成人高等教育基础学科练习丛书

# 电磁学练习解答

乔春杰　　李秉和　　编

佳木斯市教育学院学报编辑部

成人高等教育基础学科练习丛书

# 电磁学练习解答

乔春杰　李秉和　编

（上　册）

佳木斯市教育学院学报编辑部

# 目　录（上册）

# 第一章　真空中的电场

## 一、内容提要

这一章主要研究真空中的电场的性质。以库仑定律为基础，从两个点电荷之间的相互作用的规律出发，研究电场的性质。

1、库仑定律，描述两个点电荷之间的作用力。在真空中：

$$\vec{F}_{12}=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1q_2}{r^3_{12}}\overleftarrow{r}_{12}\quad\cdots\cdots(1\cdot1)$$

$$\varepsilon_0=8.85\times10^{-12}\text{库仑}^2/\text{牛顿}\cdot\text{米}^2,$$

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}=8.99\times10^9\text{牛顿}\cdot\text{米}^2/\text{库仑}^2。$$

多个点电荷对一个点电荷的作用力，服从力的矢量迭加原理。

2、电场。$\vec{E}(r)$和$V(r)$是从不同的侧面描述同一电场的性质的两个空间函数。对给定的电荷分布的电场强度$E(\vec{r})$、电位$V(r)$和电势差$U$的意义：

$$\vec{E}=\frac{\vec{F}}{q}\ (q\text{是试探电荷})\quad\cdots\cdots(1\cdot2)$$

$$V(r)=\int_r^{\infty}\vec{E}\cdot d\vec{r},\ \text{当}V(\infty)=0\quad\cdots\cdots(1\cdot3)$$

$$U=\int_{r_1}^{r_2}\vec{E}\cdot d\vec{r}\quad\cdots\cdots(1\cdot4)$$

$E$的单位是：牛顿／库仑＝伏特／米；$V$和$U$的单位都是伏特。

$\vec{E}$（$r$）或$V$（$r$）被确定，就意味着确定了一个电场。故$\vec{E}$（$r$）与$V$（$r$）之间必然存着内在联系。这个联系为：

$$E=-\nabla V\qquad\cdots\cdots(1\cdot5.1)$$

$\nabla V$是$V$的梯度。在直角座标中：

$$\vec{E}=-\nabla V=-\left(\frac{\sigma v}{\sigma x}\vec{i}+\frac{\sigma v}{\sigma y}\vec{j}+\frac{\sigma v}{\sigma z}\vec{K}\right)\cdots(1\cdot5.2)$$

在柱座标中：

$$\vec{E}=-\nabla V=-\left(\frac{\sigma v}{\sigma \rho}\vec{l_\rho}+\frac{1}{\rho}\frac{\sigma v}{\sigma \varphi}\vec{l_\varphi}+\frac{\sigma v}{\sigma z}\vec{l_z}\right)\cdots(1\cdot5.3)$$

在球座标中：

$$\vec{E}=-\nabla V=-\left(\frac{\sigma v}{\sigma r}\vec{l_r}+\frac{1}{r}\frac{\sigma v}{\sigma \theta}\vec{l_\theta}+\frac{1}{rSin\theta}\frac{\sigma v}{\sigma \varphi}\vec{l_\varphi}\right)$$

$$\cdots\cdots(1\cdot5.4)$$

式中：$\vec{i}$、$\vec{j}$、$\vec{K}$、$\vec{l_P}$、$\vec{l_\varphi}$、$\vec{l_Z}$、$\vec{l_r}$、$\vec{l_\theta}$等，分别是各座标方向的单位向量。

电场强度$\vec{E}$（$r$）与电荷之间的关系，说明静电场是有源电场。这一点由高斯定理所体现：

$$\oint_s\vec{E}\,ds=\frac{1}{\varepsilon_0}\sum_{(\varepsilon内)}q_i\cdots\cdots(1\cdot6)$$

由位所存在则说明静电场是保守场，在静电场中：

$$\oint\vec{E}\cdot dl=0\cdots\cdots(1\cdot7)$$

## 二、习题解答

### 库仑定律

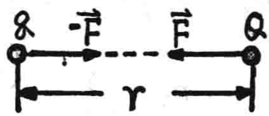
1、真空中两个点电荷$q$与Q，相距5.0毫米，吸引力为40达因。已知$q=1.2\times10^{-6}$库仑，求Q。

〔解〕：根据库仑定律：

$$\vec{F}=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{\varepsilon_1\varepsilon_2}{r^3}\vec{r}$$

可知两个点电荷之间相互作用的引力大小：

$$F=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{qQ}{r^2}$$




(习题1)

方向如图1所示。于是

$$Q=\frac{4\pi\varepsilon_0 r^2}{q}\cdot F$$

$$=\frac{4\times3.14\times8.85\times10^{-12}\times(5.0\times10^{-3})^2}{1.2\times10^{-6}}$$

$$\cdot(-4.0\times10^{-4})=-9.3\times10^{-13}\text{库仑}$$

2、两个相同的导电小球，以两根等长的不导电的长线挂在同一钩上，当小球带相同的电之后相距5.0厘米，问其中一个放电后情况如何？

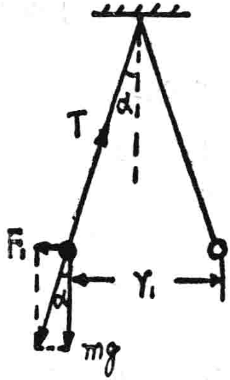
〔解〕：设每个正球带电量为$q$，相距为$r_1$，它们之间的相互作用的库仑斥力为$F_1$，其大小：

$$F_1=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q^2}{r_1^2}\cdots\cdots(1)$$

方向如图2所示，在这种情况下，

小球在重力、长线的拉力和库仑斥力的共同作用下处于平衡状态。根据平衡条件可知：

$$\frac{F_1}{mg}=\frac{\frac{r_1}{2}}{\sqrt{e^2-\left(\frac{r_1}{2}\right)^2}}\cdots\cdots(2)$$




（习题2）

一个小球放电后，两个小球将在重力的作用下重新接触，使放电的小球重新带电，这时两个小球所带的电量分别为$\frac{q}{2}$，设由于静电斥力的作 用两小球重新分开的距离为$r_2$，相互排斥的力为$\overrightarrow{F_2}$，其大小为：

$$F_2=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{\left(\frac{q}{2}\right)^2}{\gamma_2{}^2}\cdots\cdots(3)$$

小球又处于平衡状态。根据平衡条件：

$$\frac{F_2}{mg}=\frac{\frac{r_2}{2}}{\sqrt{e^2-\left(\frac{r_2}{2}\right)^2}}\cdots\cdots(4)$$

由（2）和（4）式可得：

$$\frac{F_1}{F_2}=\frac{r_1\cdot\sqrt{e^2-\left(\frac{r_2}{2}\right)^2}}{r_2\cdot\sqrt{e^2-\left(\frac{r_1}{2}\right)^2}}$$

因为$e$很长，所以$\left(\frac{r_1}{2}\right)^2$、$\left(\frac{r_2}{2}\right)$项可以忽略，于是

$$\frac{F_1}{F_2}=\frac{r_1}{r_2}\cdots\cdots(5)$$

由（1）和（3）式可知：

$$\frac{F_1}{F_2}=4\left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2\cdots\cdots(6)$$

由（5）和（6）式可知：

$$\frac{r_1}{r_2}=\frac{4r_2^{\,3}}{r_1^{\,2}}$$

所以 $r^3{}_1=4r_2{}^3$ $r_2=\frac{r_1}{\sqrt[3]{4}}=3.1$厘米

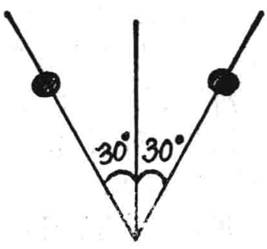
3、两个小球各带电$2.0\times10^{-7}$库仑，可在如图所示的无摩擦的棒上自由滑动，若每球的质量为 0.10 克，求它们的平衡位置及棒上的反作用力。

〔解〕：设两个小球平衡时，它们之间的距离为γ，相互作用的库仑力为$\vec{F}$，大小为：

$$F=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q^2}{r^2}\cdots\cdots(1)$$

方向如图3所示。两个小球在库仑斥力、小球重力和棒给小球的反作用力的作用下，在棒上自由滑动，当作用在小球上的三个力的合力等于零时，两个小球将处于平衡状态。在这种情况下，根据平衡条件则：

$$\frac{mg}{F}=tg30^\circ\cdots\cdots(2)$$




（习题3）

由（1）和（2）式可得：

$$\frac{mg}{tg30^\circ}=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q^2}{r^2}$$

所以：

$$r^2=\frac{tg30^\circ}{4\pi\varepsilon_0 mg}q^2$$

$$r=q\sqrt{\frac{tg30^\circ}{4\pi\varepsilon_0 mg}}=2.0\times10^{-7}\sqrt{\frac{8.99\times10^{0}}{1.73\times10^{-4}}}$$

$$=0.46\text{米}$$

两球处于平衡状态时相距为0.46米，而两小球到0点的距离为

$$l=\frac{\frac{r}{2}}{Sin30^{\circ}}=\frac{0.23}{\frac{1}{2}}=0.46\text{米}$$

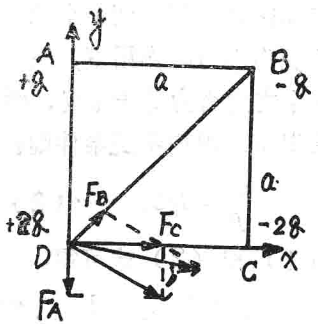
棒对小球的反作用力$N$是小球的重力和库仑斥力的平衡力，大小等于重力和库仑斥力的合力的大小，方向与合力的方向相反，如图3所示。所以，棒对小球的反作用力的大小：

$$N=\sqrt{mg+F^{2}}$$

$$=\sqrt{mg^{2}+\left(\frac{mg}{tg30^{\circ}}\right)^{2}}=mg\sqrt{1+\left(\frac{1}{tg30^{\circ}}\right)^{2}}$$

$$=10^{-3}\sqrt{1+3}=2\times10^{-3}\text{牛顿}$$

4、如图所示，求作用在正方形左下角电荷上的合力是多大？假设$q=10\times10^{-7}$库仑，$a=5.0$厘米。



（习题4）

〔解〕：设正方形$D$点为座标原点，$DC$为$x$轴的正向，$DA$为$y$轴的正向。位于$D$点的电荷受到电荷$A$的斥力$F_A$、电荷$B$的引力$F_B$、电荷$C$的引力$F_C$的作用，其方向如图1—4所示。根据库仑定律，各力的大小

$$F_A=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{2q^2}{a^2}\cdots\cdots(1)$$

$$F_B = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{2q^2}{2a^2} \cdots\cdots (2)$$

$$F_C = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{4q^2}{a^2} \cdots\cdots (3)$$

按正交分解法，可将其各力分别投影到$x$轴和$y$轴上，所以：

$$F_x = \sum F_{ix} = F_A \cos\frac{3}{2}\pi + F_B \cos\frac{\pi}{4} + F_C \cos O^0 \cdots (4)$$

$$F_y = \sum F_{iy} = F_A Sin\frac{3}{2}\pi + F_B Sin\frac{\pi}{4} + F_C Sin O^0 \cdots (5)$$

将（1）、（2）、（3）式代入（4）、（5）式中：

$$F_x = \sum F_{ix} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q^2}{a^2} \left[\frac{\sqrt{2}}{2} + 4\right] = 16.90\text{牛顿}$$

$$F_y = \sum F_{iy} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q^2}{a^2} \left[-2 + \frac{\sqrt{2}}{2}\right] = -4.67\text{牛顿}$$

所以合力的大小：

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{(16.9)^2 + (4.67)^2} = 55.5\text{牛顿}$$

方向： $tg\alpha = \frac{F_y}{F_x} = \frac{-4.67}{16.9} = -0.2758$

$$\alpha = -15°26'$$

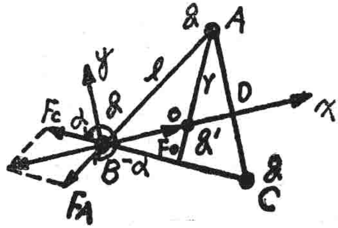
5、三个相同的点电荷$q$,放置在等边三角形的顶点上，设在这个三角形的中心与三个顶点距离相等处，放置一个异号电荷$q'$，因而使作用在每一个电荷上的合力等于零，求这个电荷$q'$的大小。

〔解〕：设三角形的边长为$l$, $q'$位于三角形中心0与三个顶点上的点电荷的距离皆为$\gamma$（$r = \frac{2}{3}\sqrt{l^2 - \left(\frac{l}{2}\right)^2} = \frac{l}{\sqrt{3}}$）

根据已知条件位于三角形三个顶点上的点电荷，分别在

三个力的作用下处于平衡状态，这样只要研究一个顶点上的点电荷的受力情况就可求出$q'$的大小。

以$B$为座标原点 、$x$轴沿$BD$方向。由图5可知$q_B$在$\vec{F}_A$、$\vec{F}_C$和$\vec{F}_0$的作用下处于平衡状态，它们的大小分别为：




（习题5）

$$F_A=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q^2}{l^2}\cdots\cdots(1)$$

$$F_C=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q^2}{l^2}\cdots\cdots(2)$$

$$F_0=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q'q}{r^2}\cdots\cdots(3)$$

根据平衡条件，作用在每一个电荷上的合力等于零，那么$\vec{F}_A$、$\vec{F}_C$、$\vec{F}_0$在$x$轴和$y$轴上的分量的合必等于零即$\sum F_x=0$ $\sum F_y=0$。由图5可知：

$$\sum F_x=F_A cos(-\alpha)+F_C cos\alpha+F_0=0\cdots\cdots(4)$$

$$\sum F_y=F_A Sin(-\alpha)+F_C Sin\alpha=0\cdots\cdots\cdots\cdots(5)$$

因为$F_A=F_C$；$Cos\alpha=Cos(-\alpha)=\frac{\sqrt{3}}{2}$所以（4）式

$$F_0=-2F_A Co\alpha\cdots\cdots(6)$$

将（1）和（3）代入（6）式可得

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{qq'}{r^2}=-\frac{2}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q^2}{l^2}\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\frac{qq'}{\left(\frac{l}{\sqrt{3}}\right)^2}=-\frac{\sqrt{3}q^2}{l^2}$$

所以： $q' = -\frac{\sqrt{3}}{3}q$

由此可见，当$q' = -\frac{\sqrt{3}}{3}q$时 $B$点 的电荷 处于 平 衡 状态，根据同样的分析 $A$与$C$ 的电荷处于平衡状态的条件也是 $q' = -\frac{\sqrt{3}}{3}q$ 。

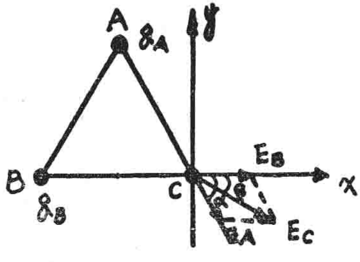
位于三角形中心的$q'$所受的三个其大小相等，而方向互交120°，如图5所示，所以$q'$所受到的三个力的合力为零，处于平衡状态。因此当$q' = -\frac{\sqrt{3}}{3}q$时，四个电荷都处于 平衡状态，每个电荷上的合力都等于零。

**电场强度**

6、在等边三角形$ABC$的顶点$A$和$B$上各放点电荷$q_A$ 、$q_B$，已知三角形边长 $L=0.10$米，$q_A = q_B = 8.0\times10^{-7}$ 库仑，求在另一顶点$C$处的电场强度。

〔解〕：根据场强的叠加原理可知$C$点的场强是$q_A$和$q_B$单独存在时在$C$点分别产生的场强的矢量和。所以点电荷$q_A$在$C$点的场强

$$E_A = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q_A}{L^2}\cdots\cdots(1)$$




（习题6）

总电荷$q_B$在$C$点的场强

$$E_B = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q_B}{l^2}\cdots\cdots(2)$$

根据已知条件，它们的量值相等 ，但方向不同 ，如图6 所示，所以在$C$处的场强是$\boldsymbol{E}_A$和$\boldsymbol{E}_B$的矢量和。

如图，以$C$为坐标原点建立平面直角坐标系。这样$E_B$与

$x$轴夹角为零，$E_A$与$x$轴夹角为$\alpha = -60°$，所以$E_A$和$E_B$在坐标上的分量和

$$E_x = \sum E_{ix} = E_B + E_A Cos(-\alpha) = 1.08 \times 10^6$$

$$E_y = \sum E_{iy} = -E_A Sin(-\alpha) = -6.14 \times 10^5$$

所以：$E_C = \sqrt{E_A{}^2 + E_B{}^2} = 1.25 \times 10^6$牛顿／库仑

而方向则由$E_C$与$x$轴的夹角β来确定，即

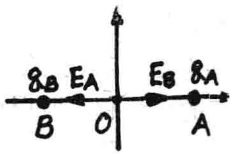
$$tg\beta = \frac{E_y}{E_x} = -0.5665$$

$$\beta = -30°$$

7、在直角坐标系中，两带电量为$10^{-8}$库仑的电荷分别位于$x = +10$厘米，$y = 0$、$x = -10$厘米，$y = 0$处，求下列各点的电场强度：（1）原点；（2）$x = 20$厘米、$y = 0$（3）$x = 10$厘米、$y = 15$厘米；（4）$x = 0$、$y = 10$厘米。

〔解〕：（1）求原点处的电场强度。

根据场强的叠加可知坐标原点的场强是$E_A$和$E_B$的矢量和，$q_A$和$q_B$在原点场强的大小分别为：



（习题7）

$$E_A = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_A}{x^2} \cdots\cdots(1)$$

$$E_B = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_B}{x^2} \cdots\cdots(2)$$

已知$q_A = q_B$，所以$E_A = E_B$，而方向相反。因此原点处的合场强为零。

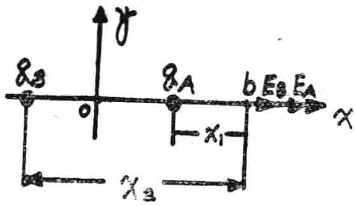
（2）求$b$($x = 20$厘米、$y = 0$)点的电场强度。

$b$点处的场强是$q_A$和$q_B$两个点电荷在$b$点处场强的矢量和。$q_A$和$q_B$在$b$点处场强的大小分别为：

$$E_A = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_A}{x_1^2} \cdots\cdots(1)$$

$$E_B = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_B}{x_2^2} \cdots\cdots(2)$$

方向相同都沿$x$轴的正向，如图7—2所示。所以$b$点处的合场强的大小为（1）、（2）式的代数和，即




（习题7—2）

$$E_b = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \left(\frac{q_A}{x_1^2} + \frac{q_B}{x_2^2}\right) = 9.0 \times 10^9 \times 10^{-8}$$

$$\left(\frac{1}{0.01} + \frac{1}{0.09}\right) = 10^4 \text{牛顿／库仑}$$

其方向沿$x$轴的正向。

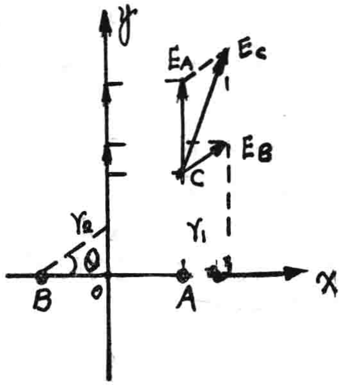
（3）求$C(x=10$厘米、$y=15$厘米$)$点的电场强度。

$C$点处的场强是$q_A$和$q_B$两个点电荷在核点的场强$E_A$和$E_B$的矢量和。$E_A$和$E_B$的大小：

$$E_A = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_A}{r_1^2} \cdots\cdots(1)$$

$$E_B = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_B}{r_2^2} \cdots\cdots(2)$$

其方向如图（7—3）所示，按正交合成与分解的方法可将$E_A$、$E_B$ 分别投影到$x$轴与$y$轴上。所以：




（习题7—3）

$$E_x = \sum E_{ix} = E_A Cos\frac{\pi}{2} + E_B Co\theta \cdots\cdots(3)$$

$$E_y = \sum E_{iy} = E_A + E_B Sin\theta \cdots\cdots 4)$$

由图可知：$Cos\theta=\dfrac{AB}{r_2}$，$Sin\theta=\dfrac{r_1}{r_2}$，所以将（1）、（2）式代入（3）、（4）式中

$$E_x=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q_B}{r_2{}^2}Cos\theta=9.0\times10^9$$

$$\cdot\frac{10^{-8}}{(0.15)^2+(0.20)^2}\cdot\frac{0.20}{\sqrt{(0.15)^2+(0.20)^2}}$$

$$=1120\text{牛顿／库仑}$$

$$E_y=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q_A}{r_1{}^2}+\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q_B}{r_2{}^2}Sin\theta$$

$$=9.0\times10^9\times10^8\left(\frac{1}{(0.15)^2}+\frac{1}{(0.15)^2+(0.20)^2}\right.$$

$$\left.\cdot\frac{0.20}{\sqrt{(0.15)^2+(0.20)^2}}\right)=4836\text{牛顿／库仑}$$

所以：$E_C=\sqrt{E_x{}^2+E_y{}^2}\approx5.0\times10^3$牛顿／库仑

其方向由$\vec{E}_C$与$x$轴的夹角确定，即

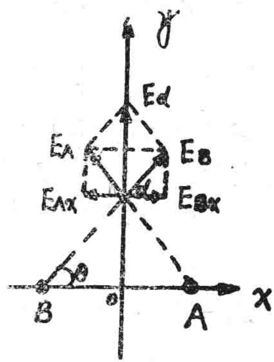
$$tg\alpha=\frac{E_y}{E_x}=4.318,\qquad \alpha=76°58'$$

（4）求$d$（$x=0$、$y=10$厘米）点处的电场强度。

$d$点的场强是$q_A$和$q_B$在$d$点处场强的矢量和，它们的大小分别为

$$E_A=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q_A}{r_1{}^2}\cdots\cdots(1)$$

$$E_B=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q_B}{r_2{}^2}\cdots\cdots(2)$$




（习题7—4）

因为$r_1=r_2$，所以$E_A$和$E_B$大小相等，但方向不同，按正交合成分解法，把二矢量分别投影到$x$轴和$y$轴上，由图（7—4）可知：二矢量在$x$轴上的分量是对称的，合场强为零，即$E_x=E_{Bx}+E_{Ax}=0$；在$y$轴上的分量大小相等，方向相同，所以

$$E_y=E_{Ay}+E_{By}=2E_A Sin\theta \cdots\cdots(2)$$

由图可知：$Sin\theta=\frac{Od}{Bd}=\frac{1}{\sqrt{2}}$，将（1）式代入（3）式中

$$E_y=\frac{\alpha}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q_A}{r_1{}^2}Sin\theta$$

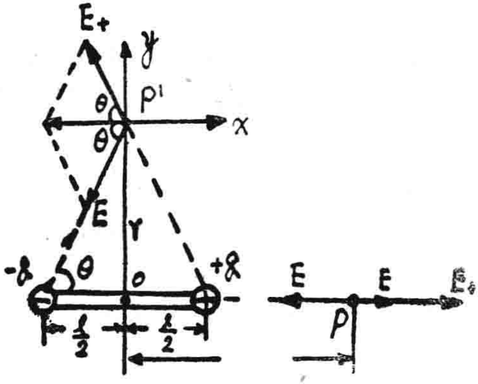
所以$d$点处的场强的大小

$$E_d=E_y=90\times10^9\times10^{-8}\times\frac{2}{0.1^2+0.1^2}\cdot\frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$=6.3\times10^3\text{牛顿／库仑}$$

其方向沿$y$轴的正向。

8、如图8所示，一对等量异号的电荷$\pm q$，其间的距离为$L$，求两电荷延长线上一点$P$和中垂面上一点$P'$的场强，$P$和$P'$到两电荷联线中点$O$的距离都是$r$。




（习题8）

〔解〕（1）求$P$点的场强：

$P$点到$\pm q$的距离分别为

$r\mp\dfrac{l}{2}$，所以$\pm q$在$P$点产生场强的大小分别为

$$E_+=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q}{\left(r-\frac{l}{2}\right)^2},$$

$$E_-=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q}{\left(r+\frac{l}{2}\right)^2},$$

其方向$E_+$向右，$E_-$向左，因而$P$点的合场强的大小为

$$E=E_+-E_-=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{1}{\left(r-\frac{l}{2}\right)^2}-\frac{1}{\left(r+\frac{l}{2}\right)^2}\right]$$

其方向向右。

（2）求$P'$点场强

$P'$点到$\pm q$的距离都是$\sqrt{r^2+\dfrac{l^2}{4}}$，它们在$P'$产生的场强大小相等：

$$E_+=E_-=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q}{r^2+\frac{l^2}{4}}$$

但方向不同（见图8）为了求二者的矢量和，可取直角坐标系，其$x$轴与$\pm q$的连线平行，方向向右，$y$轴沿它们的中垂线。将$E_+$和$E_-$分别投影到$x$、$y$方向后各自叠加，即可求出$P'$点场强的$x$、$y$两个分量$E_x$、$E_y$。根据对称条件可以看出，$E_+$、$E_-$的$x$分量大小相等，方向一致（都沿$x$轴的负向）：$y$分量大小相等，方向相反，所以

$$E_x=E_{+x}+E_{-x}=2E_{+x}=-2E_+\cos\theta$$

$$E_y=E_{+y}+E_{-y}=0$$

由图可知