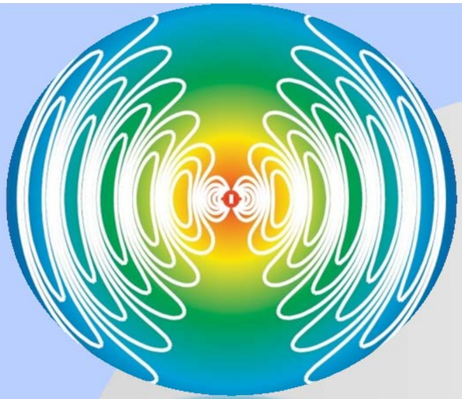
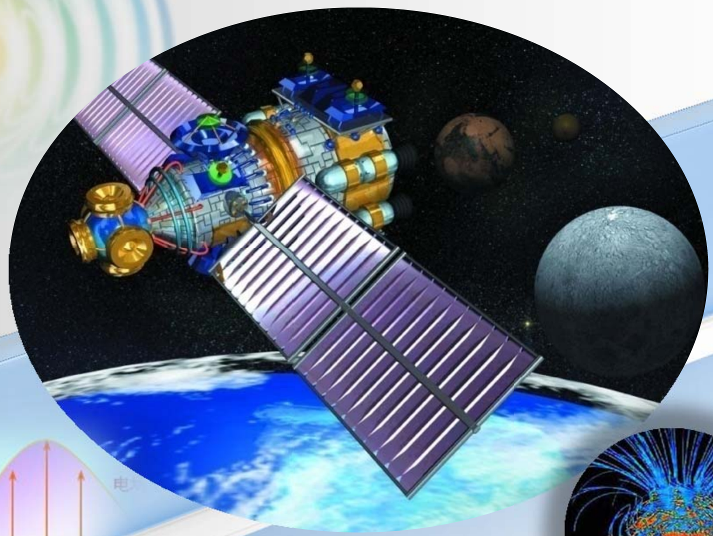
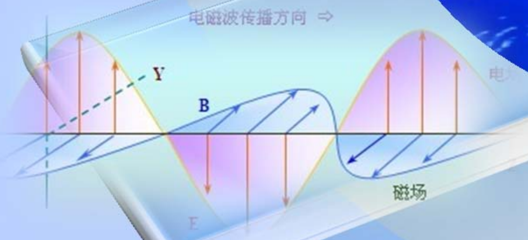
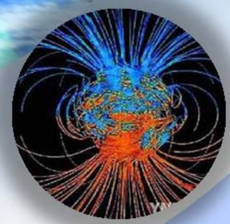


电磁场与波





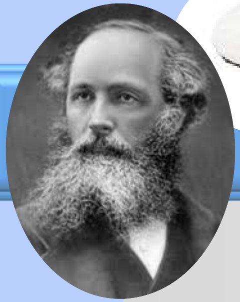


何广强

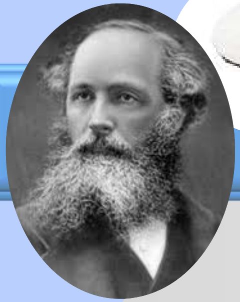
电话： **021-34208104**

Email:gqhe.sjtu.edu.cn

办公室： 电信楼群**1-313**



第三章 恒定电场

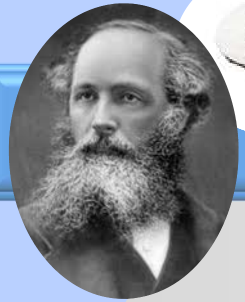


1) 电流和电流密度

当导体构成的闭合回路中有直流电源时，回路中便会出现恒定电流（或称恒流或直流）。在导体中任取一个面，则穿过此面的电流 I 定义为单位时间内穿过此面的电荷量，即

$$I = \frac{\mathrm{d}Q}{\mathrm{d}t} \qquad \mathrm{C}/\mathrm{s} \quad 或\ \mathrm{A}$$

电流的正方向规定为正电荷的运动方向（导体中自由电子逆着电场方向运动引起）。



体电流密度 $\vec{J}$ 是一个矢量，它定义为：方向为导体内某点正电荷的运动方向，$\vec{J}$ 大小等于垂直于它的单位面积上的电流。大小可表示为

$$J = \lim_{\Delta s \to 0} \frac{\Delta I}{\Delta S} \quad \mathrm{A}/\mathrm{m}^2$$

电流密度 $\vec{J}$ 决定于体电荷密度 ρ 和正电荷的运动速度 $\vec{v}$ 满足以下关系：

$$\vec{J} = \rho \vec{v}$$

对任一表面积 s，穿过此表面的总电流 I 为

$$I = \int_s \vec{J} \bullet \mathrm{d}\vec{s}$$

3）电荷守恒定律（电流连续性方程）

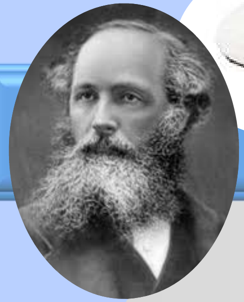
在一体电荷密度为 ρ 的带电体内任取一封闭曲面 s，设某瞬间从此封闭面流出的电流为 $i(t)$ ，则有

$$i(t) = \oint_s \vec{J} \bullet \mathrm{d}\vec{s}$$

由于$i(t)$ 代表单位时间内流出封闭面 s 的电荷量，因此 $i(t)$ 应等于面内单位时间减少的电荷量 $-\dfrac{dQ}{dt}$，于是

$$\oint_s \vec{J} \bullet \mathrm{d}\vec{s} = -\frac{dQ}{dt} = -\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\int_v \rho \,\mathrm{d}v$$

电荷守恒定律（电流连续性方程）的积分形式




若体积v 是静止的，则上式中对时间的微分可与体积分交换次序，并利用散度定理，有

$$\int_v \nabla \bullet \vec{J}\,\mathrm{d}v = -\int_v \frac{\partial \rho}{\partial t}\mathrm{d}v$$

于是,对任意选取的体积 v，只有

$$\nabla \bullet \vec{J} = -\frac{\partial \rho}{\partial t}$$

这就是电流连续性方程的微分形式。

当导体中流过恒定电流（直流）时，显然有

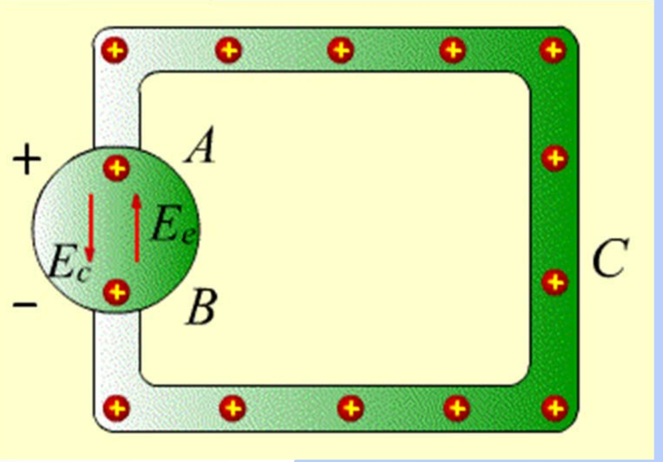
$$\oint_s \vec{J} \bullet \mathrm{d}\vec{s} = 0 \quad 或 \quad \nabla \bullet \vec{J} = 0$$

这表明，通过任意封闭曲面的净直流为零。这样，将上述的封闭面 S 收缩为一点，则可解释直流电路中的基尔霍夫（G. R.Kirchhoff）电流定律，即电路节点处电流的代数和为零。

恒定电场

1 电源

提供非静电力将其它形式的能转为电能的装置称为电源。



恒定电流的形成

2 电源电动势

电源电动势是电源本身的特征量，与外电路无关。

局外场强 $E_e = \dfrac{f_e}{q}$ f_e — 局外力


恒定电场的基本方程

$$(1)\ \nabla\times\vec{E}=0,\qquad \oint_l \vec{E}\bullet d\vec{l}=0$$

$$(2)\ \oint_S \vec{J}\bullet d\vec{S}=0,\ \ \nabla\bullet\vec{J}=0;(3)\nabla^2\phi=0$$

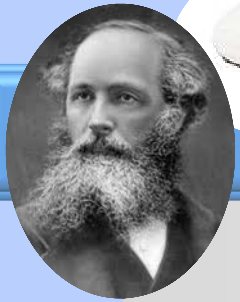
恒定电场的边界条件

$$\begin{cases}\oint_l \vec{E}\bullet d\vec{l}=0\Rightarrow \text{电场强度：}E_{1t}=E_{2t};\\ \oint_S \vec{J}\bullet d\vec{S}=0\Rightarrow \text{电流密度：}J_{1n}=J_{2n};\dfrac{E_{1n}}{E_{2n}}=\dfrac{\sigma_2}{\sigma_1};\end{cases}$$

电　　位：$V_1=V_2;\ \ \sigma_1\dfrac{\partial V_1}{\partial n}=\sigma_2\dfrac{\partial V_2}{\partial n};$

物理意义：在两种导电媒质的交界面上，电场强度的切向分量连续，电流密度的法向分量连续。

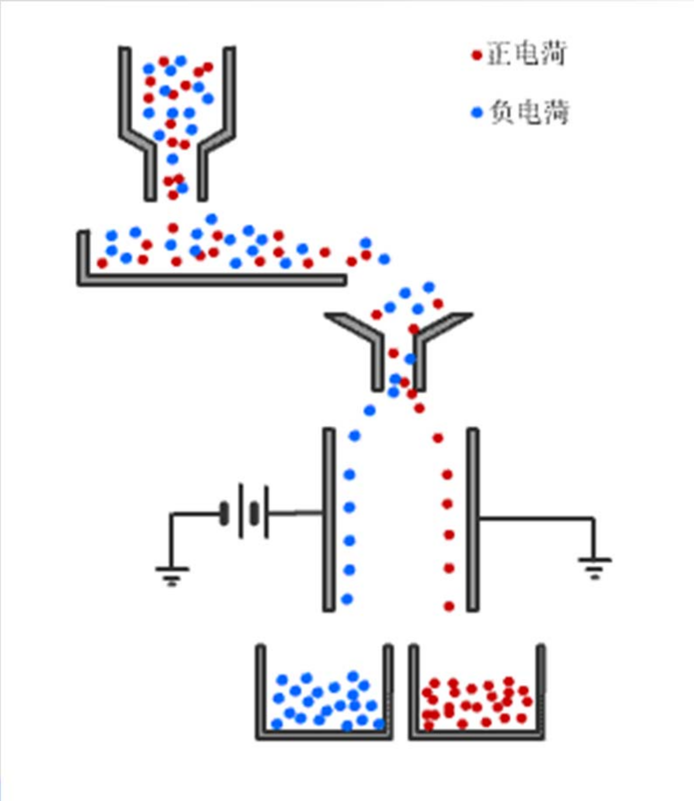
导电媒质与理想介质的交界面，导电媒质中电流线与交界面平行。



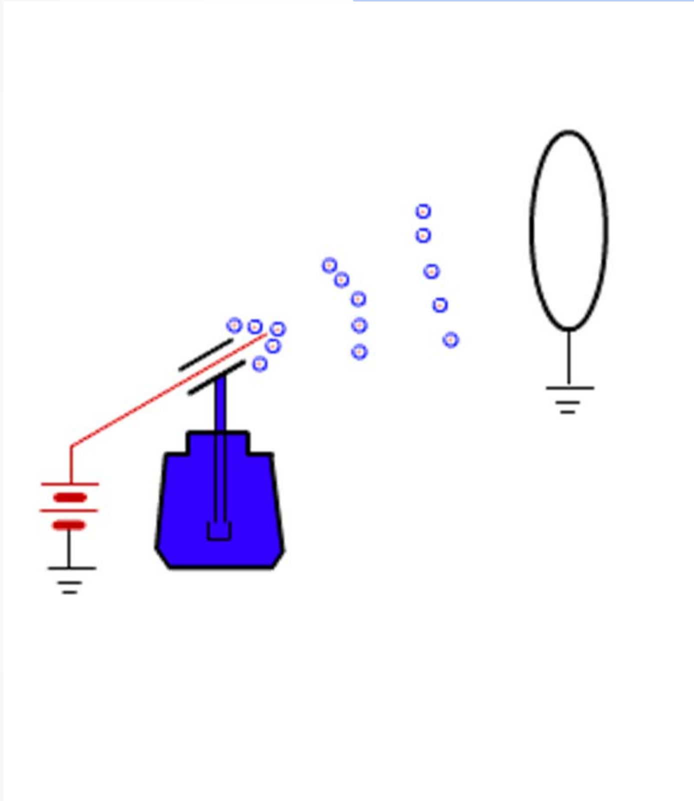
两种不同导电媒质分界面上的自由面电荷密度：

$$\rho_s = D_{1n}\left(1-\frac{\sigma_1\varepsilon_2}{\sigma_2\varepsilon_1}\right) = E_{1n}\left(\frac{\varepsilon_1\sigma_2-\varepsilon_2\sigma_1}{\sigma_2}\right) = J_{1n}\left(\frac{\varepsilon_1}{\sigma_1}-\frac{\varepsilon_2}{\sigma_2}\right)$$

静态场的应用



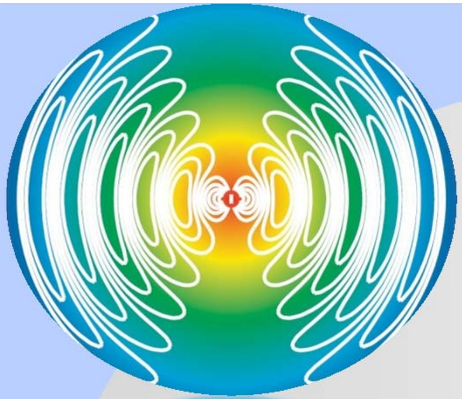
静电分离



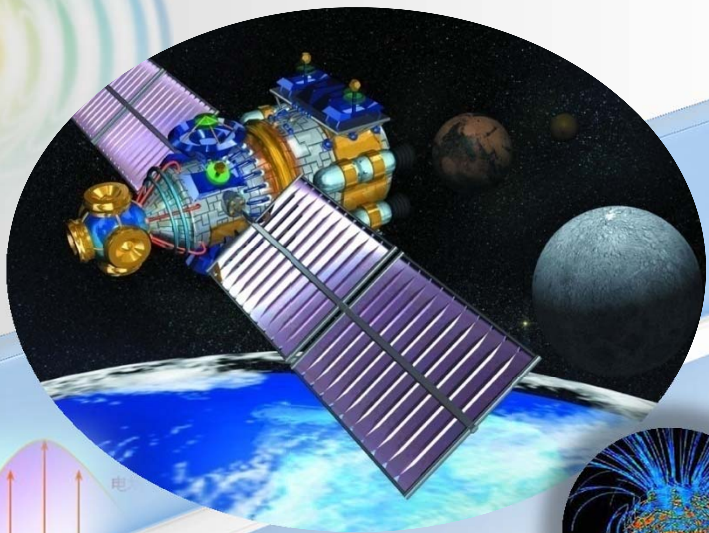
静电喷涂

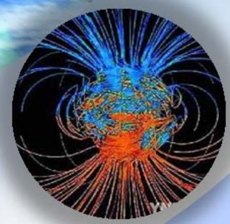
作业

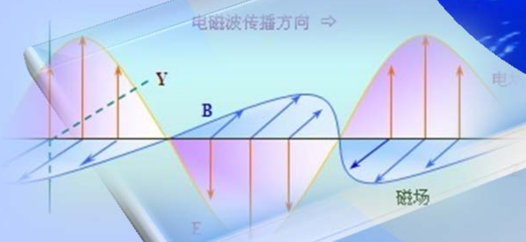
- 3-11, 3-16



Thank You！







何广强