第8章 静电场

一、电荷

1. 什么是电荷？ 电荷只有正电荷和负电荷两种。

电荷是物质的基本属性之一，表征物体感受电相互作用本领的大小。正如引力质量表征物体感受引力相互作用的本领的大小一样。

2. 电荷是量子化的

自然界中物体所带电量：

$$q = ne \begin{cases} e = 1.602\times10^{-19}\mathrm{C} \\ n = \pm1, \pm2, \pm3\ldots \end{cases}$$

1906-1917年，密立根用液滴法首次从实验上证明了微小粒子的带电量是不连续变化的。

q的取值不能连续变化，而只能取一些分立值，即是量子化的。

不过，在宏观电磁现象中电荷的不连续性体现不出来。

3. 电量是相对论不变量

电子加速到 $v = 0.9999999997\,c$

$$m = 4.0825\times10^{4}\,m_0$$

而电量 $q = e = 1.602\times10^{-19}\mathrm{C}$ **保持不变**

实验表明，一个电荷的电量与它的运动状态无关。

4. 电荷遵从电荷守恒定律（基本的守恒定律之一）

即：在和外界没有电荷交换的系统内，正负电荷的代数和在任何物理过程中保持不变。

本章主要研究静止的带电体之间的电相互作用，即主要研究静电场。

静电现象及应用的例子：

静电复印机的工作原理

静电除尘
静电植绒 **演示实验**
乒乓球
…

《奇妙的静电》
堤井信力[日]　著　　王旭　译
科学出版社 1998年

5. 点电荷 ———理想模型

问题：带电体之间的静电作用力怎么计算？

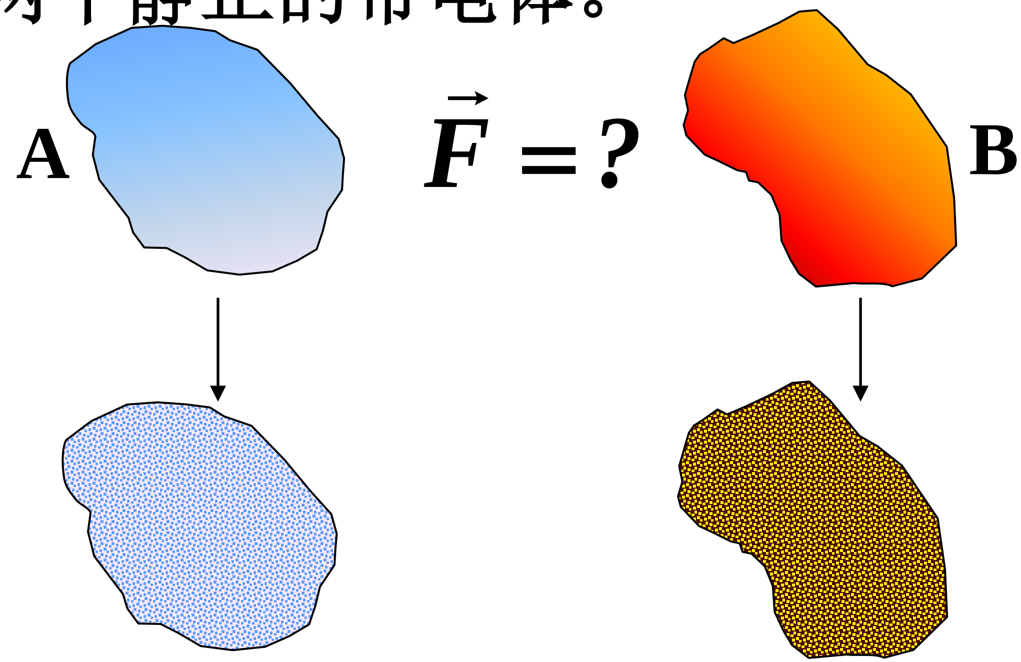
设A、B为两个静止的带电体。

相距足够远

(大小和形状的影响可忽略)

点电荷

(看成一个点，有电量)



点电荷系A　　**点电荷系B**

实际上，点电荷的体积不一定很小。只要带电体的大小和形状的影响可以忽略不计，均可当做点电荷处理。比如，当A和B相距足够远时，其大小和形状的影响可以忽略不计，就都可以视为点电荷。

二、库仑定律

1. 库仑定律（1785年，扭称实验）

真空中两个静止的点电荷q_1, q_2之间的相互作用力为：

$$\vec{F} = k\frac{q_1 q_2}{r^2}\vec{e}_r \qquad \boxed{\vec{F} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\vec{e}_r}$$

在国际单位制中：

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 8.988\times10^9\,\mathrm{Nm^2/C^2}$$

$$\varepsilon_0 = 8.85\times10^{-12}\,\mathrm{C^2/Nm^2}$$

(真空的介电常数)

单位矢量$\vec{e}_r$由施力者指向受力者。

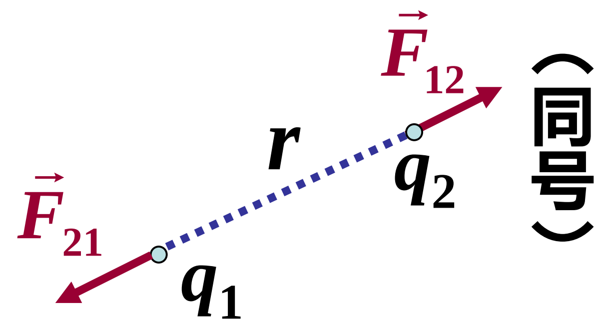
说明：

$$\boxed{\vec{F}=\frac{q_1q_2}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\vec{e}_r}$$

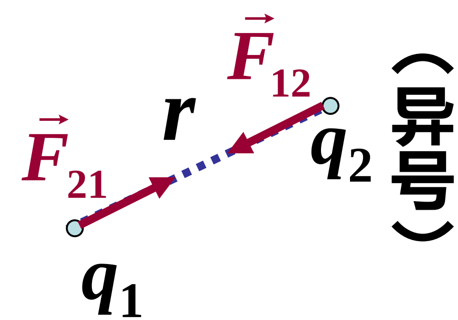
($\vec{e}_r$ 由施力者指向受力者)

1) 库仑定律是基本实验规律，在宏观、微观领域均适用。

2) 只适用于两个**静止的点电荷**



公式反映了q_1、q_2同号相斥，异号相吸的事实。



3) 遵从牛顿第三定律 $\vec{F}_{12}=-\vec{F}_{21}$

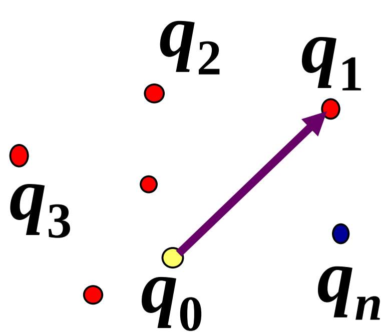
4) 若q_1、q_2在介质中，介电常数 $\varepsilon=\varepsilon_r\varepsilon_0$；

在空气中： $\varepsilon\approx\varepsilon_0$

2. 电场力叠加原理

实验证明：

多个点电荷存在时，任意一个点电荷受的静电力等于其它各个点电荷单独存在时对它的作用力的矢量和。



即：
$$\vec{F}=\vec{F}_1+\vec{F}_2+\vec{F}_3+\cdots+\vec{F}_n$$

$$\vec{F}=\sum_{i=1}^{n}\vec{F}_i$$

库仑定律

电场力叠加原理

静电荷相互作用的基本实验规律

三、库仑力是如何传递的-电场

$$\vec{F} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\vec{e}_r$$

库仑力

近代物理学证实：

电荷之间是通过电场来发生相互作用的。

每个电荷都在周围空间激发出电场，
所激发的电场对位于其中的其它电荷产生力的作用。

电场的基本性质：

1. 对放入其内的任何电荷都产生电场力的作用

2. 电场力可对移动电荷做功

——电场具有能量

3. 电场 $\begin{cases} \text{对导体，产生静电感应现象} \\ \text{对绝缘体(电介质)，产生极化现象} \end{cases}$

静电场：

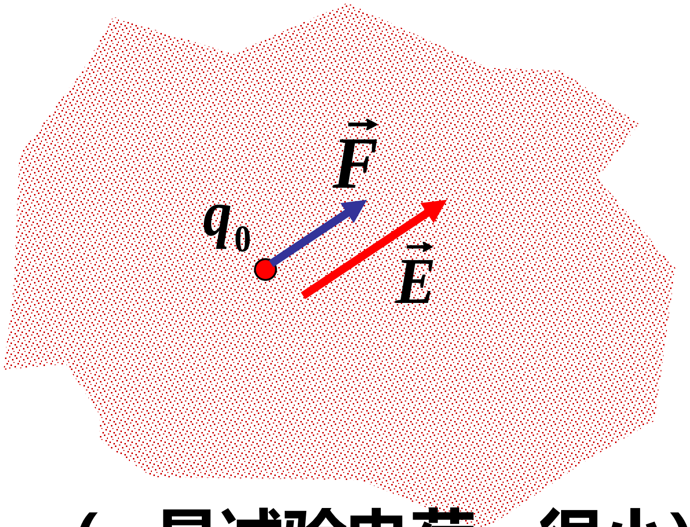
相对观察者静止的电荷激发的电场

——**是电磁场的一种特殊形式**

特点： 静电场与静电荷相伴而生。

如何定量地描述电场的物理性质呢?

四、电场强度矢量 $\vec{E}$



1. $\vec{E}$ 的定义：

$$\vec{E}=\frac{\vec{F}}{q_0}$$

(q_0是试验电荷，很小)

即：$\vec{E}$ $\begin{cases}\text{大小等于单位正电荷在该处受力的大小}\\ \text{方向沿单位正电荷在该处受力方向}\end{cases}$

单位：N/C (**牛顿/库仑**)　　或 V/m(**伏特/米**)

一般地:

电场空间不同点的场强大小方向都不同。

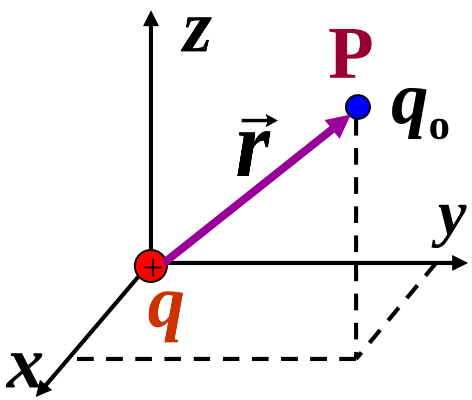
若场中各点的场强大小方向都相同→**均匀电场**

2. $\vec{E}$ 的计算

$\vec{E}$ 的定义：$\vec{E} = \dfrac{\vec{F}}{q_0}$

（1）点电荷的电场强度

求位于原点处的点电荷q的电场$\vec{E}$。



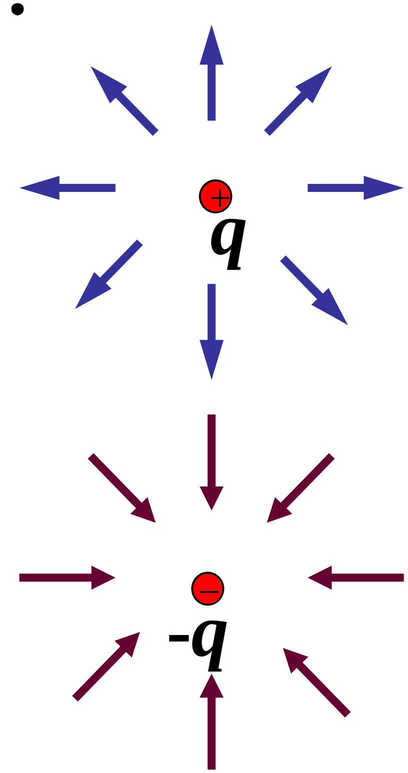
在任意点P放入一试验电荷q_o

根据库仑定律，q_o受力：

$$\vec{F} = \frac{qq_0}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\vec{e}_r$$

P点处的场强：

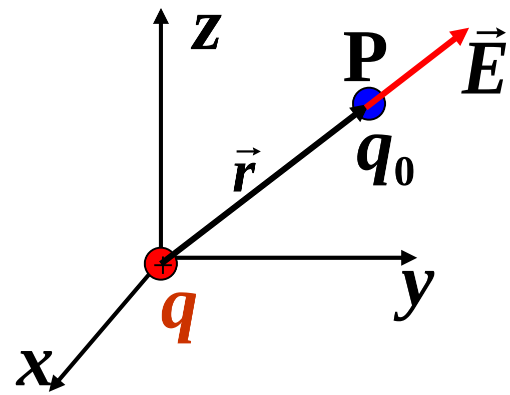
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\vec{e}_r$$



显然：

$\vec{E}$ 的方向，处处沿以 q 为中心的矢径方向（或反方向）。

P点处的场强：$\vec{E}=\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\vec{e}_r$

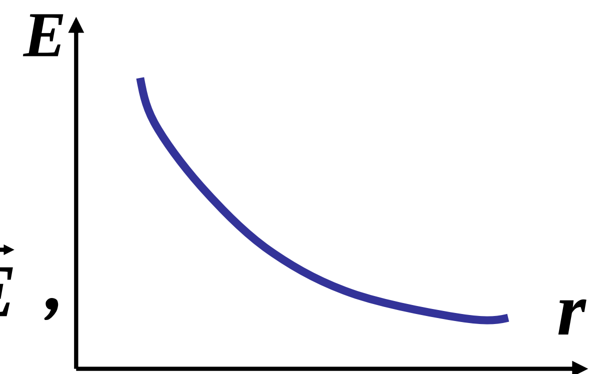


电场分布特点：

（*a*） $\vec{E}$的方向，处处沿以 q为中心的矢径方向（或反方向）。

（*b*） q一定时，$\vec{E}$的大小只与r 有关。在相同r的球面上$\vec{E}$大小相等。

（*c*） $E\propto\dfrac{1}{r^2}$ $\begin{cases} r\to\infty & E\to 0 \\ r\to 0 & E\to\infty \quad ? \end{cases}$



（*d*） 电场中每一点都对应有一个矢量$\vec{E}$，这些矢量的总体构成一个矢量场。

因此，在研究电场时，往往不仅仅是着眼于个别地方的场强，更多的是求电场关于空间坐标的矢量函数。

例：求点电荷系q_1、q_2、…q_n在空间任一点P处产生的电场强度。

$$\vec{E} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\vec{e}_r$$

解：在P点放一试验电荷q_0，由电场力叠加原理：

q_0受合力：$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \cdots + \vec{F}_n$

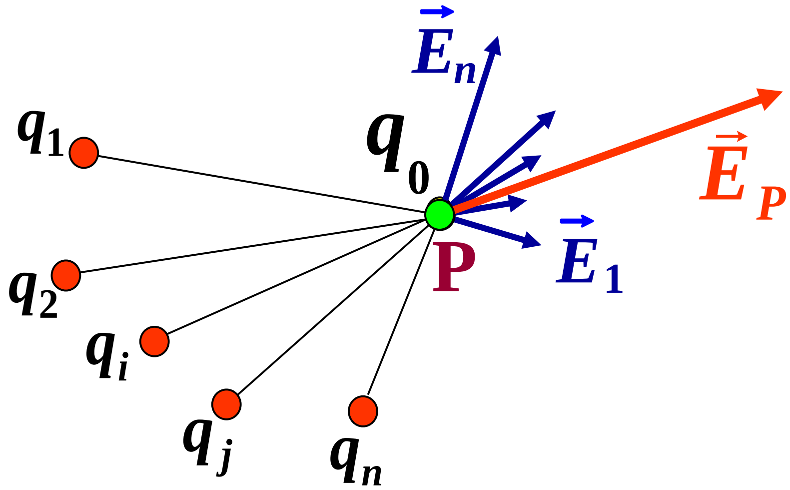
P点的电场：

$$\vec{E}_P = \frac{\vec{F}}{q_0} = \frac{\vec{F}_1 + \vec{F}_2 \cdots + \vec{F}_n}{q_0}$$

$$= \frac{\vec{F}_1}{q_0} + \frac{\vec{F}_2}{q_0} + \cdots \frac{\vec{F}_n}{q_0}$$

$$= \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \cdots + \vec{E}_n = \sum_{i=1}^{k} \vec{E}_i$$

$$= \sum_{i=1}^{k} \frac{q_i}{4\pi\varepsilon_0 r_i^2}\vec{e}_{r_i}$$



场强叠加原理

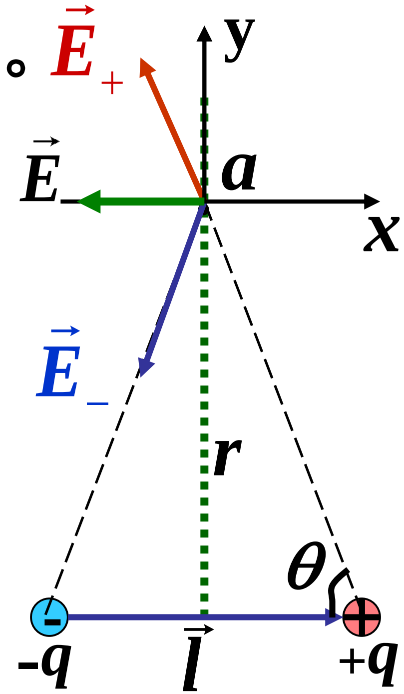
即：电场中一点的场强 = 各点电荷在该点各自产生的场强的矢量和

例：求电偶极子中垂线上任一点的电场强度。

电偶极子：两相隔一定距离的等量异号点电荷。

$\vec{l}$：表示负电荷到正电荷的矢量线段

$\vec{p}=q\vec{l}$ ——电偶极矩



解：a点的场强 $E_+=E_-=\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0\left(r^2+\dfrac{l^2}{4}\right)}$

以a为原点建坐标系：$E_y=0$

$$E=E_x=-2E_+\cos\theta \qquad \cos\theta=\frac{l/2}{\left(r^2+l^2/4\right)^{1/2}}$$

$$\boxed{\vec{E}=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\vec{e}_r}$$

$$\therefore E=-\frac{ql}{4\pi\varepsilon_0\left(r^2+l^2/4\right)^{3/2}}$$

若$r>>l$ $\Rightarrow$ $=-\dfrac{ql}{4\pi\varepsilon_0 r^3}$

即：$\vec{E}=-\dfrac{\vec{p}}{4\pi\varepsilon_0 r^3}$

$\vec{E}$由$\vec{p}$决定

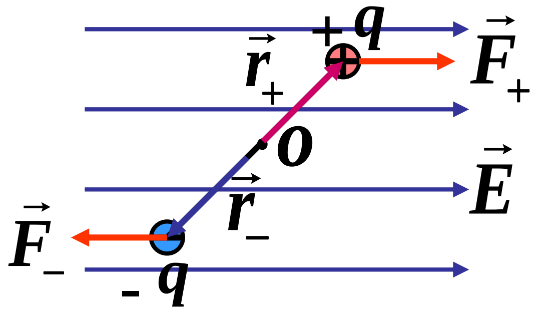
$\boxed{\vec{p}=q\vec{l}}$ 是描述电偶极子属性的物理量

E与r^3成反比，比点电荷电场衰减得快

例： 分析均匀电场 $\vec{E}$ 中电偶极子的受力。

设电偶极子的电荷带电量大小为q。

解： 受力
$$\left.\begin{aligned}\vec{F}_+ &= q\vec{E} \\ \vec{F}_- &= -q\vec{E}\end{aligned}\right\} \vec{F}_{合} = \vec{F}_+ + \vec{F}_- = 0$$



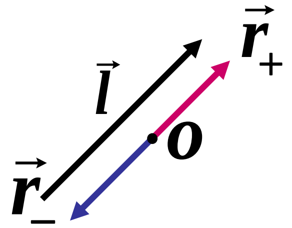
相对两电荷的连线中点o的力矩：

$$\vec{M} = \vec{r}_+ \times \vec{F}_+ + \vec{r}_- \times \vec{F}_-$$

$$= q\vec{r}_+ \times \vec{E} - q\vec{r}_- \times \vec{E}$$

$$= q(\vec{r}_+ - \vec{r}_-) \times \vec{E}$$

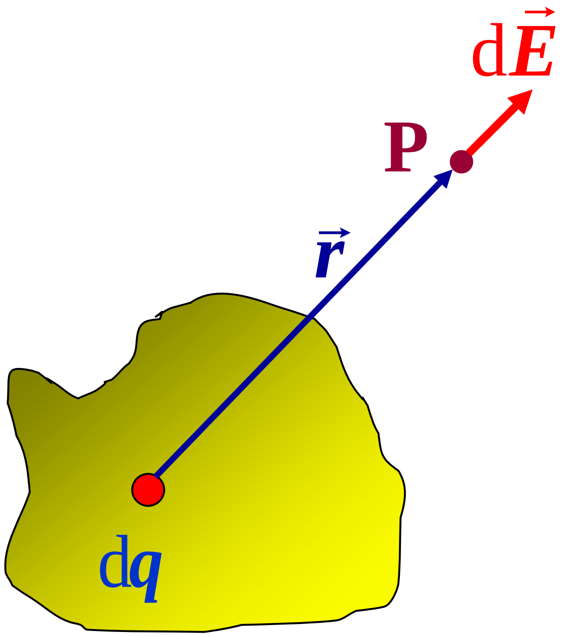
$$= q\vec{l} \times \vec{E}$$



即： $\vec{M} = \vec{p} \times \vec{E}$ **使电偶极子转向电场方向**

（2）任意带电体的电场 $\vec{E}$ 的计算

对电荷连续分布的带电体，可视为由许多电荷元 $\mathrm{d}q$ 组成。



$\mathrm{d}q$在任意点P处产生的电场为：

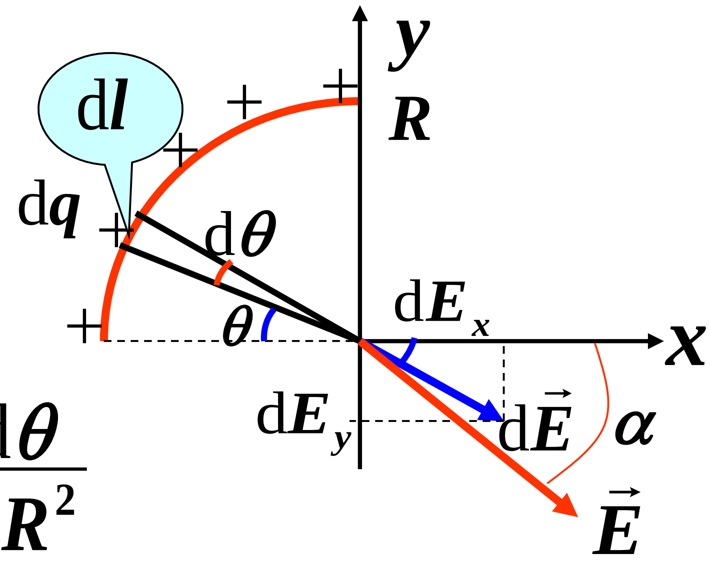
$$\mathrm{d}\vec{E} = \frac{\mathrm{d}q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\vec{e}_r$$

所有$\mathrm{d}q$ 在P点产生的电场：

$$\vec{E} = \int \mathrm{d}\vec{E} = \int \frac{\mathrm{d}q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\vec{e}_r$$

$$\vec{E} = \int \mathrm{d}\vec{E} \quad \begin{cases} E_x = \int \mathrm{d}E_x \\ E_y = \int \mathrm{d}E_y \\ E_z = \int \mathrm{d}E_z \end{cases} \qquad \begin{cases} \vec{E} = E_x\vec{i} + E_y\vec{j} + E_z\vec{k} \\ |\vec{E}| = \sqrt{E_x^2 + E_y^2 + E_z^2} \\ tg\alpha = \dfrac{E_y}{E_x} \end{cases}$$

例：半径为 R 的 1/4 圆弧上均匀带电，线电荷密度为λ，求圆心处的场强 。



解： 取dq 。 $\mathrm{d}q = \lambda \mathrm{d}l = \lambda R \mathrm{d}\theta$

$$\mathrm{d}E = \frac{\mathrm{d}q}{4\pi\varepsilon_0 R^2} = \frac{\lambda R \mathrm{d}\theta}{4\pi\varepsilon_0 R^2}$$

$$E \cancel{=} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{\lambda R \mathrm{d}\theta}{4\pi\varepsilon_0 R^2}$$

$$\vec{E} = E_x \vec{i} + E_y \vec{j}$$

$$E_x = \int \mathrm{d}E_x = \int \mathrm{d}E \cos\theta = \int_0^{\pi/2} \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0 R} \cos\theta \mathrm{d}\theta = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0 R}$$

$$E_y = \int \mathrm{d}E_y = \int -\mathrm{d}E \sin\theta = \int_0^{\pi/2} -\frac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0 R} \sin\theta \mathrm{d}\theta = -\frac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0 R}$$

$$\therefore \vec{E} = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0 R}\vec{i} - \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0 R}\vec{j}$$

或

$$\begin{cases} E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2} = \dfrac{\sqrt{2}\lambda}{4\pi\varepsilon_0 R} \\ tg\alpha = \dfrac{E_y}{E_x} = -1 \quad \alpha = -45^\circ \end{cases}$$

例：求均匀带电圆弧圆心处的场强，已知α、 *R*、λ。

解：**电荷元在圆心dq 产生的场强：**

$$\mathrm{d}E=\frac{\lambda R\mathrm{d}\theta}{4\pi\varepsilon_0 R^2}$$

由对称性： $\int \mathrm{d}E_x=0$

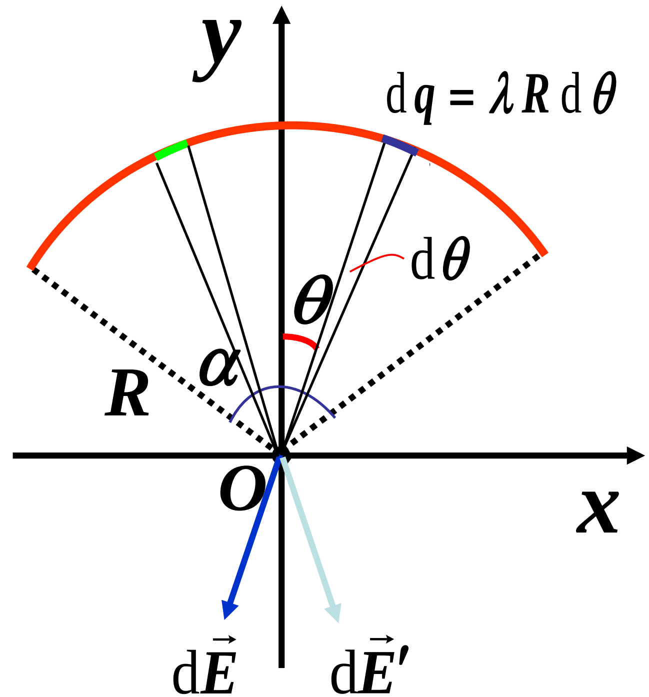
$$E=\int \mathrm{d}E_y=-\int\frac{\lambda R\mathrm{d}\theta}{4\pi\varepsilon_0 R^2}\cos\theta$$

$$=-2\int_0^{\frac{\alpha}{2}}\frac{\lambda R\cos\theta}{4\pi\varepsilon_0 R^2}\mathrm{d}\theta$$

$$=\frac{-\lambda}{2\pi\varepsilon_0 R}\sin\frac{\alpha}{2}=\frac{-\sqrt{2}\lambda}{4\pi\varepsilon_0 R}$$

场强沿y 轴负方向。

$\boxed{\alpha=90^\circ}$

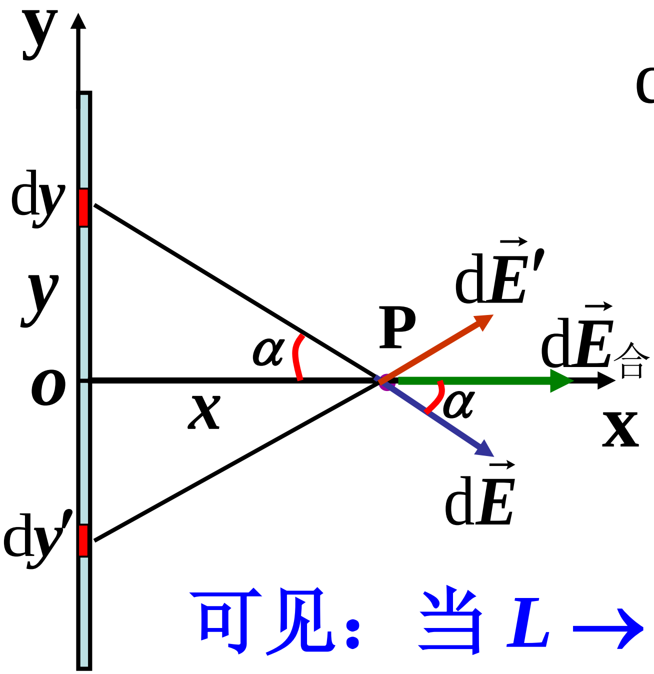


例： 求均匀带电细棒中垂面上的电场分布。

$$\vec{E}=\int\frac{\mathrm{d}q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\vec{e}_r$$

已知：棒长L，线电荷密度λ

解： 建坐标系，取线元$\mathrm{d}y$。关于o点对称取线元$\mathrm{d}y'$。



$$\mathrm{d}E=\frac{\lambda\mathrm{d}y}{4\pi\varepsilon_0(x^2+y^2)}$$

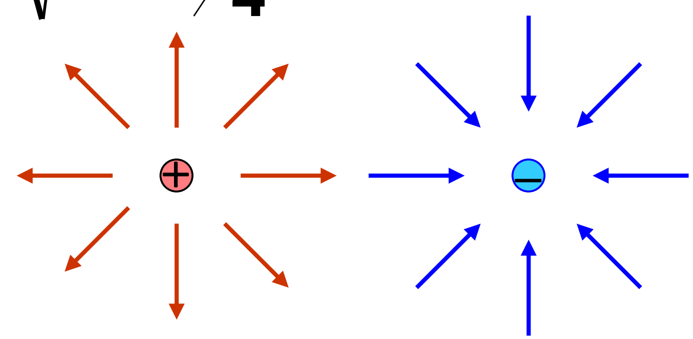
$$E=\int\mathrm{d}E_x=2\int\cos\alpha\,\mathrm{d}E$$

$$\cos\alpha=\frac{x}{\sqrt{x^2+y^2}}$$

积分得 $E=\dfrac{\lambda L}{4\pi\varepsilon_0 x\sqrt{x^2+L^2/4}}$　方向沿x轴

可见：当 $L\to\infty$ (或$L>>x$)时，

$$E=\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 x}\xrightarrow{x=r}\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}$$



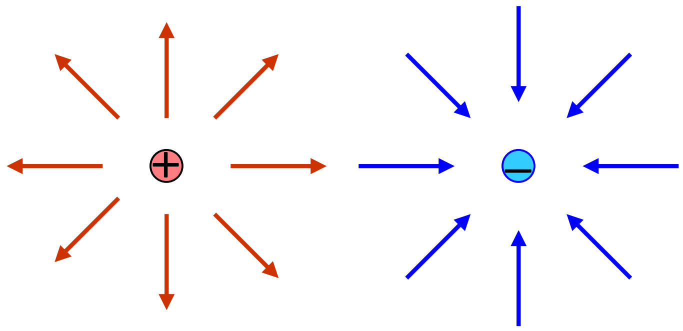
方向沿径向向外（或向内）

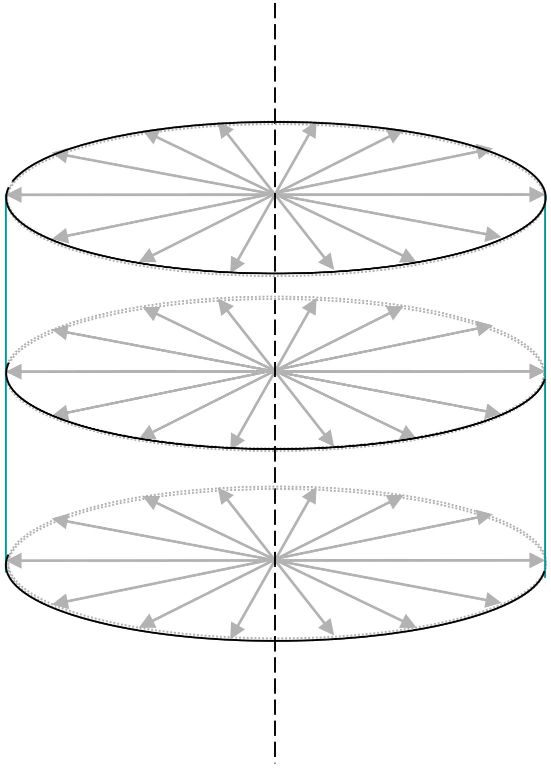
$$\vec{E}=\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}\vec{e}_r$$ **柱对称电场**

无限长均匀带电细直线的电场分布：$E=\dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}$

方向沿径向向外（或向内），

即为柱对称电场。





可写为：

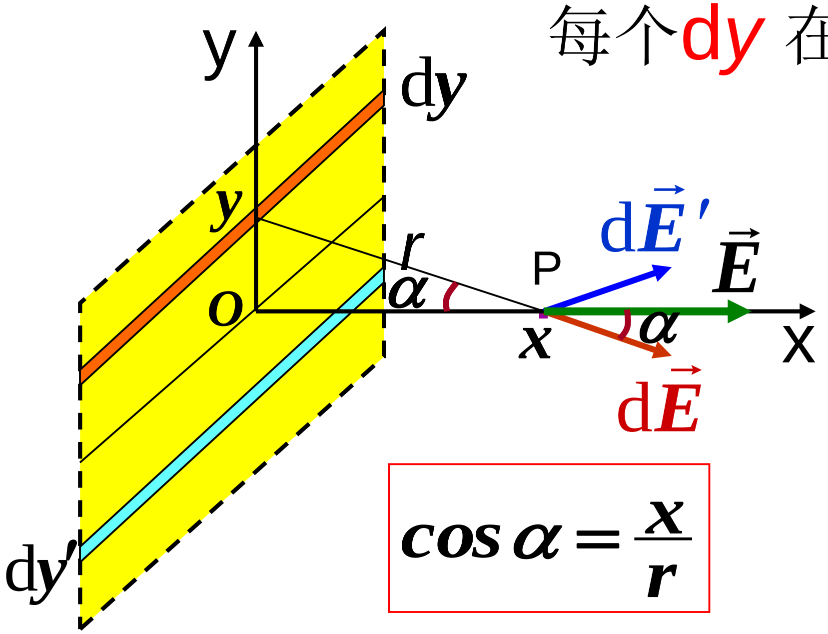
$$\vec{E}=\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}\vec{e}_r$$

例: 一无限大带电平面的面电荷密度为σ，求其电场分布。

解：平面可看成无数条宽为dy 的细线组成

$$\boxed{\vec{E}=\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}\vec{e}_r}$$

每个dy 在P点产生的场为:



$$\mathrm{d}E=\frac{\sigma\,\mathrm{d}y}{2\pi\varepsilon_0 r}$$

$$\lambda=\sigma\,\mathrm{d}y$$

由对称性:

$$E_y=\int\mathrm{d}E_y=0$$

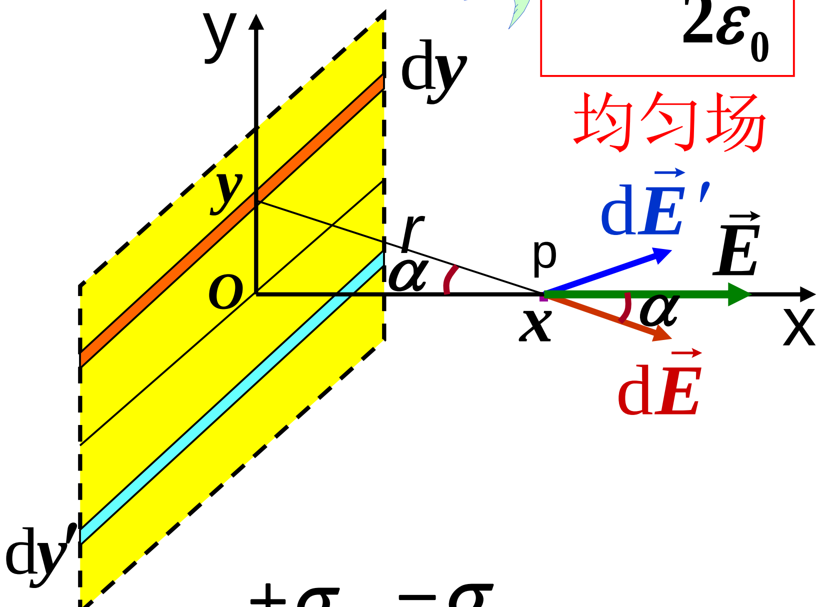
$$\boxed{\cos\alpha=\frac{x}{r}}$$

$$\therefore\ E=\int\mathrm{d}E_x=\int\mathrm{d}E\cos\alpha$$

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

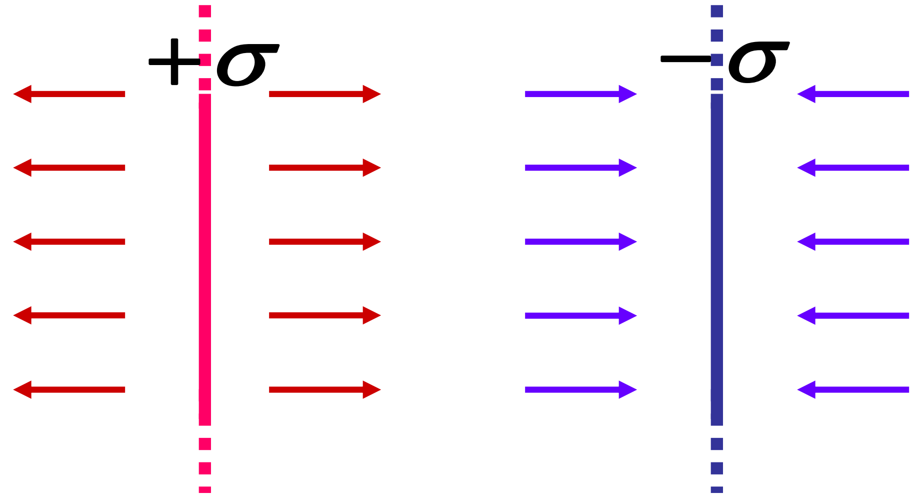
$$E=\int_{-\infty}^{+\infty}\frac{x\sigma\,\mathrm{d}y}{2\pi\varepsilon_0\left(x^2+y^2\right)}=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$ 方向与平面垂直

例: 一无限大带电平面的面电荷密度为σ，求其电场分布。

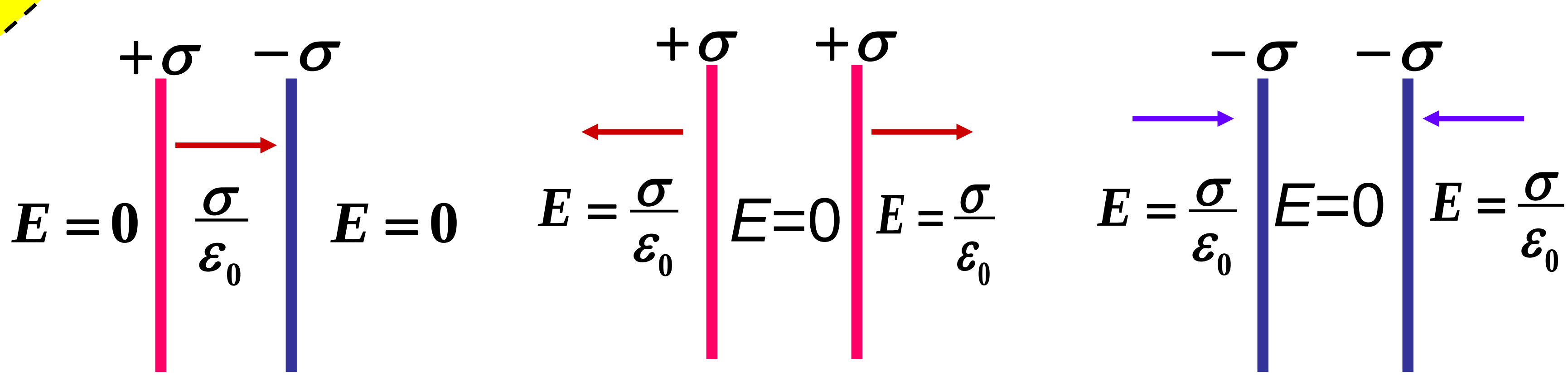


$$\boxed{E=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}}$$

均匀场



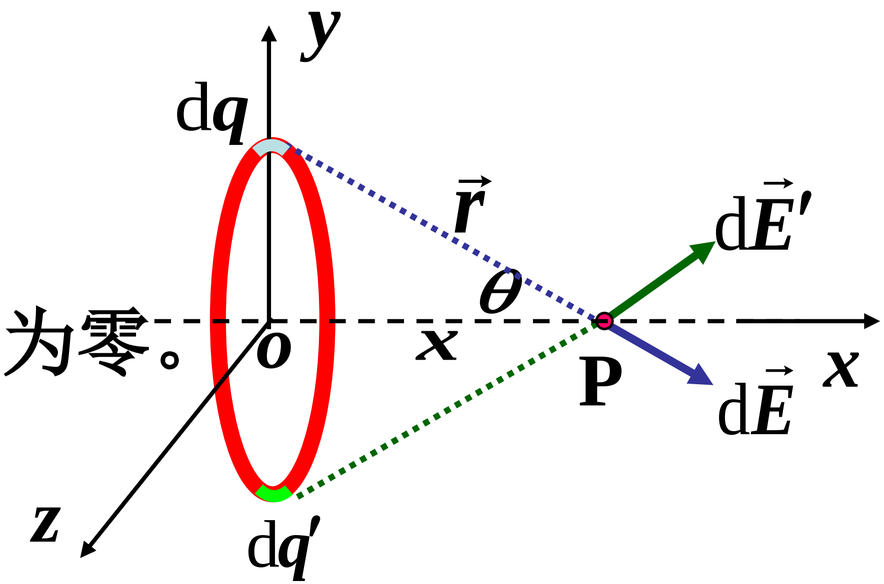
讨论：



例：求一均匀带电圆环轴线上的电场强度。

设圆环半径为R，带电量为Q。

解：在圆环上任取电荷元dq 。



$$\mathrm{d}\vec{E}=\frac{\mathrm{d}q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\vec{e}_r$$

由对称性知，垂直x 轴的场强为零。

$$\therefore E = E_x$$

$$\mathrm{d}E_x=\mathrm{d}E\cos\theta$$

$$E=E_x=\int\frac{\mathrm{d}q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\cos\theta=\frac{\cos\theta}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\int\mathrm{d}q=\frac{Q\cos\theta}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$$

$$\cos\theta=\frac{x}{r}\rightarrow E=\frac{xQ}{4\pi\varepsilon_0\left(x^2+R^2\right)^{3/2}}\xrightarrow{x>>R}E=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 x^2}$$

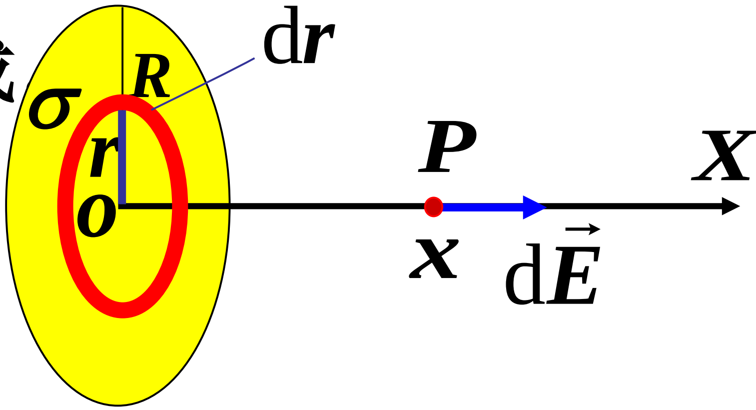
→点电荷

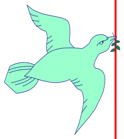
例: 半径为 R 的均匀带电圆盘的面电荷密度为 σ (>0)。求此圆盘轴线上任一点 p 的场强。

解: 圆盘可视为由许多小圆环组成

取半径为 r 宽为 $\mathrm{d}r$ 的圆环,

$$\mathrm{d}q=\sigma 2\pi r\mathrm{d}r$$





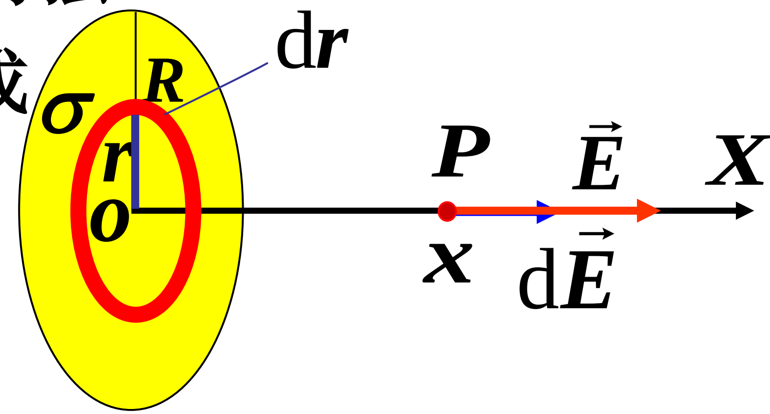
$$\boxed{E=\frac{xQ}{4\pi\varepsilon_0(x^2+r^2)^{3/2}}}$$

（半径为R的圆环轴线上）

$$E=\frac{xQ}{4\pi\varepsilon_0\left(x^2+R^2\right)^{3/2}}$$

例: 半径为 R 的均匀带电圆盘的面电荷密度为$\sigma(>0)$。求此圆盘轴线上任一点 p 的场强。

解: 圆盘可视为由许多小圆环组成



取半径为r宽为dr的圆环,

$$dq=\sigma 2\pi r dr$$

代替右式中的Q 得:

$$E=\frac{xQ}{4\pi\varepsilon_0(x^2+r^2)^{3/2}}$$

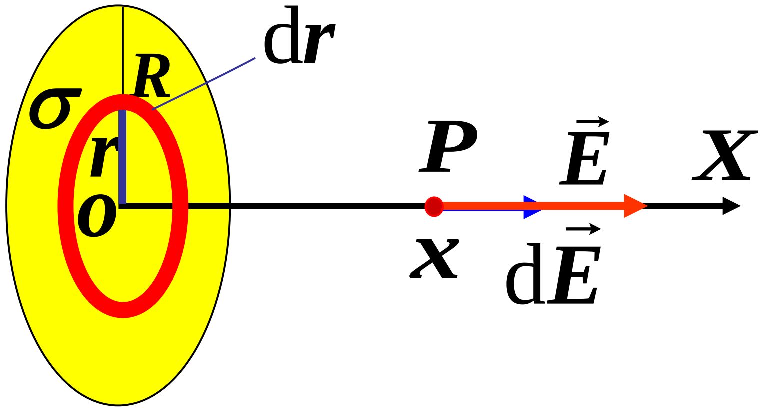
$$dE=\frac{x\cdot\sigma 2\pi r dr}{4\pi\varepsilon_0(x^2+r^2)^{3/2}}$$

$$E=\int dE=\int_0^R\frac{\sigma x r dr}{2\varepsilon_0(x^2+r^2)^{3/2}}=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\left(1-\frac{x}{\sqrt{x^2+R^2}}\right)$$

场强方向：沿 x 轴正方向。

$$\boxed{E=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\left(1-\frac{x}{\sqrt{x^2+R^2}}\right)}$$

讨论:



(1) $R\to\infty$ 无限大带电平面

$$E=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$

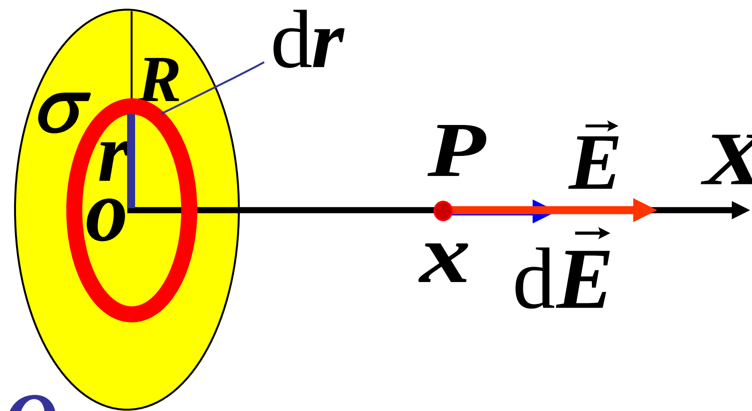
(2) $x\to 0,\ E=\dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

(3) $x>>R$时，$E=\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 x^2}$

$$E=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\left(1-\frac{x}{\sqrt{x^2+R^2}}\right)=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\left[1-\left(1+\frac{R^2}{x^2}\right)^{-1/2}\right]$$

$$\approx\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\left[1-\left(1-\frac{1}{2}\frac{R^2}{x^2}\right)\right]=\frac{\sigma R^2}{4\varepsilon_0 x^2}=\frac{R^2}{4\varepsilon_0 x^2}\cdot\frac{q}{\pi R^2}=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 x^2}$$

$$\boxed{E=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\left(1-\frac{x}{\sqrt{x^2+R^2}}\right)}$$ （均匀带电圆盘）



$$\boxed{E=\frac{xQ}{4\pi\varepsilon_0\left(x^2+R^2\right)^{3/2}}}$$

（均匀带电圆环）

$x>>R$

$$E=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 x^2}$$

(3) $x>>R$时，$E=\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 x^2}$

$$E=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\left(1-\frac{x}{\sqrt{x^2+R^2}}\right)=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\left[1-\left(1+\frac{R^2}{x^2}\right)^{-1/2}\right]$$

$$\approx\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\left[1-\left(1-\frac{1}{2}\frac{R^2}{x^2}\right)\right]=\frac{\sigma R^2}{4\varepsilon_0 x^2}=\frac{R^2}{4\varepsilon_0 x^2}\cdot\frac{q}{\pi R^2}=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 x^2}$$

$$\boxed{E=\frac{xQ}{4\pi\varepsilon_0\left(x^2+R^2\right)^{3/2}}}\xrightarrow{x>>R}E=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 x^2}$$

（均匀带电圆环）

（相当于）

$$\boxed{\lim_{R\to 0}E=\lim_{R\to 0}\frac{xQ}{4\pi\varepsilon_0\left(x^2+R^2\right)^{3/2}}}$$

$$\boxed{E=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\left(1-\frac{x}{\sqrt{x^2+R^2}}\right)}$$ （均匀带电圆盘）

$$\lim_{R\to 0}E=\lim_{R\to 0}\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\left(1-\frac{x}{\sqrt{x^2+R^2}}\right)=\lim_{R\to 0}\frac{q}{2\varepsilon_0\pi R^2}\left(1-\frac{x}{\sqrt{x^2+R^2}}\right)$$

而不是 $\lim_{R\to 0}E=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\lim_{R\to 0}\left(1-\frac{x}{\sqrt{x^2+R^2}}\right)$

$$\boxed{E=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\left(1-\frac{x}{\sqrt{x^2+R^2}}\right)}$$ （均匀带电圆盘）

$$\lim_{R\to 0}E=\lim_{R\to 0}\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\left(1-\frac{x}{\sqrt{x^2+R^2}}\right)=\lim_{R\to 0}\frac{q}{2\varepsilon_0\pi R^2}\left(1-\frac{x}{\sqrt{x^2+R^2}}\right)$$

$$=\frac{q}{2\varepsilon_0\pi}\lim_{R\to 0}\frac{1}{R^2}\left(1-\frac{x}{\sqrt{x^2+R^2}}\right)$$

$$\lim_{R\to 0}\frac{1}{R^2}\left(1-\frac{x}{\sqrt{x^2+R^2}}\right)=\lim_{R\to 0}\left(\frac{1}{R^2}-\frac{x}{R^2\sqrt{x^2+R^2}}\right)$$

$$=\lim_{R\to 0}\left(\frac{\sqrt{x^2+R^2}-x}{R^2\sqrt{x^2+R^2}}\cdot\frac{\sqrt{x^2+R^2}+x}{\sqrt{x^2+R^2}+x}\right)=\frac{1}{2x^2}$$

作业： **6 —T1、T2、T3、T4**

本次课重点：

1.库仑定律和场的概念

2.点电荷的电场，场强叠加原理

3.简单形状带电体的电场计算