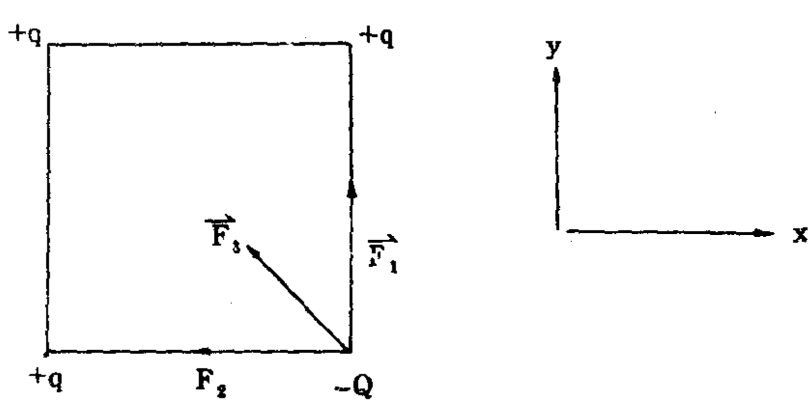
24-8　每一個都是 2×10^{-9} C 的點電荷放在每邊是 0.2 m的正方形之三個角上。則作用在另一個 -1×10^{-9} C 的點電荷上的合力之大小方向如何？如果這個電荷是放在(a)這正方形的中央，(b)放在第四個角上。

【解】：(a)此時與該負電荷共線之二正電荷所施之力相消，故合力為另一頂點上之正電荷所施者，即

$$F=\frac{9\times10^{9}\times2\times10^{-9}\times1\times10^{-9}}{\left(2.0\times10^{-1}\times\frac{1}{\sqrt{2}}\right)^{2}}=9\times10^{-7}\,N$$

(b)見圖：$F_1=F_2=\dfrac{9\times10^{9}\times2\times10^{-18}}{(2.0\times10^{-1})^{2}}=4.5\times10^{-7}N$

$$F_3=\frac{9\times10^{9}\times2\times10^{-18}}{(2.0\times10^{-1}\times\sqrt{2})^{2}}=2.3\times10^{-7}N$$

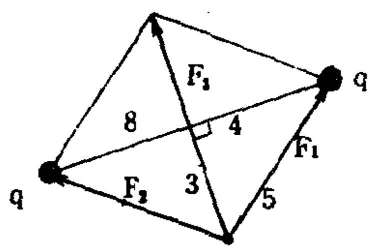


$\therefore \Sigma F_x = -F_2 - F_3 \cos 45° = -6.2 \times 10^{-7}\,N$

$\Sigma F_y = F_1 + F_3 \cos 45° = +6.2 \times 10^{-7}\,N$

24-9 每一個都帶有$+10^{-9}$ C的兩個電荷在空氣中相距8 cm 。試求這些電荷作用在第三個帶有$+5\times 10^{-11}$ C 的電荷上的力之大小和方向，這電荷距離前兩個電荷都是5 cm 。

【解】：取坐標如附圖，則得



$$F_1 = F_2 = \frac{9\times 10^{9}\times 5\times 10^{-11}\times 10^{-9}}{(5\times 10^{-2})^2} = 1.8\times 10^{-7}\,N$$

$$F = 1.8\times 10^{-7}\cdot\frac{6}{5} = 2.16\times 10^{-7}\,N$$

合力方向沿着qq連線之平分線

24-10 有兩個正點電荷大小都是q，分別放在y軸上，$y=+a$和$y=-a$的兩個點。有第三個同樣電量的正電荷放在x軸上的某一點。

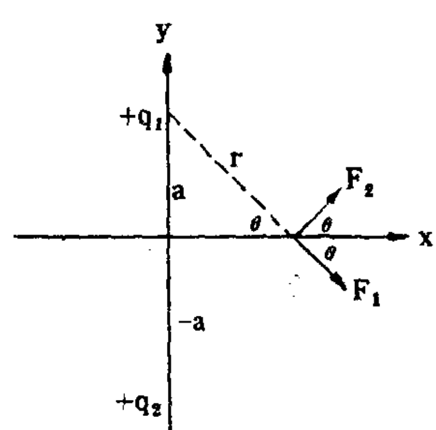
(a)當這電荷放在原點時，作用在這第三電荷的力是多少？

(b)當這第三電荷的座標是x時，作用於它的力之大小和方向如何？

(c)以x爲變數，畫出作用在這第三電荷上的力之函數曲線，x之值取在$+4a$和$-4a$之間。力向右邊時畫在橫軸上面，而向左邊時畫在橫軸下面。

(d)作用力是最大時，x之值是多少？

【解】：(a) $q_1 = q_2 = q_3 = q$



g_1與g_2作用於g_3的力分別爲

$$F_1 = k\frac{q^2}{a^2} = F_2$$

F_1的方向爲$-y$，F_2的方向爲$+y$所以合力爲零。

(b)如果第三電荷的坐標是x，則g_3與g_1或g_2的距離爲

$$r = \sqrt{a^2+x^2}$$

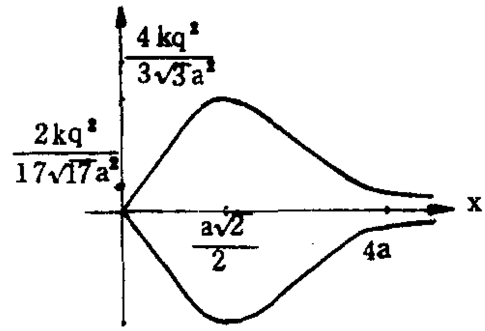
$$\therefore\quad F_1 = F_2 = k\,\frac{q^2}{(a^2+x^2)}$$

合力 $\vec{R} = \vec{F_1} + \vec{F_2}$ （向量和）

$$R = 2\,|\vec{F_1}|\cos\theta = \frac{2kq^2}{(a^2+x^2)}\cdot\frac{x}{(a^2+x^2)^{1/2}}$$

$$= \frac{2kq^2x}{(a^2+x^2)^{3/2}}$$ 方向爲 $\begin{cases} \text{當 x 爲正，向右。} \\ \text{當 x 爲負，向左。} \end{cases}$

(c)



(d) $$\frac{dR}{dx} = \frac{d}{dx}\left[\frac{2kq^2x}{(a^2+x^2)^{3/2}}\right]$$

$$= 2kq^2(a^2+x^2)^{-3/2}\left[1-3x^2(a^2+x^2)^{-1}\right] \text{令} = 0$$

$$\therefore \quad 1-3x^2(a^2+x^2)^{-1} = 0$$

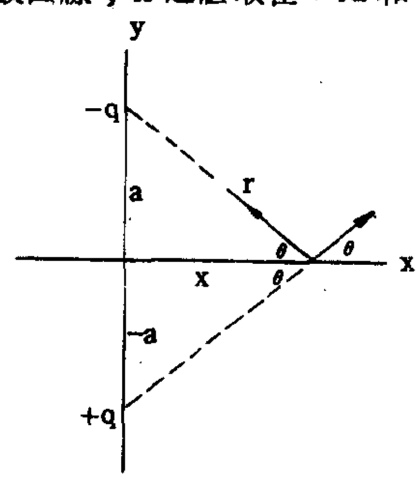
即 $x = \pm\frac{a}{\sqrt{2}}$ 此處力最大

24-11 有一個電量是 q 的負點電荷放在 y 軸上的 y = + a 之點，另有同樣的大小的負電荷放在 y = − a 之點。另有第三個同樣大小的正電荷放在 x 軸上的某一點。

(a)當這第三電荷放在原點時，作用在這電荷的力大小和方向如何？

(b)當第三電荷的座標是 x 時，作用於它的力如何？

(c)以 x 爲變數，畫出作用在這第三電荷的力之函數曲線，x 之值取在 +4a 和 −4a 之間。



【解】：(a)第三電荷所受的力

$$F = \frac{2kq^2}{a^2} \quad \text{方向爲} +y$$

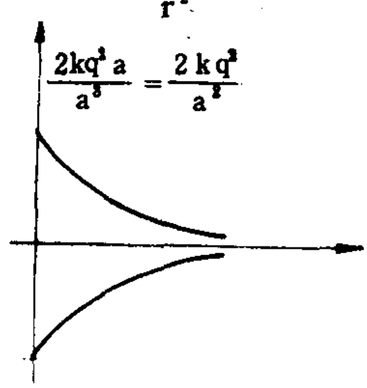
(b) $r = \sqrt{a^2+x^2}$

$$\sin\theta = \frac{a}{r} = \frac{a}{\sqrt{a^2+x^2}}$$

∴ 第三電荷所受的力爲

$$F = 2 \cdot \frac{kq^2}{r^2}\sin\theta = \frac{2kq^2a}{(a^2+x^2)^{3/2}} \quad (\text{方向} +y)$$

(c)

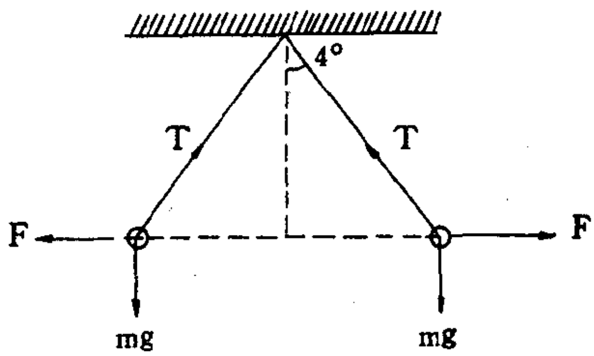


24-12 質量都是 10 g 的兩個小球，以長度 1 m 的絹線懸掛在同一地點。如果將等量的負電荷給予這兩個球，則它們都和垂直線夾成適當的角度。

(a)畫圖表明作用在每一球上的所有的力。

(b)求每一個球上的電量之大小。

【解】：(a)



(b)設每一球上的電荷大小為 $-q$

兩球的斥力 $F=\dfrac{kq^2}{(2\times 1.00\sin 4^\circ)^2}$

由力之平衡條件

$\Sigma F_x = F - T\sin 4^\circ = 0$

$\Sigma F_y = T\cos 4^\circ - mg = 0$

即 $F = T\sin 4^\circ$，$T=\dfrac{mg}{\cos 4^\circ}$

$\therefore\ F = 10^{-2}\times 9.80\tan 4^\circ = \dfrac{kq^2}{(2\times 1.00\sin 4^\circ)^2}$

解得 $q=\left[\dfrac{10^{-2}\times 9.80\tan 4^\circ\times(2\times 1.00\sin 4^\circ)^2}{K}\right]^{\frac{1}{2}}$

24-13 某金屬球的體積是 1 cm^3 其質量是 7.5 g 並包含著 8.2×10^{22} 個電子。

(a)要從這每一個球上移走多少個電子才能使它們的靜電排斥力剛好等於萬有引力？假設這兩個球之間的距離大到足可把它們當作點電荷。

(b)所移走的電子之數目，以總自由電子的幾分之幾表示之。

【解】：(a)設兩球各移出 x 電子，則兩球所帶的電荷各為

$q = 1.60\times 10^{-19}\,x$ 庫侖

靜電力 $F_e = \dfrac{kq^2}{r^2}$

萬有引力 $F_g = \dfrac{Gm^2}{r^2}$，$\dfrac{kq^2}{r^2}=\dfrac{Gm^2}{r^2}$

即 $kq^2 = Gm^2$

代入數字 $9\times 10^9\times(1.60\times 10^{-19}\,x)^2$

$=6.67\times 10^{-11}\times(7.5\times 10^{-3})^2$

解得　$x = 4 \times 10^6$ 電子

(b) $\dfrac{4 \times 10^6}{8.2 \times 10^{22}} = 4.9 \times 10^{-17}$

24-14　在 Bohr 的氫原子模型中，質量 9.11×10^{-31} kg 的電子繞著質子以半徑 5.29×10^{-11} m的圓周軌道旋轉。質子的正電量是和電子的負電量大小相同，而質量是 1.67×10^{-27} kg 。

(a) 這電子的向徑加速度是多少？

(b) 其速度是多少？

(c) 其角速度是多少？

【解】：(a) 電子所需之向心力等於質子對電子的吸引力

$$\therefore \quad ma_R = \frac{kq^2}{R^2}$$

即　$a_R = \dfrac{kq^2}{mR^2} = \dfrac{9 \times 10^9 \times (1.6 \times 10^{-19})^2}{9.11 \times 10^{-31} \times (5.29 \times 10^{-11})^2}$

$\therefore$ 電子的徑向加速度 $a_R = 9 \times 10^{22}\,m/sec^2$

(b) 因爲徑向加速度就是該電子之向心加速度，所以

$$\frac{V^2}{R} = \frac{kq^2}{mR^2}$$

因此　$V = q\sqrt{\dfrac{k}{mR}}$

$$= 1.6 \times 10^{-19}\sqrt{\frac{9 \times 10^9}{9.11 \times 10^{-31} \times 5.29 \times 10^{-11}}}$$

$$= 2.2 \times 10^6\ m/sec$$

(c) 設電子的角速度爲 ω

則　$a_R = R\omega^2$

$\therefore \quad \omega = \sqrt{\dfrac{a_R}{R}} = 4.15 \times 10^{16}$ 弧度/秒

24-15　1 克的單原子氫包含着 6.02×10^{23} 個原子，每一個原子都包含着電量是 -1.60×10^{-19} C的電子，和電量是 $+1.60 \times 10^{-19}$ C的質子。

(a) 假設所有這些電子都能夠放在地球的北極而所有的這些質子都放在南極。這兩堆電荷之間的互相吸引之力是多少？地球的直徑是 12,800 km 。

(b) 在習題(a)中的兩堆電荷作用在放置於赤道上的第三個正電荷之力是多少？這第三電荷的總電量之大小是等於南極或北極之電量總和。畫出這力的圖。

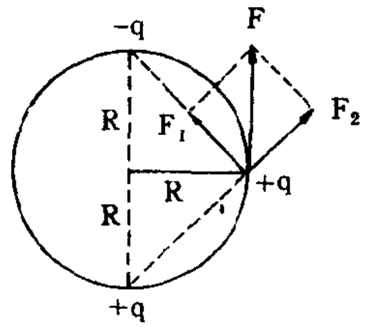
【解】：(a)　$q = 1.6 \times 10^{-19} \times 6.02 \times 10^{23}$ 庫侖

兩極間之吸引力爲

$$F=\frac{kq^2}{r^2}=\frac{9\times10^9\times(1.6\times10^{-19}\times6.02\times10^{23})^2}{(12800\times10^3)^2}$$

$$=5.1\times10^5 \text{ 牛頓}=115000 \text{ 磅}$$

(b) 如下圖所示，此種情況與 24-11 (b)題類似。



∴ 兩極地電荷作用於赤道上電荷之力為

$$F=\frac{2\,kq^2R}{(R^2+R^2)^{3/2}}$$

其中R為地球半徑，將數字代入，可得

$$F\approx326000 \text{ 磅}$$

24-16 原子核的大小是大約 10^{-14} m的數量級。假設兩個 α 質點相距這段距離。

(a) 每一個 α 質點對其他一個的作用力是多少？

(b) 每個 α 質點的加速度是多少？（計算時所用到的數值參閱第 24-6 節的例題1。）

【解】：(a) 每一個 α 質點有兩個質子兩個中子

∴ 每一 α 質點之電量 $=+2e$

兩 α 質點之斥力為

$$F=\frac{kq^2}{r^2}=\frac{9\times10^9\times(2\times1.6\times10^{-19})^2}{(10^{-14})^2}$$

$$=288 \quad \text{牛頓}$$

(b) α 質點之質量 $m=4\times1.67\times10^{-27}$ 公斤

在此距離時，α 質點之加速度為

$$a=\frac{F}{m}=\frac{288}{4\times1.67\times10^{-27}}=43.11\times10^{27}$$

24-17 在習題 24-11 中，由電量相同，符號相反的電荷所構成的一組電荷稱作電偶極子。

(a) 試證明在習題 24-11 中的第三個電荷的 x 座標若是很大於 a 時，作用於它的力是和它與偶極子中點之距離立方成反比例。

(b) 假設第三個電荷是放在 y 軸上，其 y 座標之值遠大於距離 a，試證明作用於這第三電荷的力也是和它距離偶極子中點的距離之立方成反比例。

【解】：(a) 由 24-11 (b)題的結果

$$F=\frac{2kq^2a}{(a^2+x^2)^{3/2}}$$

當 $x\gg a$，我們可以忽略分母的 a

$$\therefore\quad F\approx\frac{2kq^2a}{x^3}\quad\text{即}\quad F\propto\frac{1}{x^3}$$

(b) 如果第三電荷在 y 軸上，作用於此第三電荷之力爲

$$F=\frac{kq^2}{(y-a)^2}-\frac{kq^2}{(y+a)^2}=\frac{kq^2}{y^2(1-\frac{a}{y})^2}-\frac{kq^2}{y^2(1+\frac{a}{y})^2}$$

$$=\frac{kq^2}{y^2}\left[(1-\frac{a}{y})^{-2}-(1+\frac{a}{y})^{-2}\right]$$

若 $y\gg a$，即 $\frac{a}{y}\ll 1$

則 $(1-\frac{a}{y})^{-2}\approx 1+2\cdot\frac{a}{y}$

$(1+\frac{a}{y})^{-2}\approx 1-2\cdot\frac{a}{y}$

$$\therefore\quad F\approx\frac{kq^2}{y^2}\cdot 4\cdot\frac{a}{y}=\frac{4kq^2a}{y^3}$$

即 $F\propto\frac{1}{y^3}$

24-18 相同電量的兩個點電荷相距 2a。在其正中間並且垂直於它們的連結線上有一片平面。作用於放在這平面上的點電荷之力是最大值的那些點所連成的軌跡，由對稱關係可知是一個圓圈。計算這圓圈的半徑。

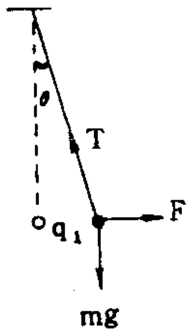
【解】：設此兩正點電荷居於 $y=+a$ 及 $y=-a$ 的位置，則第三電荷位於經過原點，且與 y 軸垂直的平面上，參考 24-1 (d)題的結果，若作用於點電荷的力是一極大，則這電荷在平面上位置之軌跡是一圓，其半徑爲 $\frac{a}{\sqrt{2}}$。

24-19 帶有正電量 q_1 的一個小球以絕緣線懸垂直。第二個球帶著負電量 $q_2=-q_1$ 放置在第一個球的右邊水平距離 a 之處，這距離 a 遠大於球的直徑。

(a) 試在圖面上畫出當這個球到達其最後穩定位置時作用於這個球的所有的力。

(b) 假設給你第三個球，它帶著正電量 $q_3=2q_1$。至少找出兩個點使這個球放上去時仍然可使第一個球垂直懸垂著。

【解】:(a) q_1 之受力情形如右之所示



因爲 a 遠大於小球之半徑，故可將其視點電荷，假設改變之角度 θ 甚小，故靜電力仍保持水平

靜電吸力　$F=\dfrac{kq_1^2}{a^2}$

由力平衡　$T\sin\theta=F$ ，$T\cos\theta=mg$

$\therefore \tan\theta=\dfrac{F}{mg}=\dfrac{kq_1^2}{a^2mg}$

(b)①若將第三個球置於 q_1 之右側，且在 q_1 ，q_2 之連線上

則 $\dfrac{kq_1(2q_1)}{x^2}=\dfrac{kq_1^2}{a^2}$

$\Rightarrow x=\sqrt{2}\,a$ ，即距 q_2 $(\sqrt{2}-1)\,a$

②若將 q_3 置 q_2 之上方 x 處，則對 q_1 因 q_3 所生之斥力，在水平方向之分量與 q_2 所生之吸力相消。

$$\therefore \frac{kq_1(2q_1)}{a^2+x^2}\cdot\frac{a}{(a^2+x^2)^{1/2}}=\frac{kq_1^2}{a^2}$$

$$\Rightarrow (a^2+x^2)^{3/2}=2a^3$$

$$\therefore x=\sqrt{\sqrt[3]{4}-1}\;a=0.766\,a$$

第二十五章　電　場

1 電場

如果一帶電體置於某一點時，而有電之力作用於此一帶電體，則稱此某一點有電場存在。

電場在任何一點之大小，以E表之。其定義爲：將一檢驗電荷置於某一點，此一電荷所受之力除以其電荷量 q'。即爲電場在此點之大小。

$$\boxed{E = \frac{F}{q'}} \tag{25-1}$$

一電場在任何某一點之方向，係將一帶正電之檢驗電荷置於此某一點，電場作用於此檢驗電荷之力之方向即爲電場在此某一點之方向。

在米－仟克－秒制中，力以牛頓表之，電荷以庫侖表之，故電場強度之單位爲每庫侖一牛頓。

式（25-1）可寫爲　$F = q'E$　　(25-2)

此即置於電場強度爲E之一點之電荷 q'，其所受之力爲電場強度與電荷之乘積。

假設有若干點電荷 q_1，q_2 等等，距已知點爲 r_1，r_2 等等，則在此已知點之合電場強度爲

$$\boxed{E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\Sigma\frac{q}{r^2}} \quad \text{（向量和）} \tag{25-3}$$

2 電力線

電力線爲一想像之線，此線之描繪，在使線上各點之方向（即其切線之方向）與電場在此點之方向相同。

如果對於表示電場之力線數目加以合適之限制，則此類力線固可以表示方向、亦可表示數量。此一方法，乃將各線間隔照以下規定辦理：在任何點垂直電場方向之表面上，使通過此表面上單位面積之力線數與該點之電場強度成正比。

假設有 ΔN 之線垂直穿過一小基素面積 ΔA。並且假設在此小基素面積中心之電場強度爲E，則

$$\frac{\Delta N}{\Delta A} \propto E$$

將此比例式寫成方程式，如果取其比例常數爲 ε_0，則靜電學中甚多公式可以得而簡化。現在吾人將任何一點電力線之間隔加此分劃，使單位面積之電力線數及電場強度有下列之關係