

## 5.5 静电场中的导体

**导体：**

存在大量可自由移动的电荷，导电能力极强的物体。

**绝缘体（电介质）：**

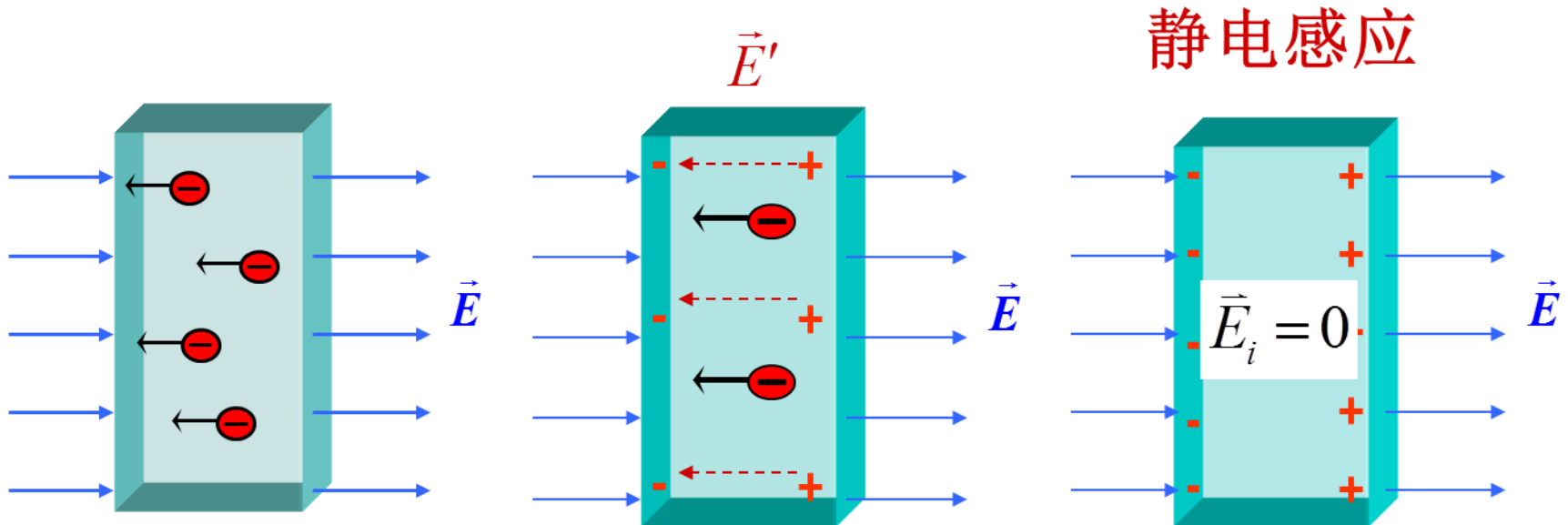
导电能力极弱或不能导电的物体。

**半导体：**

导电能力介于上述两者之间的物体。

## 5.5 静电场中的导体

**静电感应：** 在外电场作用下, 引起导体中电荷重新分布而呈现出的带电现象.



$$\vec{E}_i = \vec{E} + \vec{E}'$$

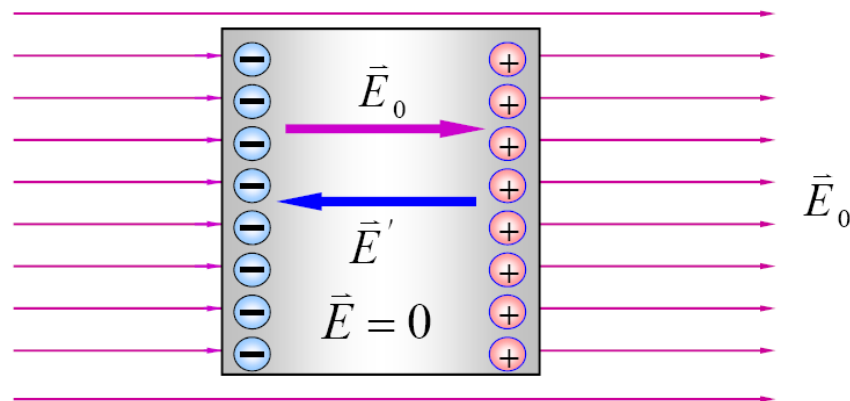
$$\vec{F} = q\vec{E}_i = -e\vec{E}_i$$

## 5.5.1 静电平衡

感应电荷建立附加电场，方向与外电场相反。

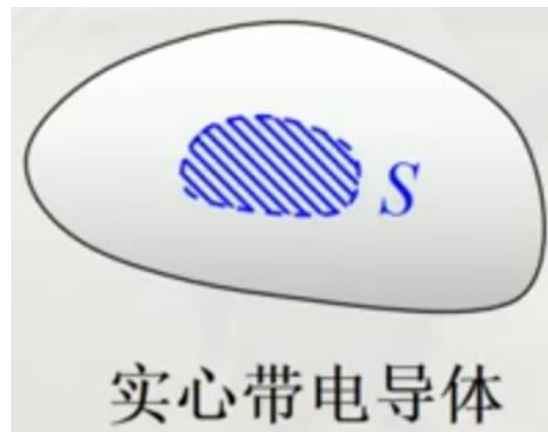
### 静电平衡：

导体内部总场强为零。导体内部和表面没有电荷定向运动。

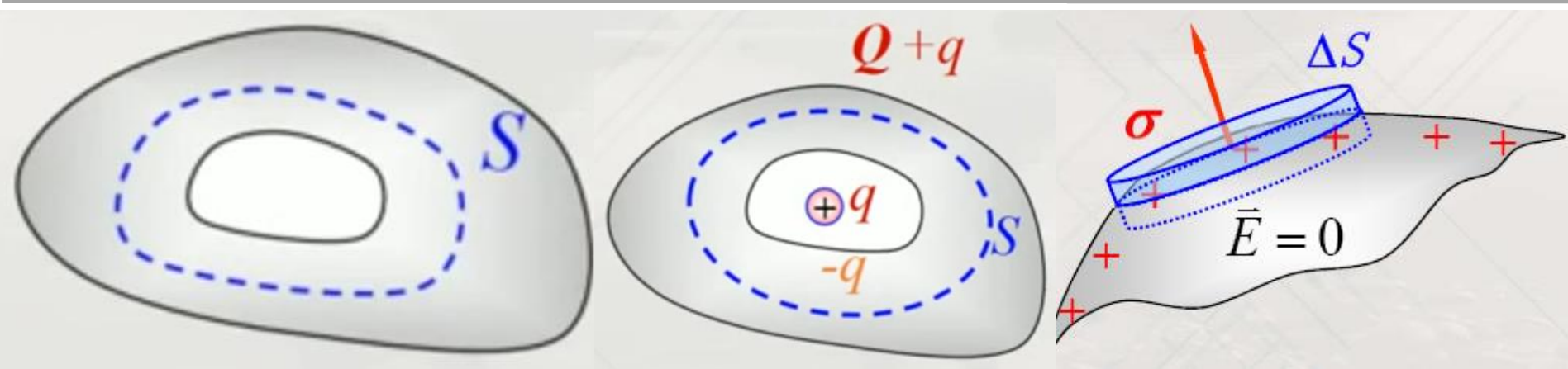


### 静电平衡下导体性质：

- (1) 导体为等势体，表面为等势面。（电势变化则有电场）
- (2) 导体表面场强垂直于导体表面。
- (3) 导体内部没有净电荷分布，只分布在导体表面。（内部场强为零，无源）



## 5.5.1 静电平衡



(4) 处于静电平衡的导体，**无限趋近于**导体表面处的场强：

$$\oiint \vec{E} \cdot d\vec{s} = E\Delta s = \sigma\Delta S/\epsilon_0$$

高斯面的下底面和侧面通量是0，上表面的通量不为零。

**总场强**大小：  $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$     **外电场**--> 感应电荷-->**感应电场**

**总电场=外电场+感应电场**

## 5.5.2 静电平衡导体性质

(5) 静电平衡时，导体电荷分布与曲率半径有关。

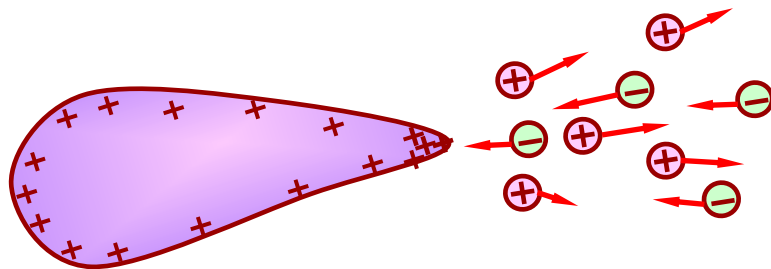
$$\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r} \quad \frac{Q}{R} = \frac{q}{r}$$

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{Q/R^2}{q/r^2} = \frac{r}{R}$$

**尖端放电：**

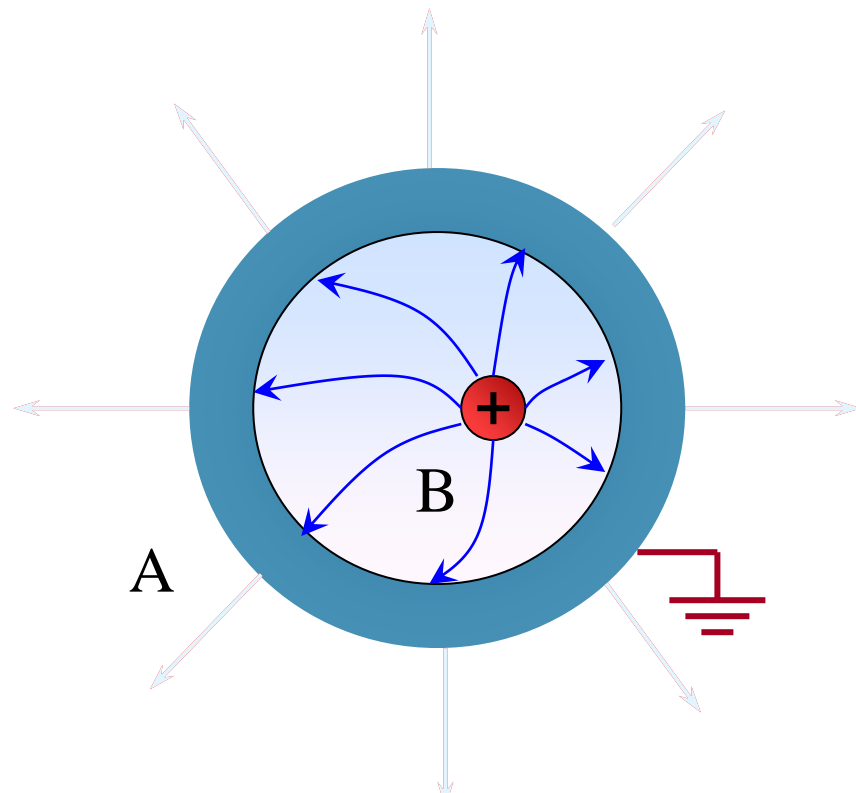
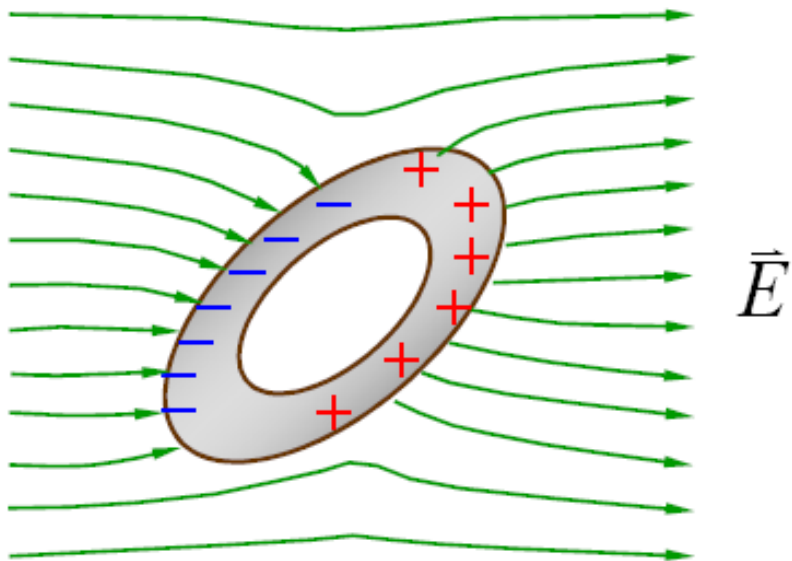
尖端处的曲率大，电荷密度大，场强大。

应用：避雷针，高压电极要做成球状。



## 5.5.3 静电屏蔽

- 1. 屏蔽外电场：空腔导体。** 当导体内部总电场强度为零。  
外面的带电体不会影响空腔内部的电场分布。
- 2. 屏蔽内电场：接地的空腔导体。** 空腔内的带电体对空腔外的物体不产生影响。



## 5.5.3 静电屏蔽

### 有导体存在时静电场的计算

1. 静电平衡的条件  $\mathbf{E}_{\text{内}} = \mathbf{0}$   $U = \text{常量}$

2. 基本性质方程

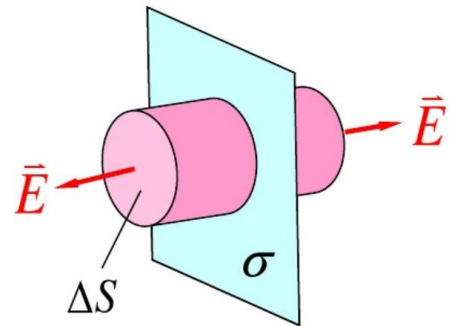
$$\left\{ \begin{array}{l} \oint_S \vec{E} \cdot d\vec{s} = \frac{1}{\epsilon_0} \sum_i q_i \\ \oint_L \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0 \end{array} \right. \quad V_a = \overset{\text{参考点}}{\int_a} \vec{E} \cdot d\vec{r}$$

3. 电荷守恒定律  $\sum_i q_i = \text{常量}$

**例题：**两块放置很近的大导体板A和B，面积均为 $S$ ，带电量分别为 $Q_A$ ， $Q_B$ 。求两板表面的电荷密度。

无限大带电板周围的场强：

$$2E\Delta S = \frac{\sigma\Delta S}{\epsilon_0} \quad E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$



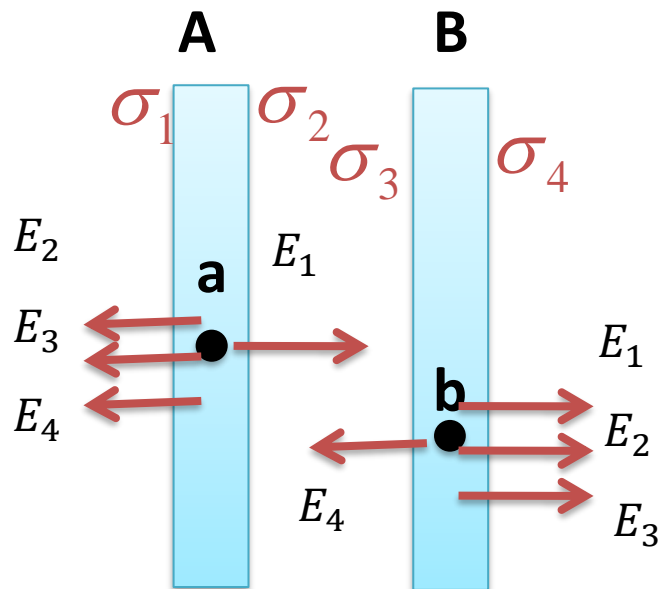
电荷守恒：

$$\sigma_1 S + \sigma_2 S = Q_A$$

$$\sigma_3 S + \sigma_4 S = Q_B$$

静电平衡，可知导体内部电场：0

$$\begin{cases} E_{\text{内}a} = \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_3}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_4}{2\epsilon_0} = 0 \\ E_{\text{内}b} = \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma_3}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_4}{2\epsilon_0} = 0 \end{cases}$$





两块放置很近的大导体板A和B, 面积均为 $S$ , 分别带电量 $Q_A, Q_B$ . 求两板表面的电荷密度。

$$\sigma_1 = \sigma_4 = \frac{Q_A + Q_B}{2S}$$

$$\sigma_2 = -\sigma_3 = \frac{Q_A - Q_B}{2S}$$

讨论:

(1)  $Q_A = -Q_B$

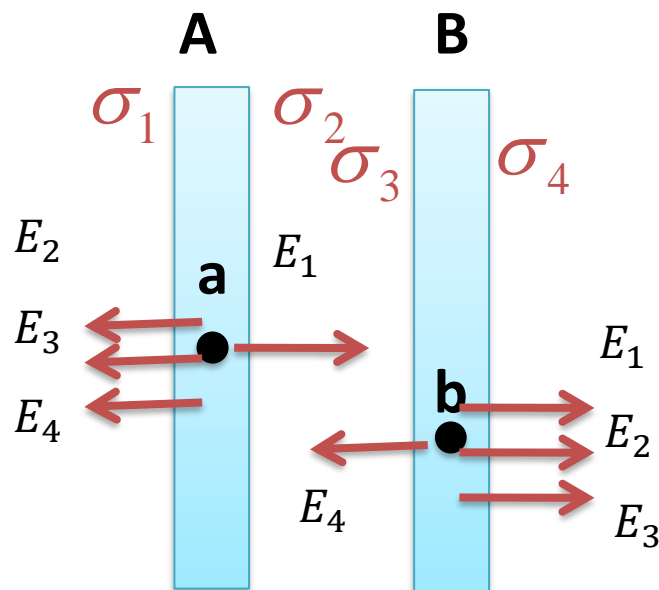
$$\sigma_1 = \sigma_4 = 0, \sigma_2 = -\sigma_3 = \frac{Q_A}{S}$$

(2)  $Q_A = Q_B$

$$\sigma_1 = \sigma_4 = \frac{Q_A}{S}, \sigma_2 = -\sigma_3 = 0$$

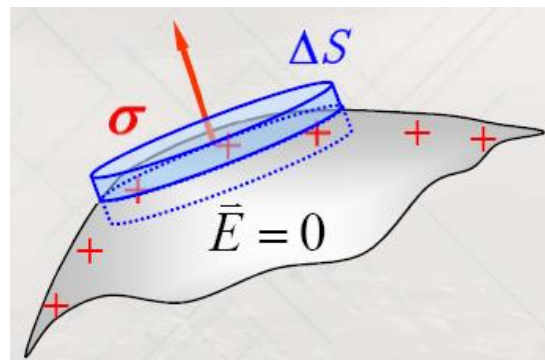
(3)  $Q_A \neq 0, Q_B = 0$

$$\sigma_1 = \sigma_4 = \frac{Q_A}{2S}, \sigma_2 = -\sigma_3 = \frac{Q_A}{2S}$$



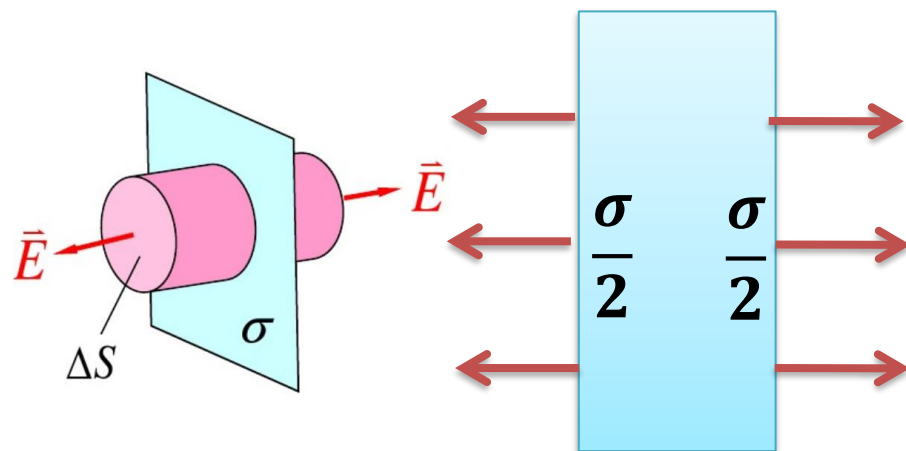
静电平衡时，**导体周围的场强**：

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



无限大**带电板周围**的场强：

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



**无限大带电板**的电荷密度，实际是两个金属面的总电荷面密度。

**单个面的电荷面密度**是总电荷面密度的一半。

## 5.5作业

---

5.47 5.48