第八章
静电场中的导体与电介质

8.1 静电场中的导体

※ 物质按导电性能分类

导体　绝缘体　半导体

1) 导体(Conductor)

导电能力极强的物体(存在大量可自由移动的电荷)

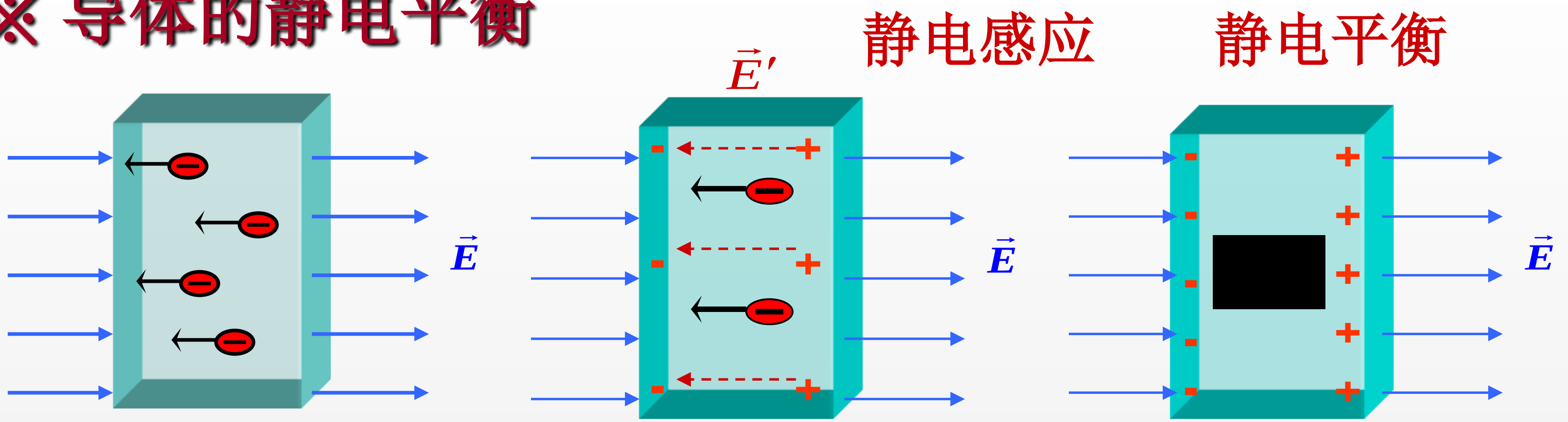
2) 绝缘体（电介质，Dielectric）

导电能力极弱或不能导电的物体

3) 半导体(Semiconductor)

导电能力介于上述两者之间的物体

※ 导体的静电平衡



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

导体的**静电平衡状态**：

导体的内部和表面都没有电荷作任何宏观定向运动的状态.

导体**静电平衡条件**：

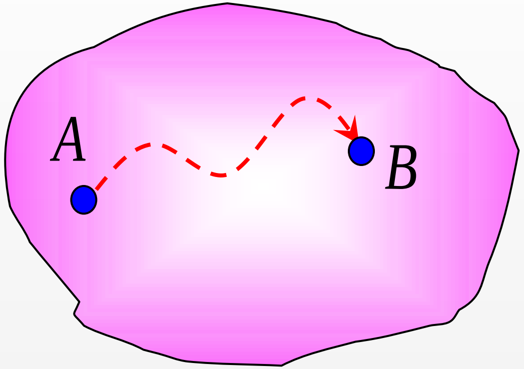
导体内任一点的电场强度都等于零 $\vec{E}_i = 0$

推论（静电平衡状态）

1、导体为**等势体**，导体表面为**等势面**

证：在导体上任取两点 **A**，**B**电势差

$$U_{AB}=V_A-V_B=\int_A^B \vec{E}_i\cdot d\vec{l}\quad =0$$

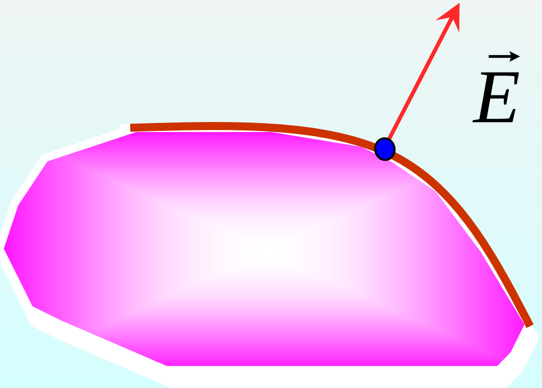


导体静电平衡条件： $\vec{E}_i=0$

$$\boxed{V_A=V_B}$$

2、 导体表面任一点

场强方向垂直于表面



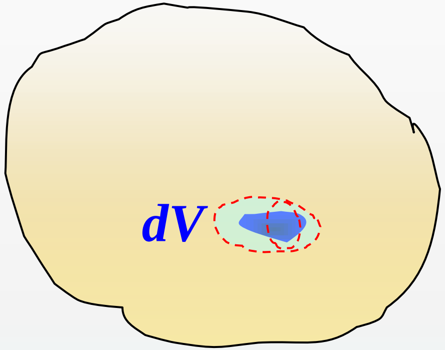
※ 导体上电荷的分布

1、当带电导体处于静电平衡状态时，

导体内部处处没有净电荷存在，

净电荷只能分布于导体的表面上

证明：在导体内任取体积元：dV



由高斯定理：
$$\oint \vec{E}_i \cdot d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0}\sum_i q_{i内}$$

$$\because \quad \vec{E}_i = 0, \qquad \sum_i q_{i内} = 0$$

净电荷只能分布于导体的表面！

2、导体表面附近的**场强方向与表面垂直**，

大小与该处电荷的面密度成正比

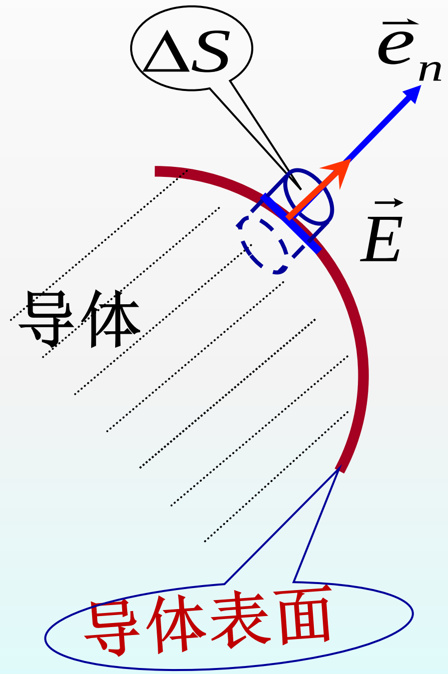
$$\vec{E} = E\vec{e}_n$$

$$\Phi_e = \oint \vec{E}\cdot d\vec{S}$$

$$= \underbrace{\int_{上底面} \vec{E}\cdot d\vec{S}}_{E\Delta S} + \underbrace{\int_{下底面} \vec{E}\cdot d\vec{S}}_{0} + \underbrace{\int_{内侧面} \vec{E}\cdot d\vec{S}}_{0} + \underbrace{\int_{外侧面} \vec{E}\cdot d\vec{S}}_{0}$$

$$= E\Delta S \quad = \frac{1}{\varepsilon_0}\sum_i q_{i内} \quad = \frac{\sigma\Delta S}{\varepsilon_0}$$

$$\Longrightarrow \boxed{\vec{E} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\vec{e}_n}$$



3、孤立的带电导体，外表面各处的

电荷面密度与该处曲率有关。

1）导体表面凸出而尖锐的地方（曲率较大）

电荷面密度较大

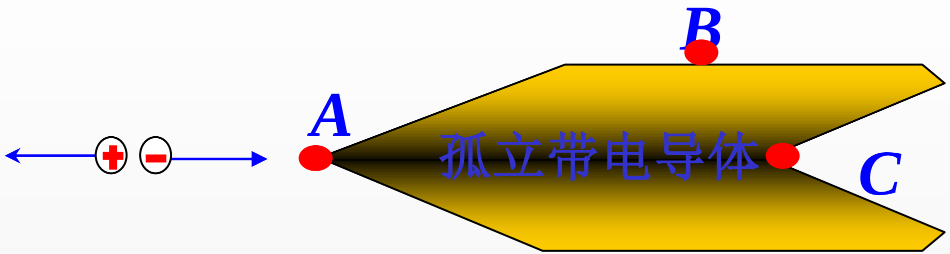
2）导体表面平坦的地方（曲率较小）

电荷面密度较小

3）导体表面凹进去的地方（曲率为负）

电荷面密度更小

尖端放电



$$\sigma_A > \sigma_B > \sigma_C$$

球形电力设备

避雷针

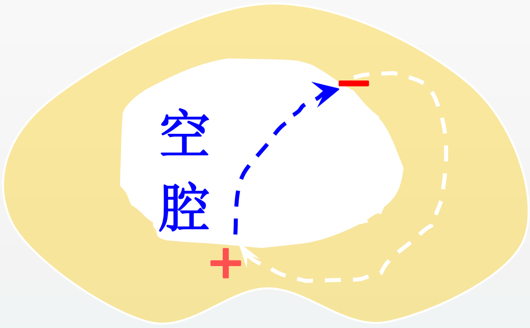
※ 空腔导体（带电荷Q）

1、腔内无电荷，导体的净电荷只能分布在外表面。

$$\oint \vec{E}\cdot d\vec{l} = \int_{沿电场线} \vec{E}_{腔}\cdot d\vec{l} + \int_{导体内} \vec{E}_i \cdot d\vec{l}$$

$$\int_{沿电场线} E_{腔} dl \neq 0, \qquad \int_{导体内} \vec{E}_i \cdot d\vec{l} = 0$$

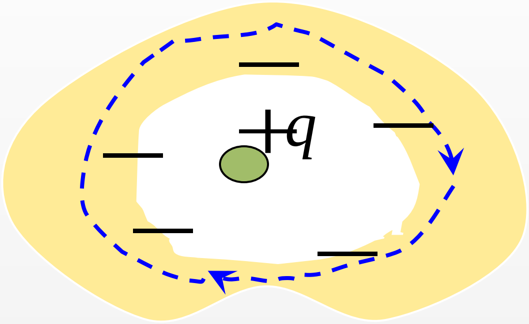
$$\oint \vec{E}\cdot d\vec{l} \neq 0,$$ （违反环路定理）



在静电平衡状态下，导体空腔内各点的场强等于零，空腔的内表面上处处没有净电荷分布。

※ 空腔导体 (带电荷Q)

2、腔内有电荷q



由高斯定理：

$$\oint_S \vec{E} \cdot \mathrm{d}\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0} \sum_i q_i$$

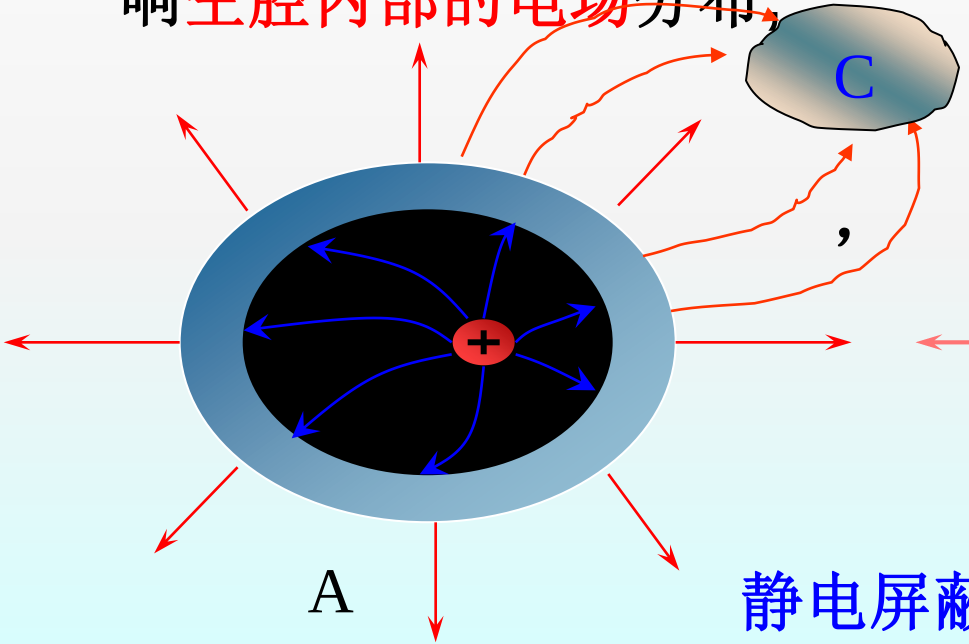
导体的内表面有电荷 **-q**

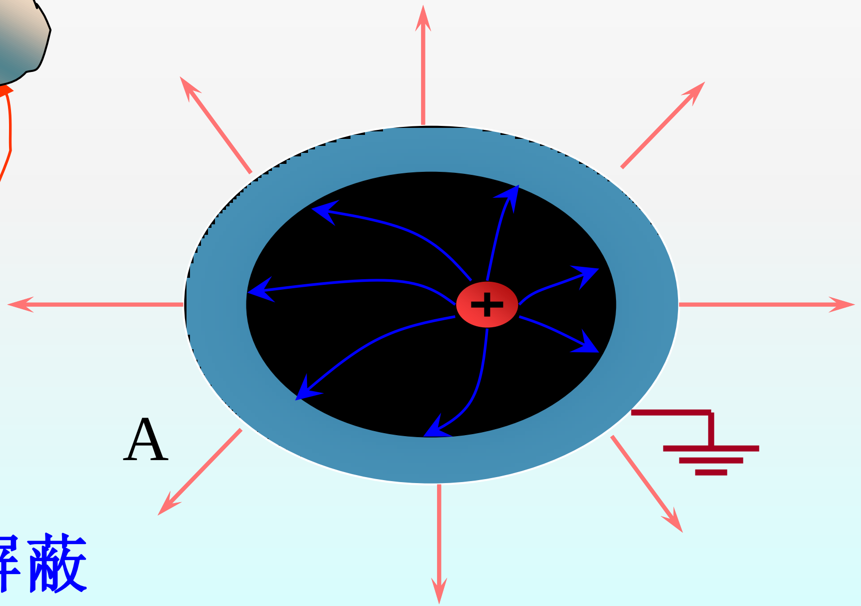
※ 导体静电平衡的应用

在静电平衡状态

1、空腔导体, 外面的带电体不会影响空腔内部的电场分布;

2、一个接地的空腔导体,空腔内的带电体对空腔外的物体不产生影响.



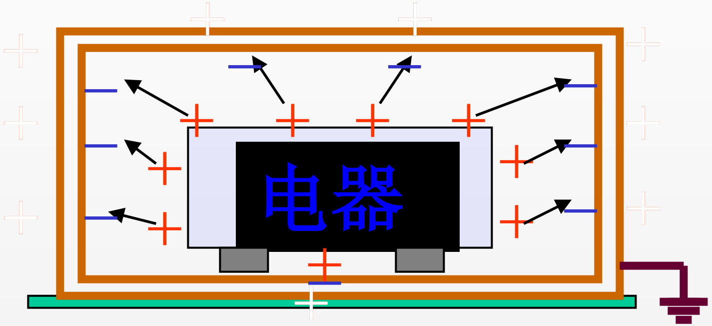


静电屏蔽

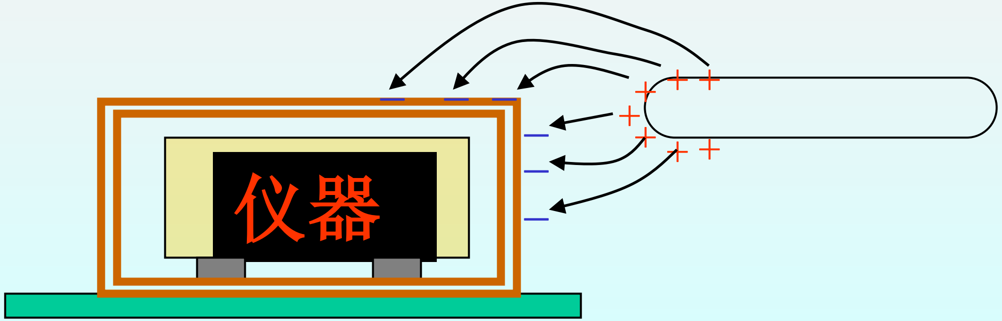
静电屏蔽的应用

为了使带电体不影响周围空间，可用导体壳将它罩起来

为除去导体壳外表面上因感应而出现的同号电荷，可将导体“接地”，使这部分电荷放给大地。使空腔内外的电场互不影响.



为了使仪器不受外电场的影响，可将它用导体壳罩起来。



静电的应用与危害

1、 静电的应用

静电技术在生产中应用很广泛，**静电喷漆、静电植绒、静电除尘、静电复印、静电制版**等都是静电的应用。

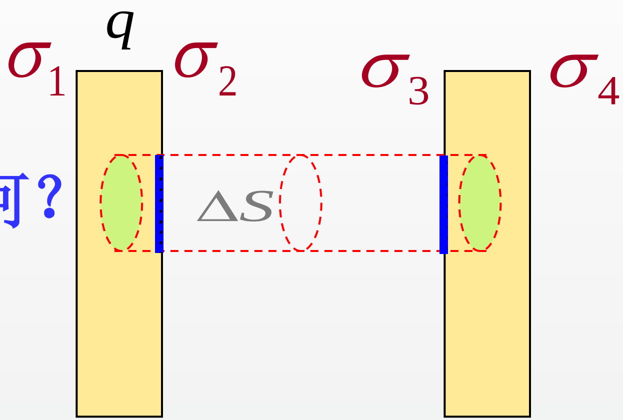
2、 静电的危害

在化纤工业中，静电吸引灰尘使纺织品失色，严重的还会引起爆炸起火，危及厂房及人身安全；静电可使药品生产达不到标准纯度，使精密仪器的组件性能变差，火花放电还能使照相胶卷感光产生斑点，人在地毯上行走，与地毯摩擦可产生高压，当用手拉金属门手时会遭电击等。

例：大平面金属板面积为S，带电量为 q，近旁平行放置第二块不带电大金属板。

求：1、电荷分布和电场分布；

2、把第二块金属板接地，情况如何？



解：1、由电荷守恒定律

$$\sigma_1 S + \sigma_2 S = q, \qquad \sigma_1 + \sigma_2 = \frac{q}{S}$$

$$\sigma_3 S + \sigma_4 S = 0, \qquad \sigma_3 + \sigma_4 = 0$$

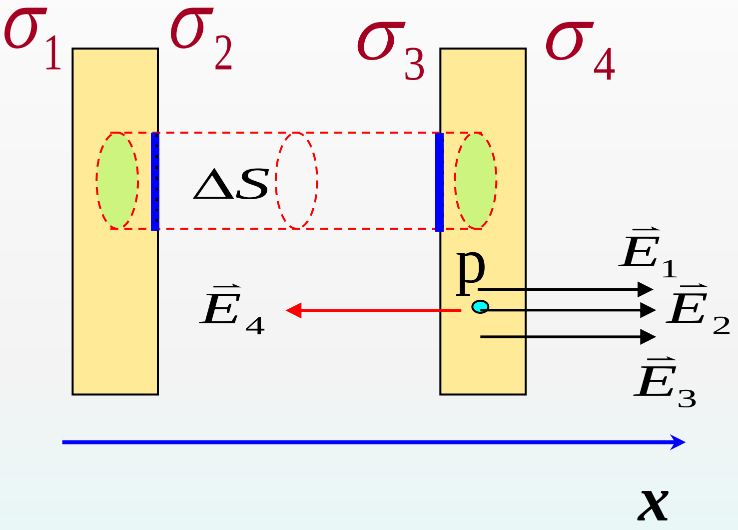
根据高斯定理有： $\sigma_2 + \sigma_3 = 0$

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{\sum\limits_i q_{i内}}{\varepsilon_0} = \frac{(\sigma_2 + \sigma_3)\Delta S}{\varepsilon_0} = 0$$

解：1、由电荷守恒定律

$$\sigma_1 S + \sigma_2 S = q, \qquad \sigma_1 + \sigma_2 = \frac{q}{S}$$

$$\sigma_3 S + \sigma_4 S = 0, \qquad \sigma_3 + \sigma_4 = 0$$



根据高斯定理有： $\sigma_2 + \sigma_3 = 0$

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{\sum\limits_i q_{i内}}{\varepsilon_0} = \frac{(\sigma_2 + \sigma_3)\Delta S}{\varepsilon_0} = 0$$

P点的场强是四个带电面产生:

$$\vec{E}_p = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \vec{E}_4 = 0,$$

$$E_p = E_1 + E_2 + E_3 - E_4 = 0$$

$$\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 - \sigma_4 = 0$$

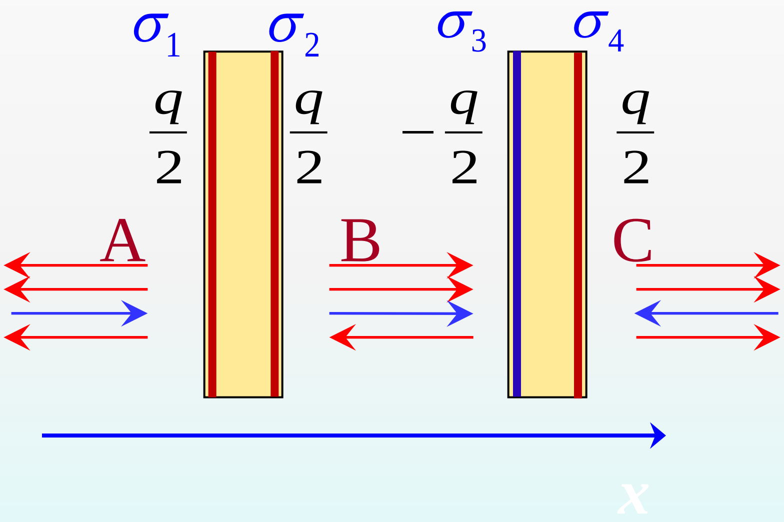
$$\boxed{\sigma_1 = \frac{q}{2S},\quad \sigma_2 = \frac{q}{2S},\quad \sigma_3 = -\frac{q}{2S},\quad \sigma_4 = \frac{q}{2S}}$$

$$\vec{E}_A = -\frac{\sigma_1}{2\varepsilon_0}\vec{i} - \frac{\sigma_2}{2\varepsilon_0}\vec{i} - \frac{\sigma_3}{2\varepsilon_0}\vec{i} - \frac{\sigma_4}{2\varepsilon_0}\vec{i}$$

$$\vec{E}_A = -\frac{q}{2\varepsilon_0 S}\vec{i}$$

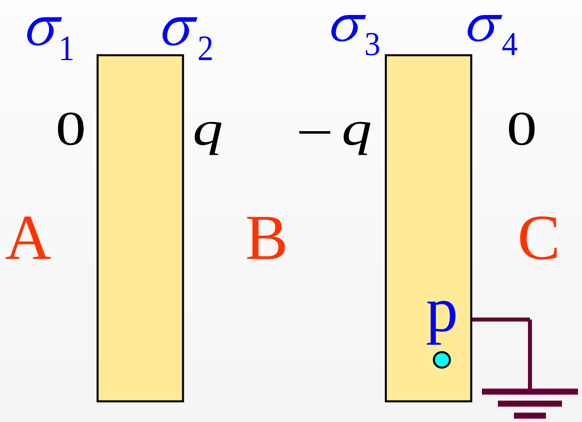
$$\vec{E}_B = \frac{q}{2\varepsilon_0 S}\vec{i}$$

$$\vec{E}_C = \frac{q}{2\varepsilon_0 S}\vec{i}$$



2、右板接地

$$\sigma_4 = 0, \qquad \sigma_1 + \sigma_2 = \frac{q}{S},$$



高斯定理: $\sigma_2 + \sigma_3 = 0$

P点的合场强为零:

$$\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = 0$$

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

$$E_A = 0, \quad E_B = \frac{q}{\varepsilon_0 S}, \quad E_C = 0$$