玻尔三大假设 $\begin{cases} \text{量子化定态假设} \\ \text{量子化跃迁频率法则} \\ \text{角动量量子化假设.} \end{cases}$

n: 主量子数

l: 角量子数 $(0,1,\ldots,n-1)$ 角动量 $L=\sqrt{l(l+1)}\,\hbar$

m_l: 磁量子数 $(0,\pm1,\ldots,\pm l)$

m_s: 自旋磁量子数 $(\pm\frac{1}{2})$

$$W_{\text{电场}}=\int_V \frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2 dV \qquad W_{\text{磁场}}=\int_V \frac{B^2}{2\mu_0} dV$$

例 9.1　有两块面积较大的导体薄板平行放置，它们的面积均为 S，距离为 d，见图 9-5. 若给 A 板电荷量 Q_A，B 板电荷量 Q_B，(1) 求导体板四个表面的电荷分布、空间的电场强度分布及两板之间的电势差；(2) 若将 B 板接地，再求电荷分布、电场强度分布及两板的电势差.

解　(1) 不考虑边缘效应，静电平衡时电荷将分布在导体板的表面上形成四个均匀带电平面，设电荷面密度分别为 σ_1、σ_2、σ_3、σ_4. 由电荷守恒定律可知

$$\sigma_1+\sigma_2=\frac{Q_A}{S} \tag{1}$$

$$\sigma_3+\sigma_4=\frac{Q_B}{S} \tag{2}$$

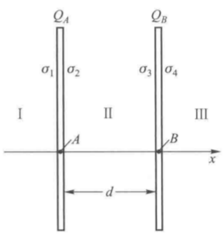

图 9-5　例 9.1 图

由静电平衡条件，导体板内的 A 点和 B 点的电场强度应为零. 先分析 A 点的电场强度，A 点的电场强度是四个均匀带电平面电场强度叠加而来. 以向右为正，则 σ_1 在 A 点的电场强度可记作 $E_1=\sigma_1/2\varepsilon_0$，若 σ_1 为正，则 E_1 为正即电场强度为向右；若 σ_1 为负则 E_1 为负即电场强度为向左. σ_2 在 A 点的电场强度可记作 $E_2=-\sigma_2/2\varepsilon_0$，若 σ_2 为正，则 E_2 为负即电场强度向左；若 σ_2 为负，则 E_2 为正即电场强度向右. 依次类推，A 点的合电场强度可表示为 $\frac{1}{2\varepsilon_0}(\sigma_1-\sigma_2-\sigma_3-\sigma_4)$，故有

$$\frac{1}{2\varepsilon_0}(\sigma_1-\sigma_2-\sigma_3-\sigma_4)=0 \tag{3}$$

同理，B 点电场强度为

$$\frac{1}{2\varepsilon_0}(\sigma_1+\sigma_2+\sigma_3-\sigma_4)=0 \tag{4}$$

联立以上四式可得

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

两板左边的电场强度：

$$E_{\mathrm{I}}=\frac{1}{2\varepsilon_0}(-\sigma_1-\sigma_2-\sigma_3-\sigma_4)=-\frac{Q_A+Q_B}{2\varepsilon_0 S}$$

两板之间的电场强度：

$$E_{\mathrm{II}}=\frac{1}{2\varepsilon_0}(\sigma_1+\sigma_2-\sigma_3-\sigma_4)=\frac{Q_A-Q_B}{2\varepsilon_0 S}$$

两板右边的电场强度：

$$E_{\mathrm{III}}=\frac{1}{2\varepsilon_0}(\sigma_1+\sigma_2+\sigma_3+\sigma_4)=\frac{Q_A+Q_B}{2\varepsilon_0 S}$$

(2) 若将 B 板接地，地面可考虑作一个延伸到无穷远处的导体. 若以无穷远处作为电势零点，则地面和接地的导体电势均为零. 此时 B 板右表面的电荷量应为零，即

$$\sigma_4=0$$

否则将有电场线由 B 板向右延伸到无穷远处，按照沿着电场线电势降落的结论，这意味着 B 板电势与无穷远的电势不同，这显然不符合上述的等势条件. 此时问题 (1) 中的 (2) 式由

于 B 板和地面交换电荷已经不成立了，而 (1) 式、(3) 式、(4) 式仍成立. 注意到已有 $\sigma_4=0$，可解得

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

即电荷分布集中于两导体板的内侧，这是一个典型的平板电容器的电荷分布. 进而可求出三个区域此时的电场强度为

$$E_{\mathrm{I}}=E_{\mathrm{III}}=0,\quad E_{\mathrm{II}}=\frac{Q_A}{\varepsilon_0 S}$$

两板间的电势差为

$$U_{AB}=E_{\mathrm{II}}d=\frac{Q_A}{\varepsilon_0 S}d$$