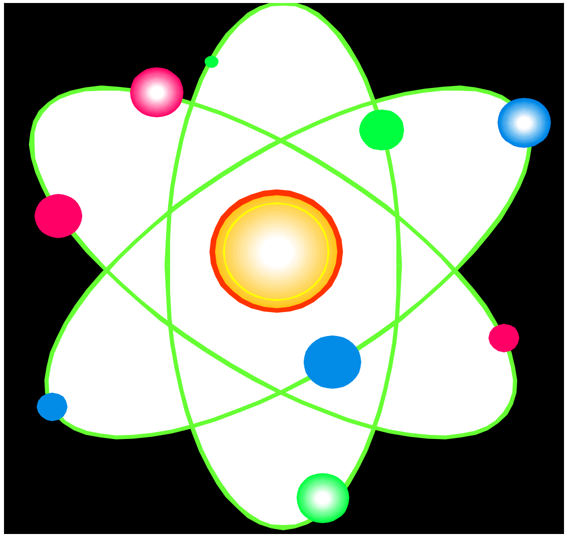
关于电介质

对于电介质，核外电子受原子核的作用力较大，

导致电子被束缚在它所属原子核周围，只能在原子、分子范围内做微小移动

电介质的主要特点：

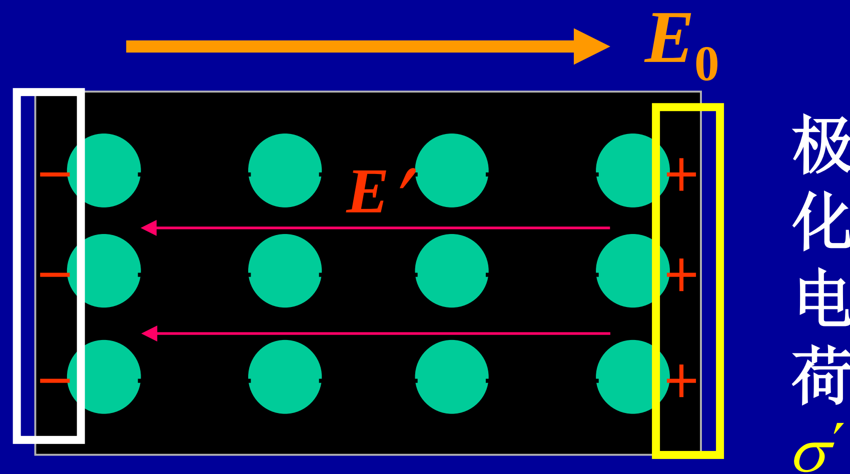
缺少自由电子，电荷处于束缚状态



电介质在静电场中将表现出与导体根本不同的行为和性质

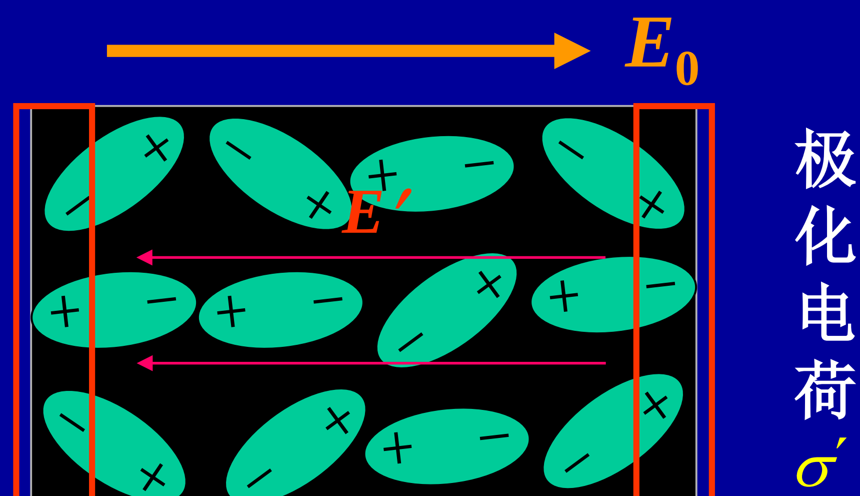
无极分子

电介质



有极分子

电介质



极化规律

规律一：
极化强度与极化电荷的关系

$$\sigma' = P_n$$

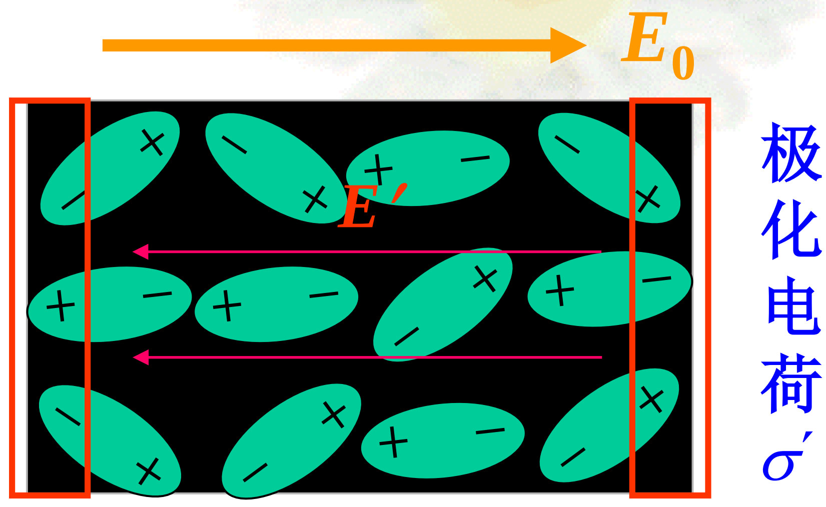
$$\sum q' = -\oint_S \vec{P} \cdot d\vec{S}$$

规律二：
极化强度与电场强度的关系？

$$\vec{P} = \chi_e \varepsilon_0 \vec{E}$$

介质存在时，场源有两部分：

$$\begin{cases} q_0: & \text{自由电荷，激发}\vec{E}_0 \\ q': & \text{极化电荷，激发}\vec{E}' \end{cases}$$



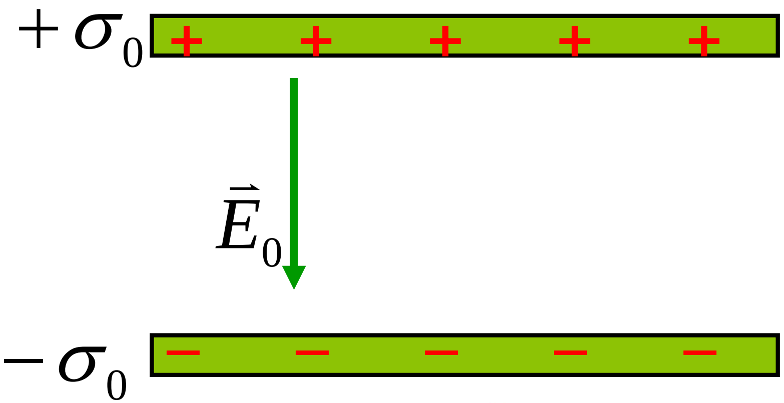
有介质存在时的电场：

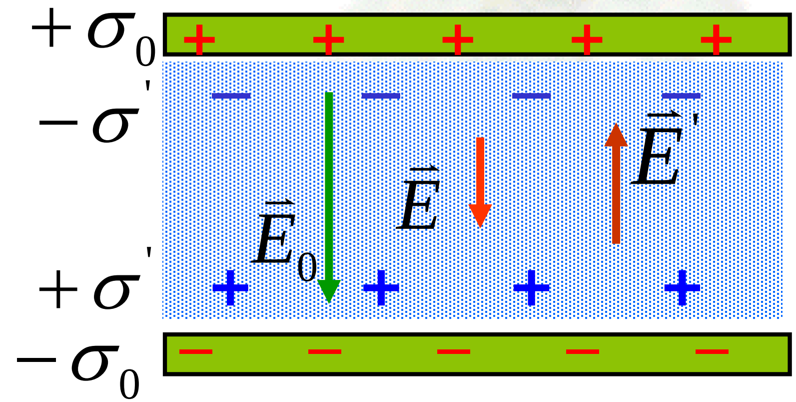
$$\vec{E} = \vec{E}_0 + \vec{E}'$$

问题：

如何**求解**有介质存在时的**电场**？

如何求解有介质存在时的电场？



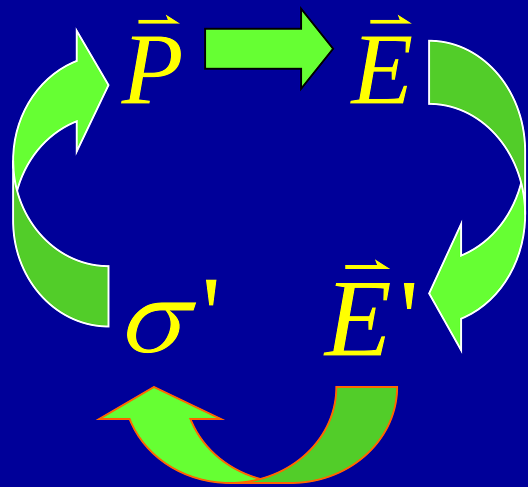


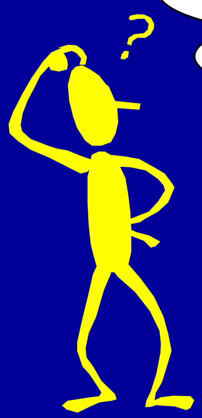
$$\vec{E} = \vec{E}_0 + \vec{E}' = ?$$

$$E_0 = \frac{\sigma_0}{\varepsilon_0}$$

$$E' = \frac{\sigma'}{\varepsilon_0}$$

$$\sigma' = P = \chi_e \varepsilon_0 E$$



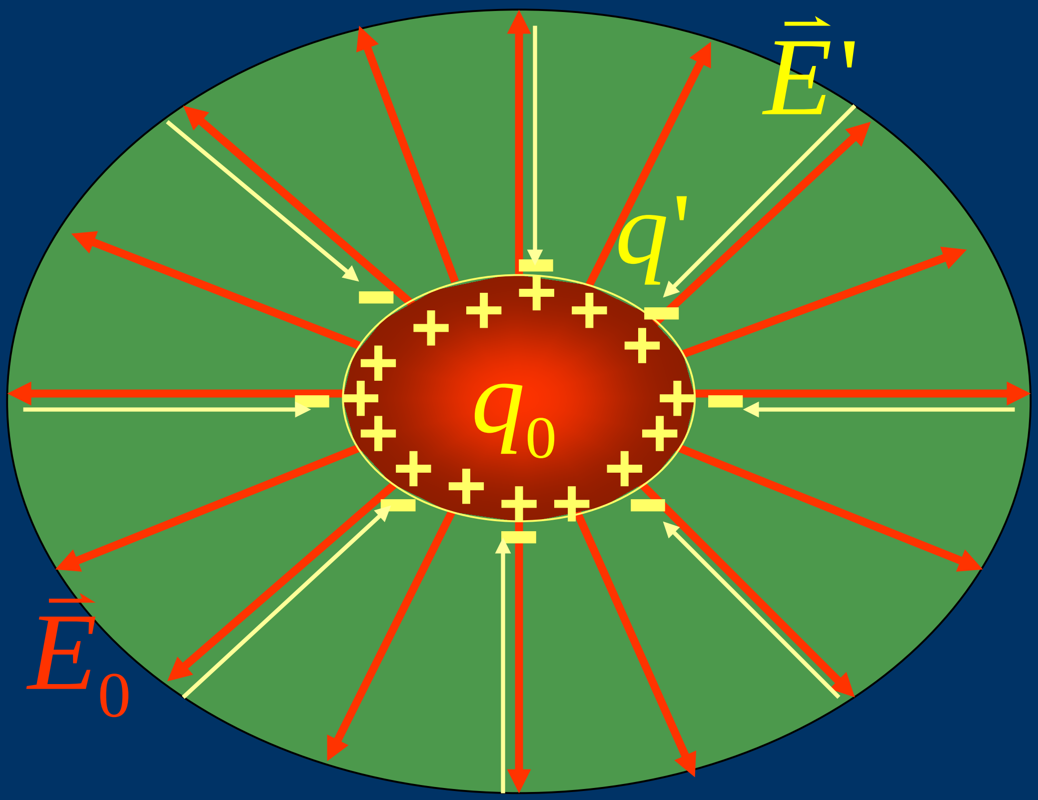


这种连环套的关系太复杂，
怎么求解呢？

介质存在时的高斯定理

§3-3　介质存在时的高斯定理

一、介质存在时高斯定理的表达式

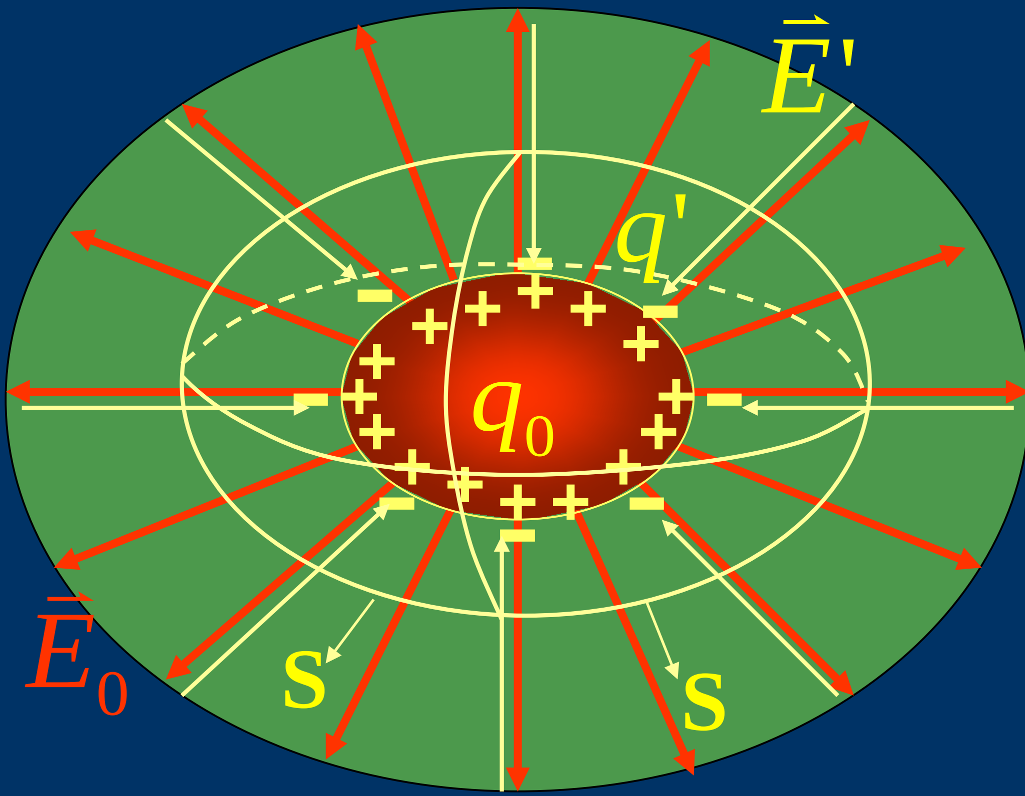


介质存在时，场源有两部分

$$\boxed{\vec{E} = \vec{E}_0 + \vec{E}'}$$

$$\left\langle \begin{array}{l} q_0\text{：自由电荷，激发}\vec{E}_0 \\ q'\text{：极化电荷，激发}\vec{E}' \end{array} \right.$$

一、介质存在时高斯定理的表达式



$$\vec{E} = \vec{E}_0 + \vec{E}'$$

$$\oint_S \vec{E}_0 \cdot \mathrm{d}\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0} \sum_{s(内)} q_0$$

$$\oint_S \vec{E}' \cdot \mathrm{d}\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0} \sum_{s(内)} q'$$

$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0} \sum_S (q_0 + q') \cdots (1)$$

$$\oint_S \vec{E}\cdot d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0}\sum_{s(内)}(q_0 + \cancel{q'})$$

$$\because \sum_{S内} q' = -\oint_S \vec{P}\cdot d\vec{S}$$

$$\oiint_S (\varepsilon_0\vec{E} + \vec{P})\cdot d\vec{S} = \sum_{S内} q_0$$

令：$\boxed{\vec{D} = \varepsilon_0\vec{E} + \vec{P}}$ 称为**电位移矢量**

介质中存在时的高斯定理

$$\boxed{\oint_S \vec{D}\cdot d\vec{S} = \sum_S q_0}$$

穿出某一闭合曲面的**电位移通量**
等于这个曲面所包围的
“自由电荷”的代数和。

$$\oint_S \vec{D}\cdot d\vec{S} = \sum_S q_0$$

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

◆穿出某一闭合曲面的电位移通量等于这个曲面所包围的“自由电荷”的代数和。

◆电位移通量只与曲面所包围的“自由电荷”有关，与极化电荷无关

◆电位移本身由空间“自由电荷”和极化电荷共同决定

二.电位移矢量 $\vec{D}$

$$\boxed{\vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E} + \vec{P}}$$

1、关于电位移矢量的说明

电位移矢量是辅助量，没有直接的物理意义

2、几种特殊情况下 $\vec{D}, \vec{E}, \vec{P}$ 的关系

真空：$P = 0, \vec{E} = \vec{E}_0$ ⟹ $\boxed{\vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E}_0}$

各向同性介质：$\vec{P} = \chi_e \varepsilon_0 \vec{E}$ ⟹ $\boxed{\vec{D} = \varepsilon_0 \varepsilon_r \vec{E} = \varepsilon \vec{E}}$

介质中存在时静电场

的高斯定理

$$\oint_S \vec{D}\cdot d\vec{S}=\sum_S q_0$$

静电场高斯定理

的普遍表达式

对于真空：

$$\vec{D}=\varepsilon_0\vec{E}_0$$

$$\oint_S \vec{E}_0\cdot \mathrm{d}\vec{S}=\frac{1}{\varepsilon_0}\sum_{s(内)} q_0$$

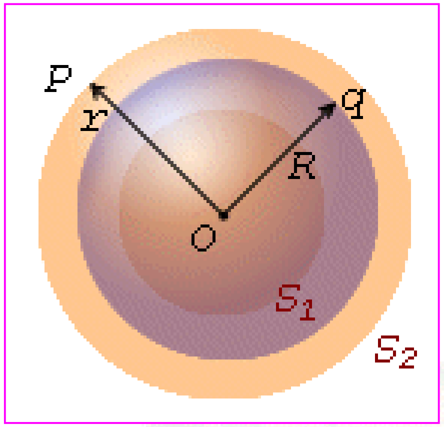
真空中静电场

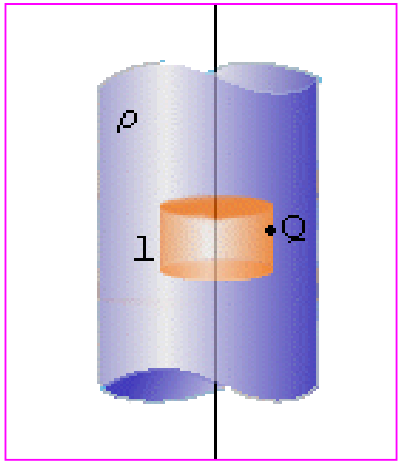
的高斯定理

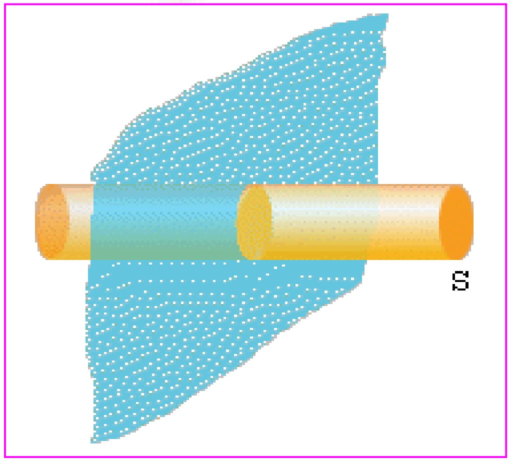
◆高斯定理的应用

$$\Phi_e = \oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0} \sum_{s(内)} q_i$$

求解三类对称电场







球对称电场　　轴对称电场　　面对称电场

$$\Phi_e = \oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0} \sum_{s(内)} q_i$$

其步骤为

（1）对称性分析；

（2）根据对称性选择合适的高斯面

（3）应用高斯定理计算;

$$\left.\begin{array}{l} 求：\phi_e = \oint_s \vec{E} \cdot d\vec{s} \\ 求：\sum\limits_{s（内）} q_i \end{array}\right\} \Rightarrow \phi_e = \frac{\sum q_i}{\varepsilon_0} \Rightarrow E = ?$$

三、有电介质时的高斯定理的应用

（1）根据自由电荷的分布，利用高斯定理求出电位移矢量 $\boxed{\vec{D}}$

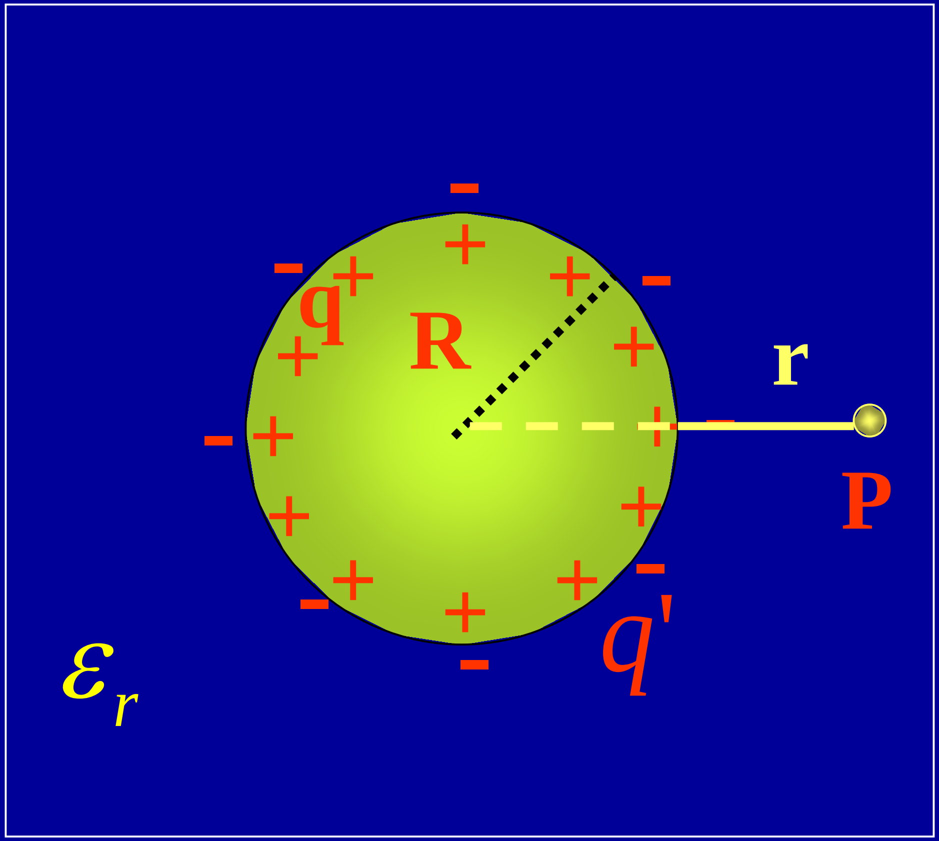
（2）根据 $\vec{D}$ 与 $\vec{E}$ 的关系，求出电场强度 $\boxed{\vec{E}}$　　$\boxed{\vec{D}=\varepsilon\vec{E}}$

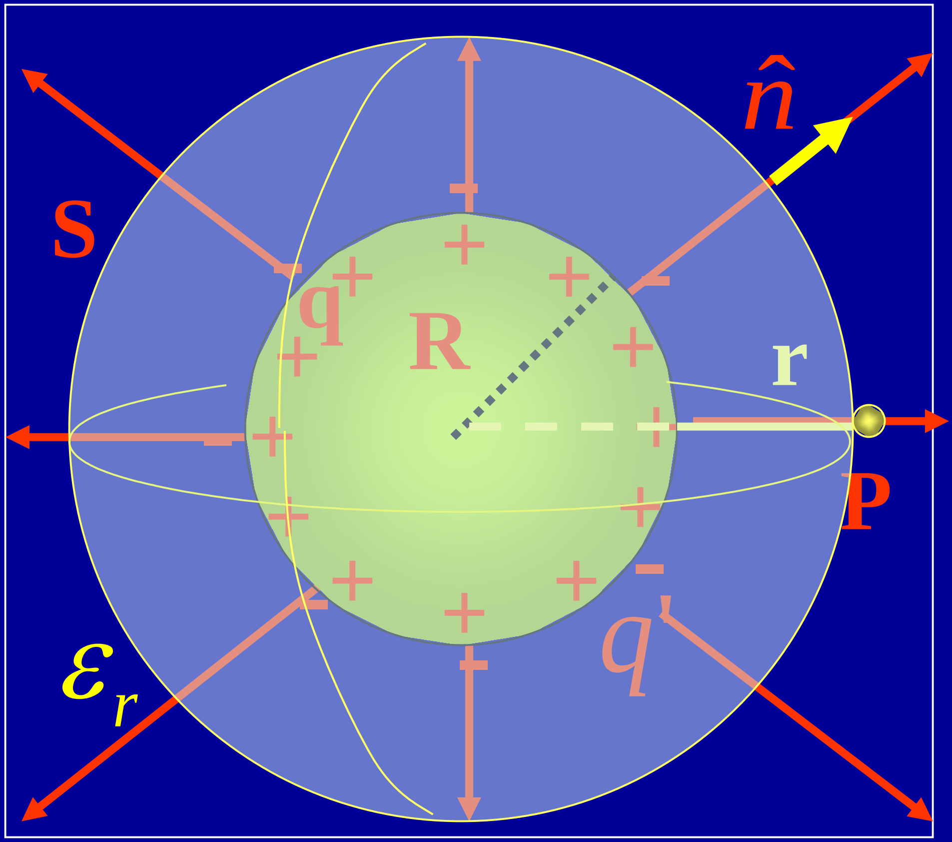
（3）根据 $\vec{P}$ 与 $\vec{E}$ 的关系，求出电场强度 $\boxed{\vec{P}}$　　$\boxed{\vec{P}=\chi_e\varepsilon_0\vec{E}}$

（4）最后利用 $\vec{P}$ 与 σ' 的关系，求出介质表面上极化电荷的分布

$$\boxed{\sigma'=\vec{P}\cdot\vec{n}}$$

例1）一导体带电球，带电q，周围充满无限大均匀介质，相对介电系数为 ε_r，
求球外一点P的场强。





解:

自由电荷与极化电荷都是球对称分布，故电场分布也是球对称分布。以半径r作高斯球面。

$$\oint_S \vec{D}\cdot d\vec{S} = \sum q_0 = q$$

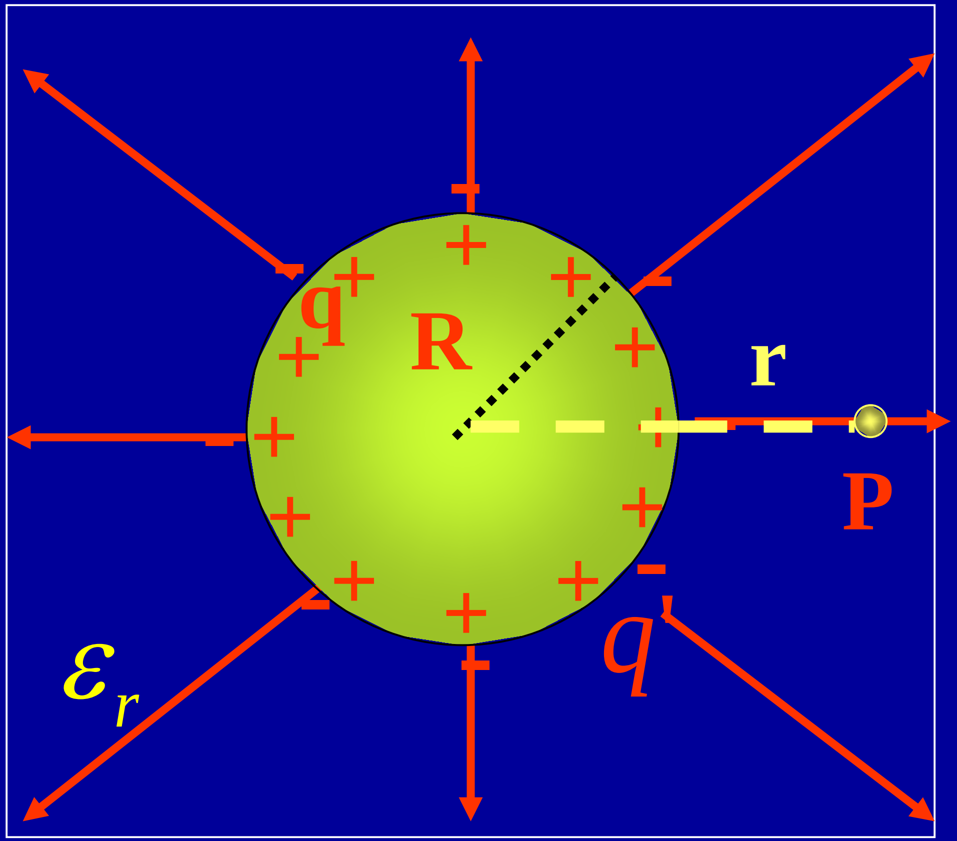
$$D4\pi r^2 = q$$

$$\boxed{D = \frac{q}{4\pi r^2}}$$

$$\vec{D} = \frac{q}{4\pi r^2}\vec{e}_r$$

$$\because \vec{D} = \varepsilon \vec{E}$$

$$\therefore \vec{E} = \frac{\vec{D}}{\varepsilon} = \frac{q}{4\pi\varepsilon r^2}\vec{e}_r$$



思考：

球面上的极化电荷分布如何求出？