

静电场中的导体和电介质

引言:

电场强度

电势

真空中静电场的规律

导电能力

导体 → 超导体

半导体

绝缘体（电介质）



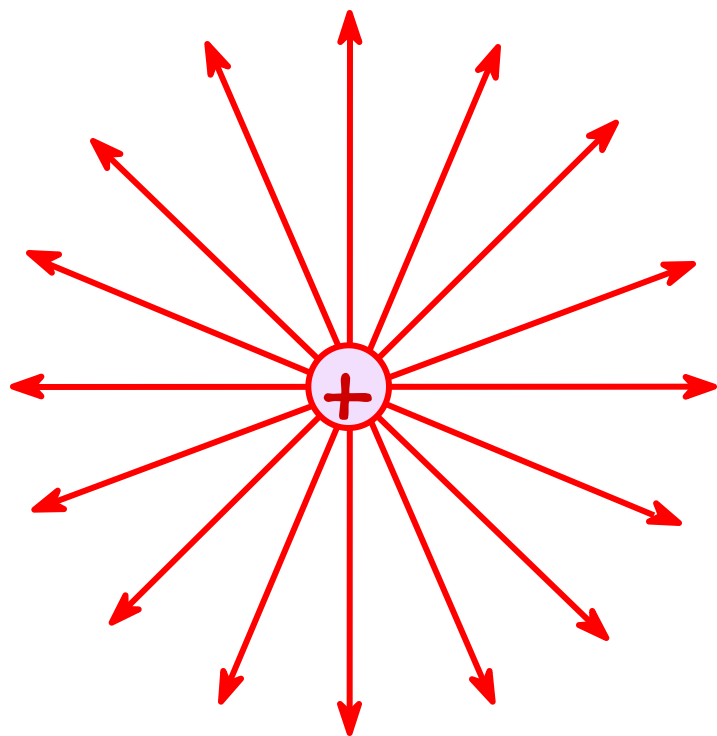
本章具体内容：

- (1) 导体和电介质在静电场中引起物理现象
- (2) 这些现象对原电场的影响
- (3) 有导体和电介质存在时，静电场的计算

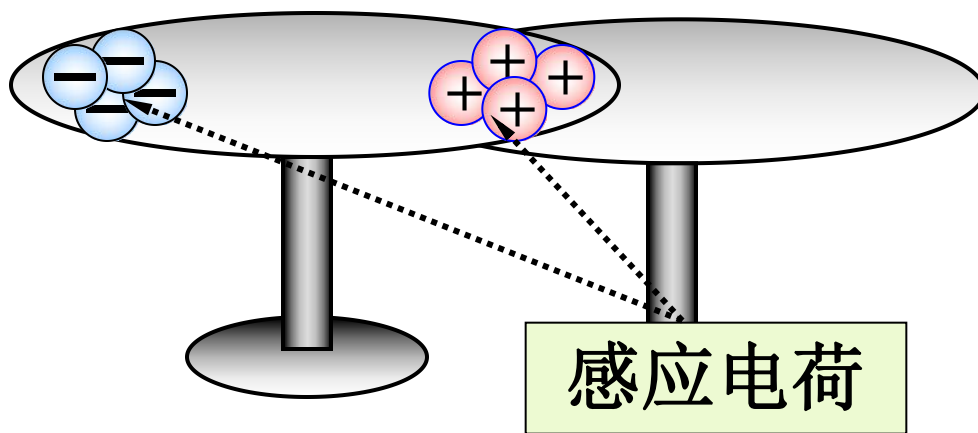


静电场中的导体和电介质

一、静电场中放入导体 引起的现象——静电感应



外电场作用下，导体上的电荷重新分布的现象



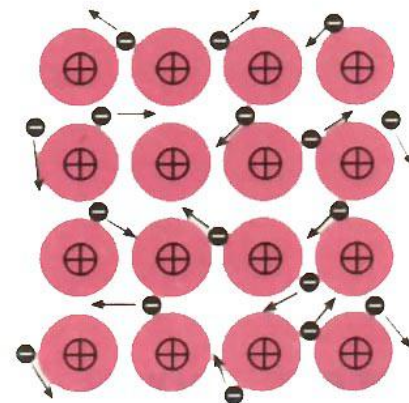
静电场中的导体和电介质

讨论

关于静电感应

1. 现象产生的机制

导体的电结构特征：
内部有大量可以自由移动的电荷



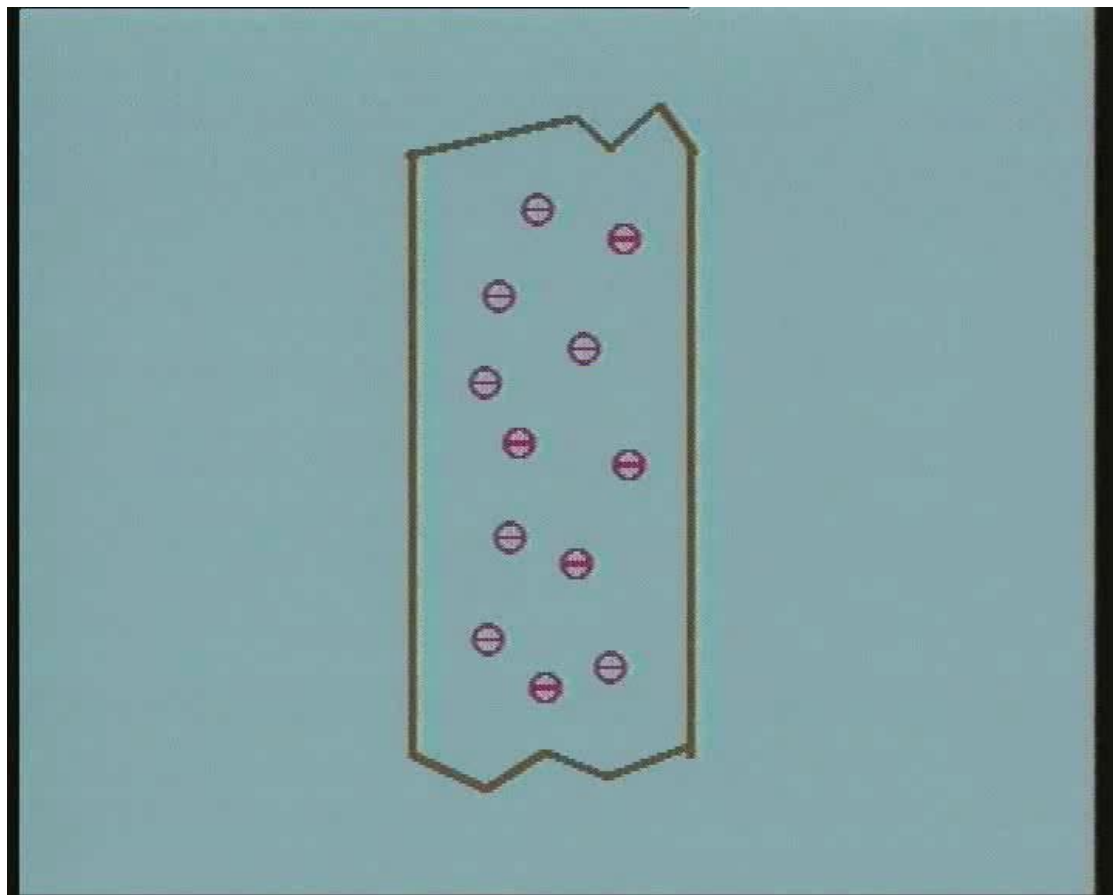
带正电的晶体点阵 + 大量自由电子



静电场中的导体和电介质

2. 静电感应的结果

$$\vec{E} = 0$$

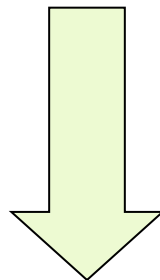


静电场中的导体和电介质

二、静电平衡

导体内部和表面都没有电荷定向移动的状态

静电平衡的条件



- (1) 导体内部任何一点处的电场强度为零；
- (2) 导体表面处的电场强度的方向, 都与导体表面垂直.

判断：导体静电平衡时，它一定是等势体



静电场中的导体和电介质

静电平衡的条件

- (1) 导体内部任何一点处的电场强度为零;
- (2) 导体表面处的电场强度的方向, 都与导体表面垂直.

导体是等势体

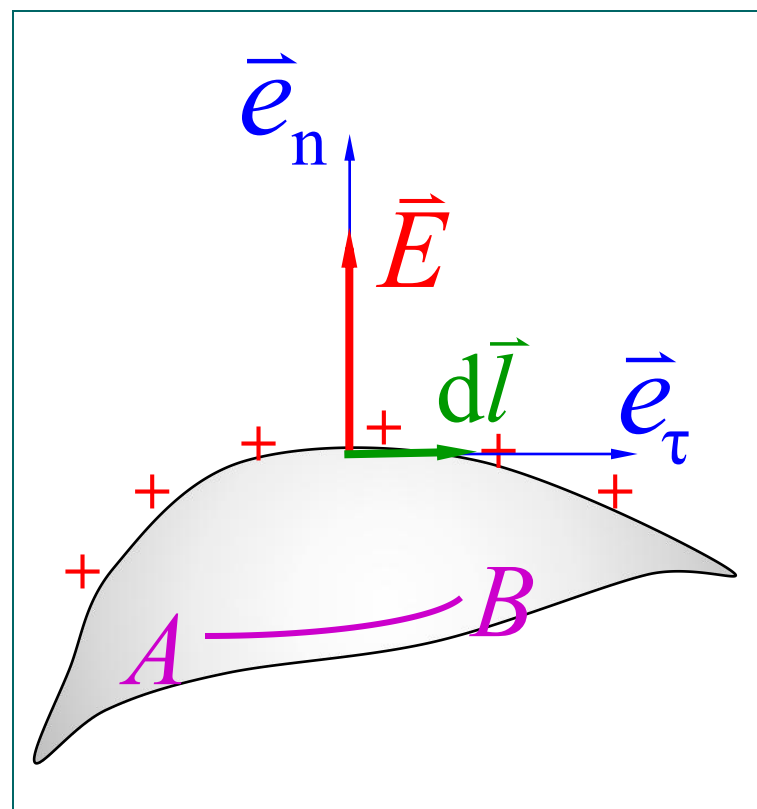
➤ 导体内部电势相等

$$U_{AB} = \int_{AB} \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0$$

➤ 导体表面是等势面

$$\because \vec{E} \perp d\vec{l}$$

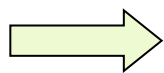
$$\therefore U = \int \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0$$



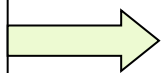
静电场中的导体和电介质

◆ Note

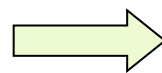
导体放入电场



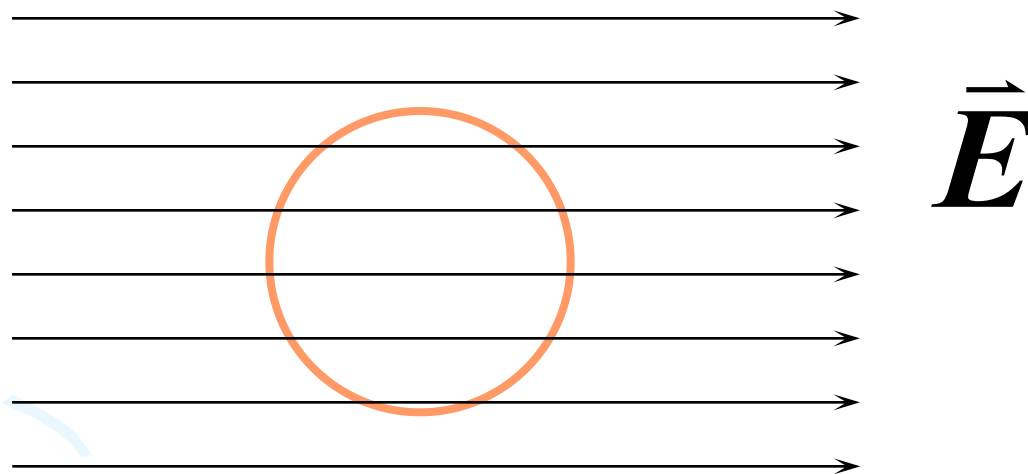
电荷重新分布



电场重新分布



静电平衡

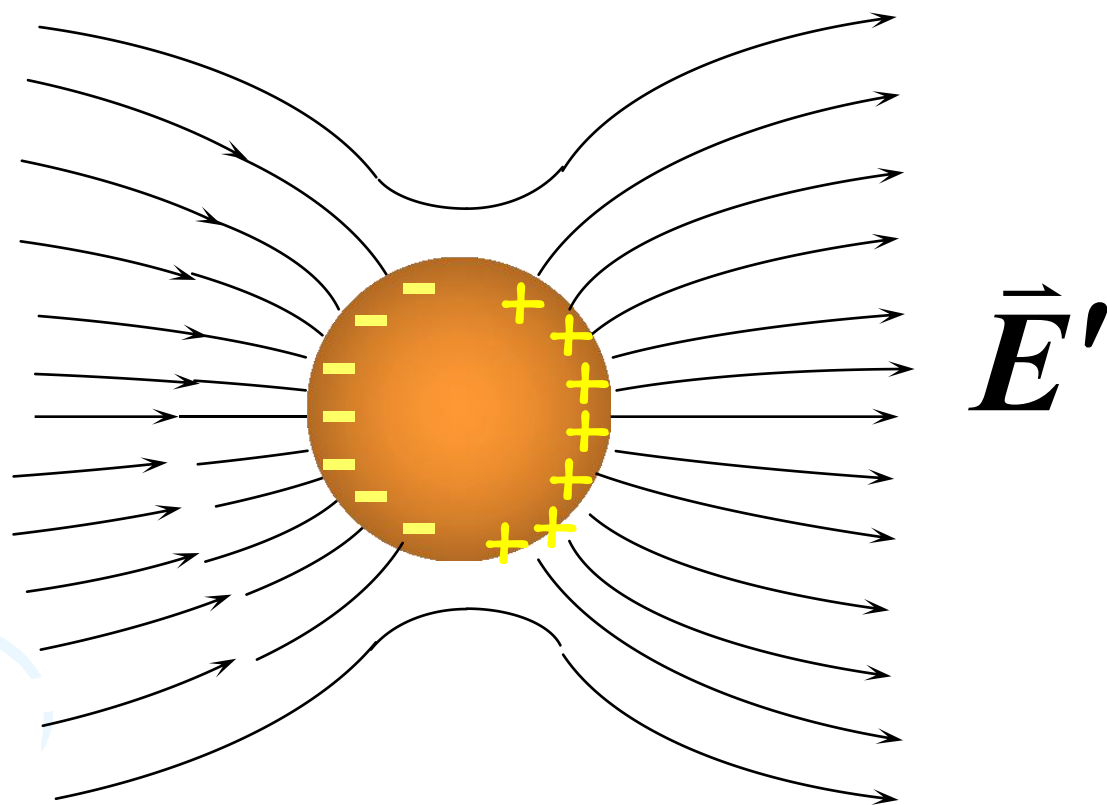


金属球放入一均匀电场



静电场中的导体和电介质

金属球放入后电力线发生弯曲
电场为一非均匀场



静电场中的导体和电介质

三 静电平衡时导体上电荷的分布规律

1. 导体内部各处净电荷为零，

电荷只分布在导体的表面上。

2. 导体表面附近场强正比于面电荷密度

3. 曲率越大的地方，面电荷密度也越大。

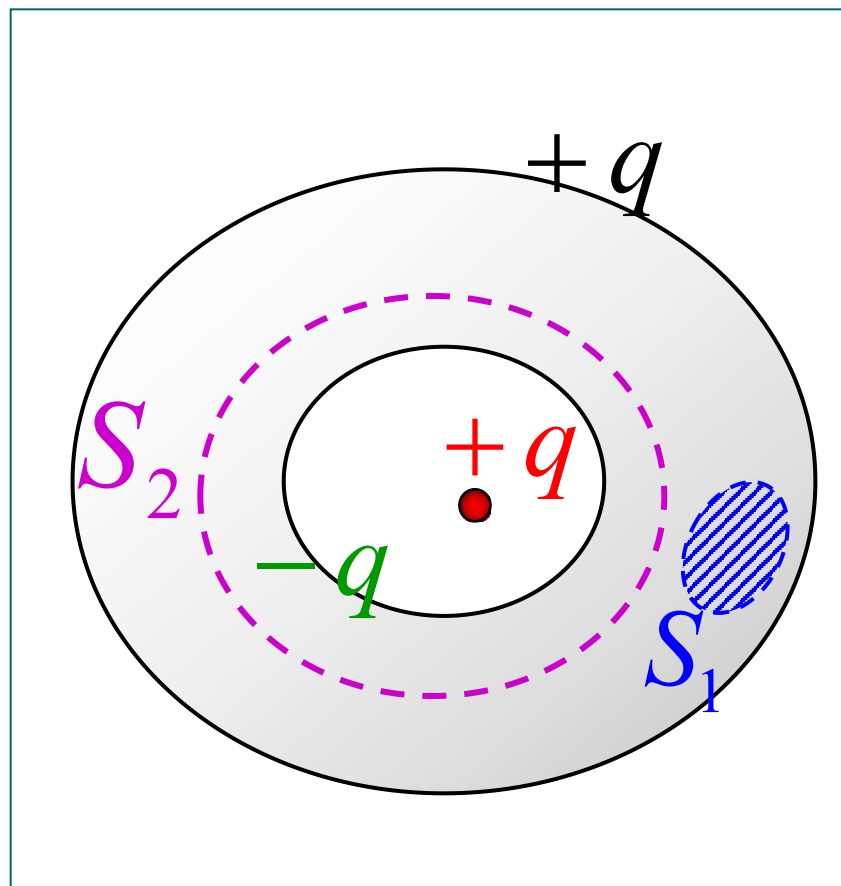


静电场中的导体和电介质

导体本身不带电,空腔内有电荷

$$q_{\text{内}} = -q$$

外表面有感应电荷 $+q$
(电荷守恒)



结论 当空腔内有电荷 $+q$ 时,内表面因静电感应出现等值异号的电荷 $-q$



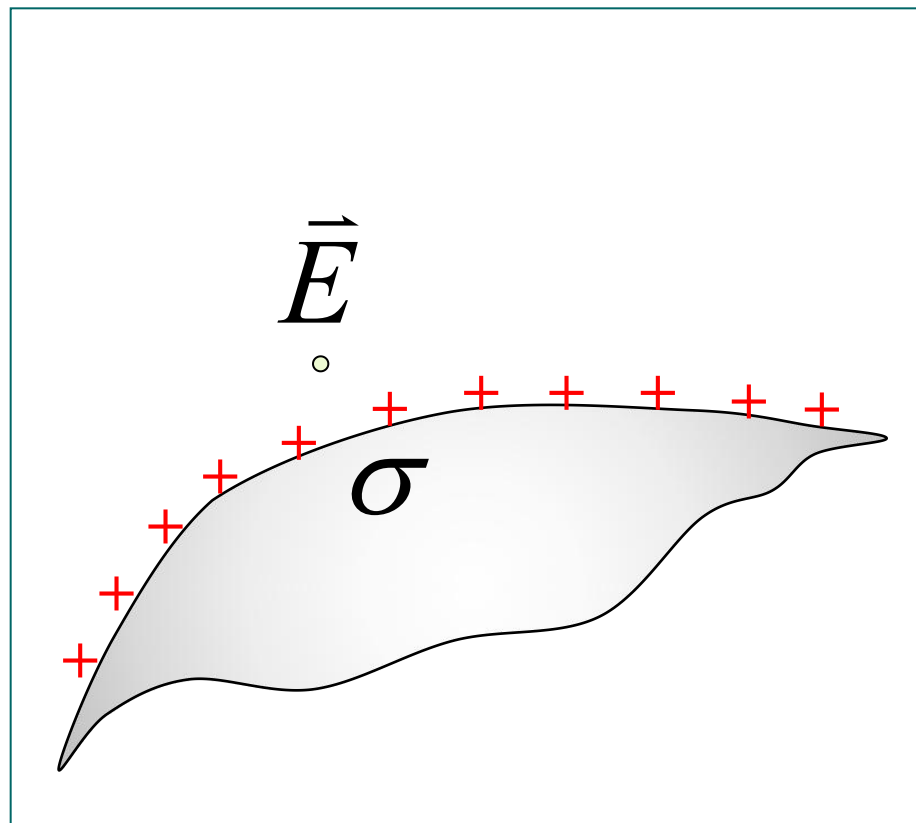
静电场中的导体和电介质

三 静电平衡时导体上电荷的分布

2、导体表面附近电场强度与电荷面密度的关系

$$E \propto \sigma$$

导体表面上各处的面电荷密度与表面紧邻处的电场强度的大小成正比。



静电场中的导体和电介质

$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{\sigma \Delta S}{\epsilon_0}$$

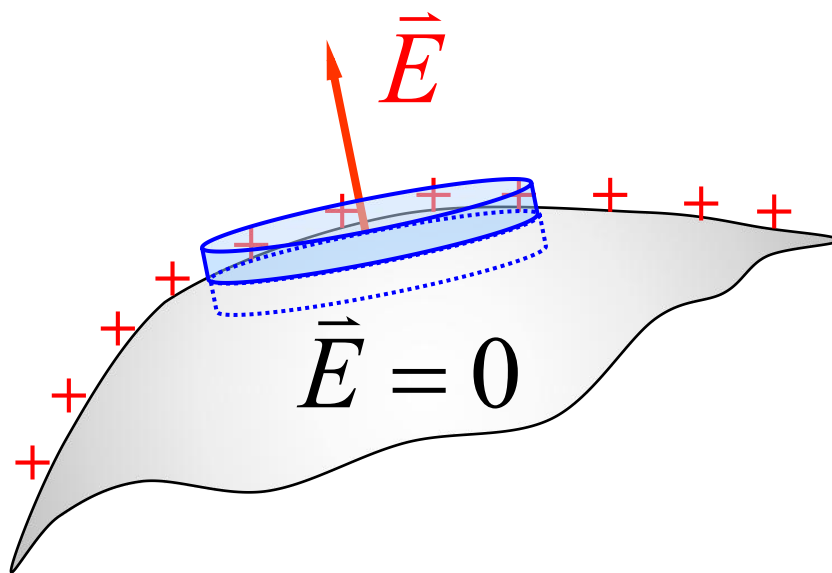
$$E \Delta S = \frac{\sigma \Delta S}{\epsilon_0}$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

表面电场强度的大小与该表面电荷面密度成正比

σ 为表面电荷面密度

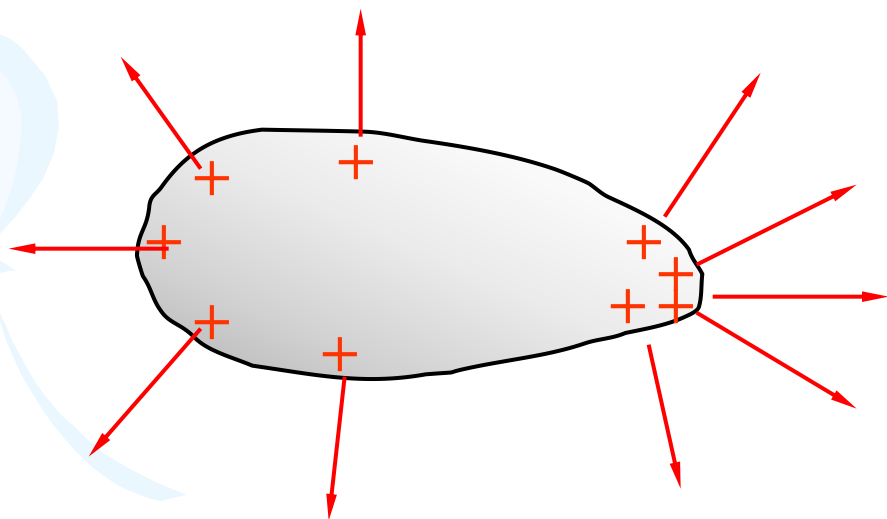
作钱币形高斯面



静电场中的导体和电介质

三 静电平衡时导体上电荷的分布

3、导体表面各处的面电荷密度与各处表面的曲率有关，曲率越大的地方，面电荷密度也越大。



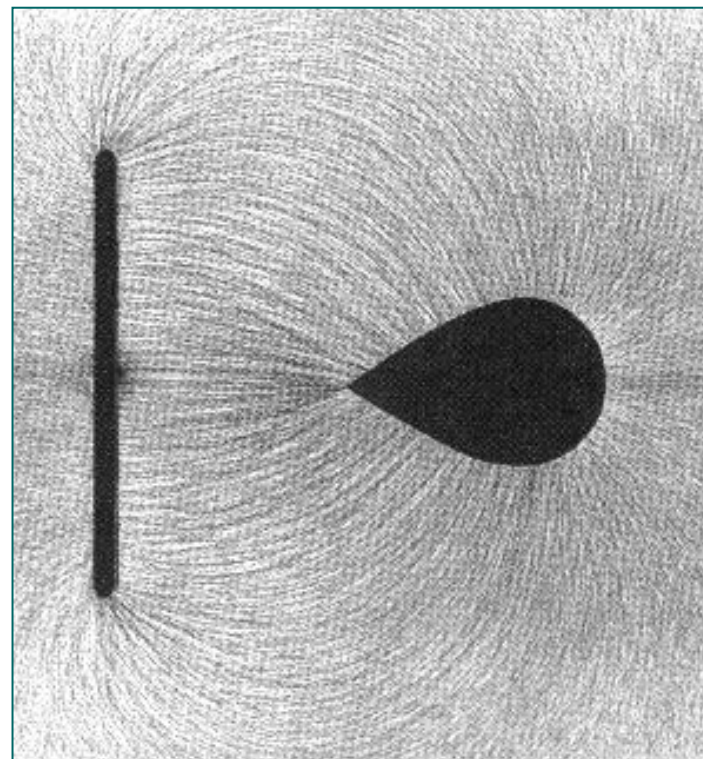
$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

结论 导体表面电荷分布与导体形状以及周围环境有关。

静电场中的导体和电介质

◆ 尖端放电现象

带电导体尖端附近的电场特别大，可使尖端附近的空气发生电离而成为导体产生放电现象，即**尖端放电**。



尖端放电现象的**利**与**弊**

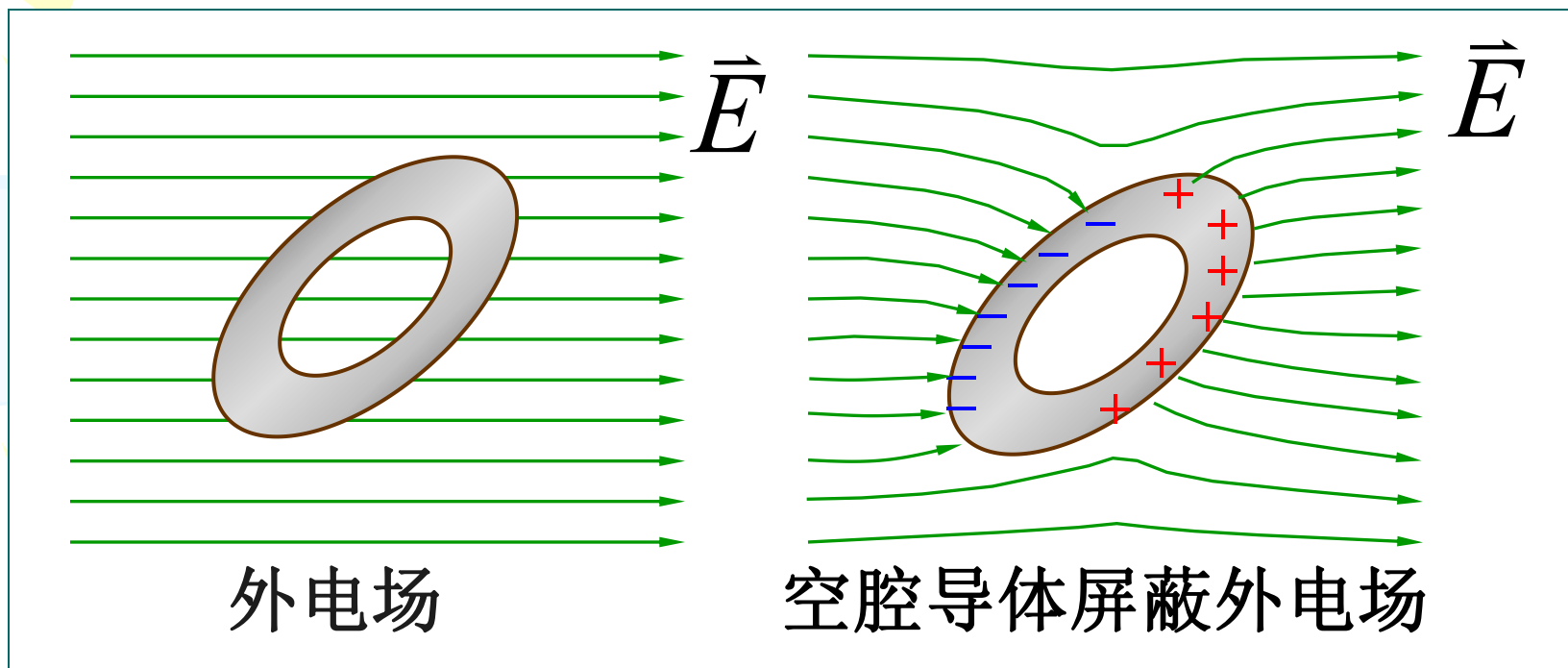
尖端放电会损耗电能，还会干扰精密测量和对通讯产生**危害**。然而尖端放电也有很广泛的**应用**。

< 避雷**针** >

静电场中的导体和电介质

四 静电屏蔽

1 屏蔽外电场



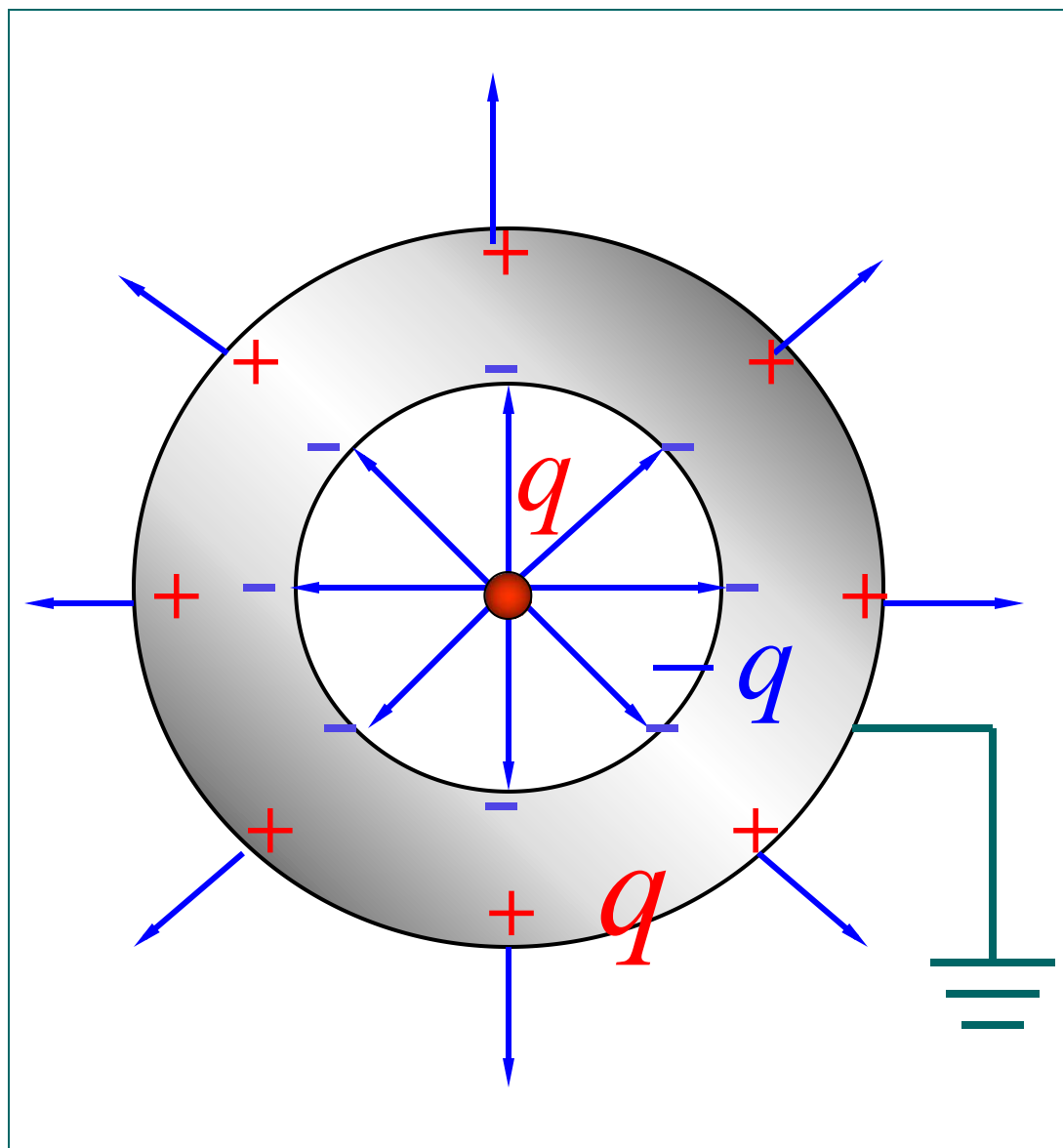
空腔导体可以屏蔽外电场，使空腔内物体不受外电场影响. 这时，整个空腔导体和腔内的电势也必处处相等.



静电场中的导体和电介质

2 屏蔽腔内电场

接地空腔导体
将使外部空间不受
空腔内的电场影响.



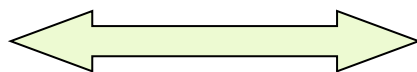
静电场中的导体和电介质

小结：导体放入静电场

一、现象：静电感应

二、机制和过程

电荷分布



电场分布

三、静电平衡

1. 条件

2. 电荷分布特点

四、静电屏蔽



静电场中的导体和电介质

一表面均匀带电的球形气球，在其膨胀过程中，始终位于其外部一点的场强将()

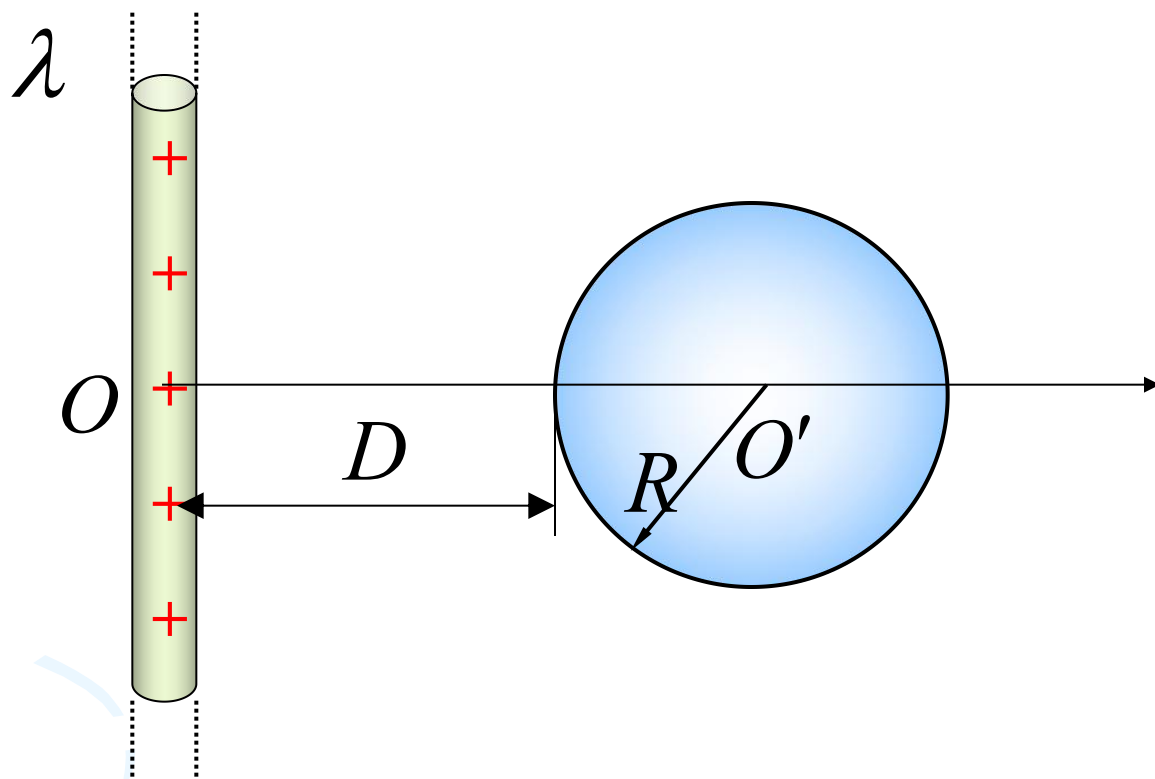
- (A) 减小;
- (B) 增大;
- (C) 不变;
- (D) 无法确定



静电场中的导体和电介质

练习：无限长带电棒靠近一不带电的球壳，

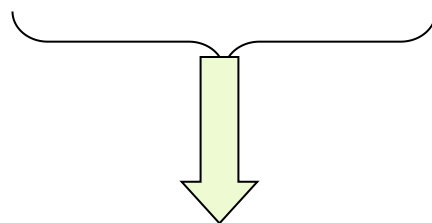
求球壳产生的感应电荷在 O' 点的电场强度



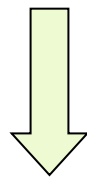
静电场中的导体和电介质

五、有导体存在时场强和电势的计算

思路： 静电平衡条件 电荷守恒定律



电荷分布



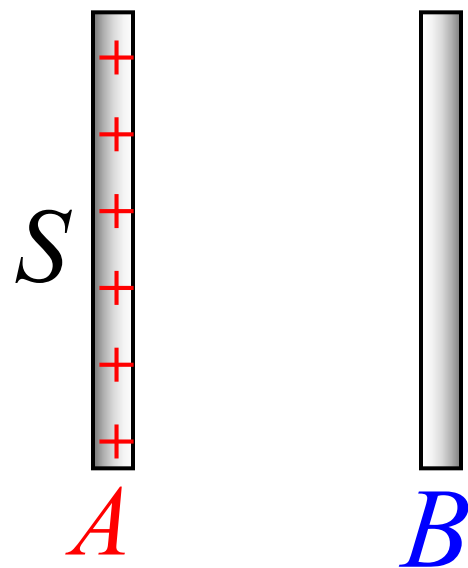
场强 \vec{E} 、电势 φ



静电场中的导体和电介质

例1. 已知：一块大金属平板 A ，面积为 S 、带电量 Q ，在其旁边放置第二块金属平板 B ， B 板为电中性。

求 (1) 静电平衡时 A 、 B 上的电荷分布
(2) 空间的电场强度分布



静电场中的导体和电介质

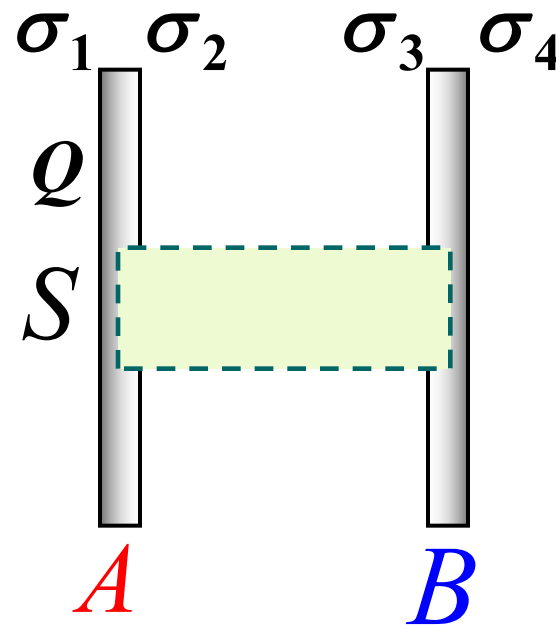
解:由电荷守恒定律

A板 $\sigma_1 S + \sigma_2 S = Q \Rightarrow \sigma_1 + \sigma_2 = \frac{Q}{S}$

B板 $\sigma_3 S + \sigma_4 S = 0 \Rightarrow \sigma_3 + \sigma_4 = 0$

由高斯定律 $\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{\sum q}{\epsilon_0} = 0$

$$\sum q = \sigma_2 S' + \sigma_3 S' \Rightarrow \sigma_2 + \sigma_3 = 0$$



静电场中的导体和电介质

根据电场叠加原理

$$\vec{E}_b = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \vec{E}_4$$

$$\sigma_1 = \sigma_4$$

$$\sigma_1 + \sigma_2 = \frac{Q}{S}$$

$$\sigma_3 + \sigma_4 = 0$$

$$\sigma_2 + \sigma_3 = 0$$

$$\sigma_1 - \sigma_4 = 0$$

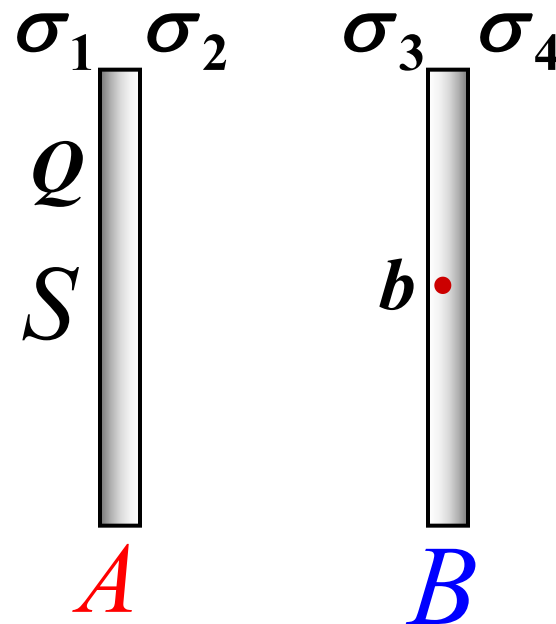
\Rightarrow

$$\sigma_1 = \frac{Q}{2S}$$

$$\sigma_2 = \frac{Q}{2S}$$

$$\sigma_3 = -\frac{Q}{2S}$$

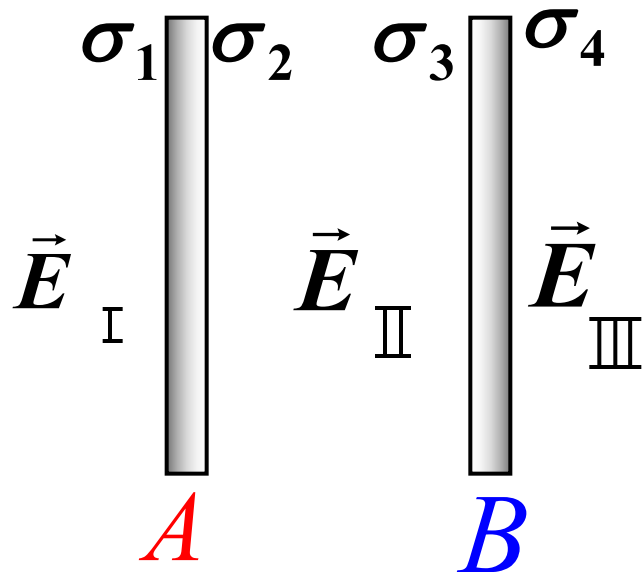
$$\sigma_4 = \frac{Q}{2S}$$



静电场中的导体和电介质

$$\sigma_1 = \frac{Q}{2S} \quad \sigma_2 = \frac{Q}{2S}$$

$$\sigma_3 = -\frac{Q}{2S} \quad \sigma_4 = \frac{Q}{2S}$$



A 板左侧 $E_{\text{I}} = \frac{\sigma_1}{\epsilon_0} = \frac{Q}{2\epsilon_0 S}$

两板之间 $E_{\text{II}} = \frac{\sigma_2}{\epsilon_0} = \frac{\sigma_3}{\epsilon_0} = \frac{Q}{2\epsilon_0 S}$

B 板右侧 $E_{\text{III}} = \frac{\sigma_4}{\epsilon_0} = \frac{Q}{2\epsilon_0 S}$

场强分布



静电场中的导体和电介质

练习 有一外半径 R_1 和内半径 R_2 的金属球壳，在球壳内放一半径 R_3 的同心金属球，若使球壳和金属球均带有 q 正电荷

问 两球体上的电荷如何分布？

