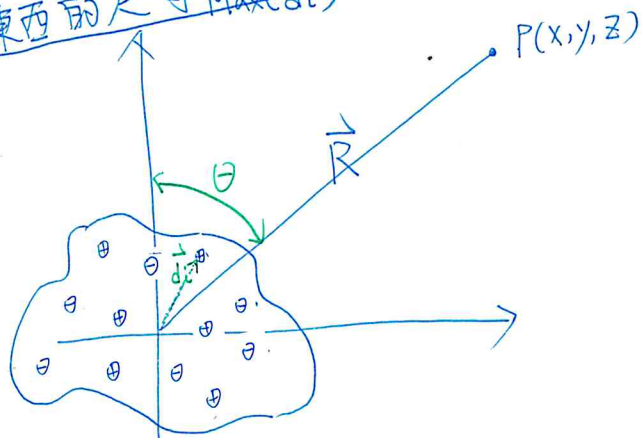


* 遠方是指 R 遠大於 $\text{Max}(|\vec{d}_i|)$
東西的尺寸 $\text{Max}(|\vec{d}_i|)$



電中性的

有一個東西裡面有很多個電荷，第 i 個電荷位於 \vec{d}_i ，最重要的事就是我們只對於遠方的觀測點 P 有興趣。

這時第 i 個電荷與 P 的距离 r_i

$$r_i \approx R - \vec{d}_i \cdot \hat{a}_R$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{r_i} &\approx (R - \vec{d}_i \cdot \hat{a}_R)^{-1} \\ &= \frac{1}{R} \left(1 - \frac{\vec{d}_i \cdot \hat{a}_R}{R} \right)^{-1} \\ &\approx \frac{1}{R} \left(1 + \frac{\vec{d}_i \cdot \hat{a}_R}{R} \right) \end{aligned}$$

$$\because R \gg \text{Max}(|\vec{d}_i|)$$

$$\begin{aligned} \phi(P) &= \sum_i \frac{q_i}{4\pi\epsilon_0 r_i} \\ &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_i \frac{q_i}{r_i} \\ &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_i q_i \left(\frac{1}{R} + \frac{\vec{d}_i \cdot \hat{a}_R}{R^2} \right) \\ &= \frac{\sum_i q_i}{4\pi\epsilon_0 R} + \frac{\sum_i q_i \vec{d}_i \cdot \hat{a}_R}{4\pi\epsilon_0 R^2} \\ &= \frac{\sum_i q_i \vec{d}_i \cdot \hat{a}_R}{4\pi\epsilon_0 R^2} \end{aligned}$$

if we defined

$$\sum_i q_i \vec{d}_i \triangleq \vec{p}$$

$$\text{then } \phi(P) = \frac{\vec{p} \cdot \hat{a}_R}{4\pi\epsilon_0 R^2}$$

\vec{p} 是這個東西的

dipole moment。

由此可見，在遠方，一群電荷（整體為電中性）仍可等效為一個 dipole