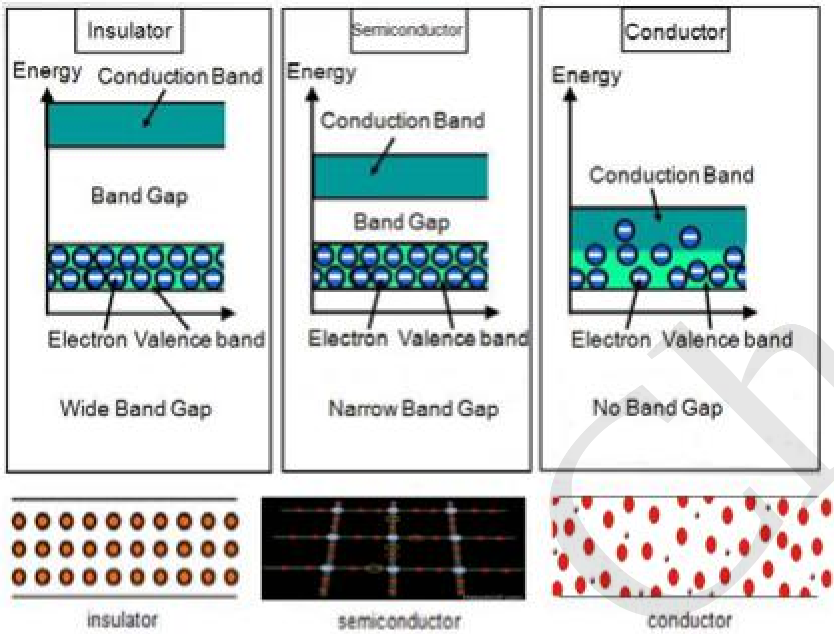
第二章习题课

2-1 物质的电性质

导体、绝缘体与半导体相关知识



基于能带理论的物质电性质的解释（导体、绝缘体与半导体）

等离子体：部分或完全电离的气体

超导体、超导现象

2-2 静电场中的导体

- 处于静电平衡的导体的性质：

  静电平衡时的电场：导体内部各点的电场等于零，导体外侧附近的电场垂直于导体

  导体表面外侧处的电场与该处面电荷密度成正比

$$\hat{E}_{外} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\hat{n}$$

- 静电屏蔽：腔外不影响腔内，腔内却影响腔外，若导体壳接地，则腔内腔外互不影响

  腔内有电荷的情况：空腔内表面所带电荷与腔内带电体所带电荷的代数和为零。

- 唯一性定理：设区域 V 内的电荷分布已知，若给定边界 S=dV 上给点的电势，则区域 V 内的电势和电场唯一确定。（导体表面自动是静电场边界，导体边界上给定的电势必须为常数，否则会导致无解）

注意：导体接地不是等于不带电，是等于电势为 0，具体带电多少要计算出来。其次两个

导体用导体连接起来意味着他们电势相等！

2-3 电象法

给定全空间的电荷分布，试确定任一电的电场与电势

Coulomd 定律+叠加定理

2-4 电容与电容器

电容器的电容定义为：C=Q/dφ

几种常见电容器：

平行板电容器 $C=\frac{Q}{V}=\frac{\varepsilon_0 S}{d}$

球形电容器 $C=\frac{Q}{V}=\frac{4\pi\varepsilon_0 ab}{b-a}$

圆柱形电容器 $C=\frac{Q}{V}=\frac{2\pi\varepsilon_0 L}{\ln(b/a)}$

电容器的联结：

电容器串联：各极板上电量的绝对值相等，总电压等于各电容器电压之和

电容器并联：各电容器电压相同，总电量等于各电容器电量之和

复杂联接：环路定律+电荷守恒

2-5 静电场中的电介质

电介质：绝缘介质，不导电，内部无自由电荷，只有约束电荷，约束在分子范围内

电介质的极化：电介质在电场中出现宏观分布的约束电荷

束缚电荷（极化电荷）：因为并不是像导体那样电子自由移动，从一段跑到了另外一段而带电。电介质中的电子是几乎没有移动的，这种由于极化，在介质表面产生的电荷称为极化电荷或称束缚电荷

相关参数：介电强度、相对介电常数

有极分子（固有电矩，如 H_2O、NH_3）、取向极化

无极分子（CCl_4）：位移极化

电极化强度 P：介质内单位体积中分子电矩的矢量和。在微观区域内，每个分子可以视为具有相同的电偶极矩

$$p = \frac{\sum p_{分子}}{\Delta V}$$

电极化强度与极化电荷的关系：

$$\sigma' = |P|\, cos\theta = P_n$$

θ是极化强度的方向与该处平面法线的夹角。均匀电介质表面上产生的极化电荷面密度，在数值上等于该处电极化强度在表面法向上的分量。

推广：

$$\oint PdS = -\sum q_i$$

电极化强度通过封闭曲面 S 的通量等于因极化而移出 S 面的极化电荷总量。根据电荷守恒定律，也等于留在 S 面所包围体积内极化电荷总量的负值。

极化电荷的体密度：$p' = -\nabla \cdot p$

介电常数：

$$\vec{E} = \vec{E}_0 + \vec{E}' = \varepsilon_r \vec{E} - \frac{\vec{P}}{\varepsilon_0}$$

$$\Rightarrow \vec{P} = (\varepsilon_r - 1)\varepsilon_0 \vec{E} = \chi \varepsilon_0 \vec{E}$$

$$\begin{cases} \chi & \text{介质的极化率} \\ \varepsilon_r = 1 + \chi & \text{相对介电常数} \\ \varepsilon = \varepsilon_0 \varepsilon_r & \text{介电常数} \end{cases}$$

充满介质后的电容为：

$$C = \frac{Q_0}{V} = \varepsilon_r \frac{Q_0}{V_0} = \varepsilon_r C_0$$

2-6 电介质中的静电场的基本规律

介质内、外的宏观电场，由自由电荷以及宏观束缚电荷按照真空中的库仑定律以及叠加原

理产生。

有电介质时的环路定理，仍然成立

有电介质时的高斯定理，仍然成立

有介质存在时，高斯定理仍然成立：

$$\varepsilon_0 \oiint_S \vec{E}\cdot d\vec{S} = Q = Q_0 + Q'$$

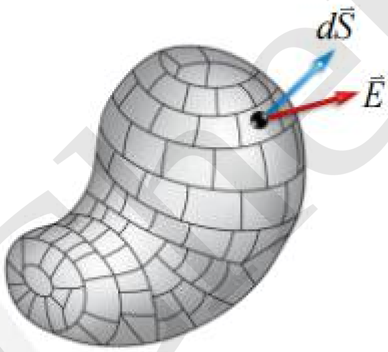
S 内的自由电荷

S 内的束缚电荷

因为

$$Q' = -\oiint_S \vec{P}\cdot d\vec{S}$$

$$\Rightarrow \oiint_S \left(\varepsilon_0\vec{E} + \vec{P}\right)\cdot d\vec{S} = Q_0$$



电位移矢量：电位移矢量的通量只与自由电荷有关，而与极化电荷无关。

$\mathrm{D} = \varepsilon_0 E + P$

$\oiint_s D\cdot dS = Q_0$

D 与 E 的关系：

$\mathrm{D} = \varepsilon_0\varepsilon_r E = \varepsilon E$

简单介质内部的极化电荷与自由电荷的关系

设 S 是均匀介质（$\varepsilon = \text{const.}$）内部的任一给定闭曲面，$Q_0$ 和 Q' 分别是 S 内包含的自由电荷与极化电荷总量。

$$\begin{cases} \oiint\limits_S \vec{D}\cdot d\vec{S} = \oiint\limits_S \varepsilon_0\varepsilon_r\vec{E}\cdot d\vec{S} = \varepsilon_r\varepsilon_0\oiint\limits_S \vec{E}\cdot d\vec{S} = \varepsilon_r\left(Q_0 + Q'\right) \\ \oiint\limits_S \vec{D}\cdot d\vec{S} = Q_0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow Q' = -\left(1 - \frac{1}{\varepsilon_r}\right)Q_0 = -\frac{\varepsilon_r - 1}{\varepsilon_r}Q_0$$

简单介质内部，极化电荷总是与自由电荷相伴出现的。

若简单介质内部没有自由电荷，

则极化电荷只能分布在在介质表面。

$$\Rightarrow \rho = \frac{\rho_0}{\varepsilon_r}, \quad \rho' = -\chi\rho = -\frac{\varepsilon_r - 1}{\varepsilon_r}\rho_0$$

2-7 静电场若干问题的求解

唯一性定理、电像法，参考上节课习题课课件。