第 9 教学节段教学设计方案

主题 名称	§3-3 介质存在时的高斯定理	课时数	45 分钟
教学主要内容	1.电位移矢量的引入，表达式 2. 介质存在时的高斯定理的表述及表达式 3. 介质存在时的高斯定理的应用		
教学目标要求	1. 掌握电位移普遍表达式以及特殊表达式； 2. 了解介质存在时高斯定理的推导； 3. 理解介质存在时高斯定理的表述 4. 掌握介质存在时高斯定理的应用		
教学重点及难点	教学重点： 电位移矢量的定义；介质存在时高斯定理的表述以及应用。 教学难点： 通过对称性分析，用高斯定理求 $\bar{D}$ 和 $\bar{E}$ 的方法		
教学方法与教学手段	教学方法： 课堂讲授，结合课堂讨论、提问、启发 教学手段： PPT 配合传统板书　flash 动画演示		

教学过程设计要点

一、 新知识的引入

欲求介质中$\vec{E}$ $\longrightarrow$ 则需$\vec{E}'$（$\because \vec{E}=\vec{E}_0+\vec{E}'$）$\longrightarrow$ 需$q'(\rho',\sigma')$ $\longrightarrow$ 需$\vec{P}$（$\oint_s \vec{P}\cdot d\vec{s}=-q'$，或$\rho'=-\nabla\cdot\vec{P}$ 、 $\sigma'=P_n$）$\longrightarrow$ 需知$\vec{E}$（$\because \vec{P}=\varepsilon_0\chi_e\vec{E}$），返回，出现循环。

表明：极化原因（$\vec{E}_0$：自由电荷激发的外场、$\vec{E}$：总场）和极化效果（$\vec{E}'$：由束缚电荷q'激发）之间有<u>反馈</u>联系。

一般地，$\vec{P}$未知，q'也难以求出，实验中q'不易测量，因而求其中任一物理量皆困难，需另辟途径，这就是本节将要学习的介质中的高斯定理。

二、新知识的讲解

（一）介质中的高斯定理

1、介质中的高斯定理的表达式

介质存在时，场源有两部分：$\begin{cases} q_0\text{：自由电荷，激发} \quad \vec{E}_0 \\ q'\text{：极化电荷，激发} \quad \vec{E}' \end{cases}$

对应的场的高斯定理有：$\begin{cases} \oint_s \vec{E}_0\cdot d\vec{s}=\dfrac{1}{\varepsilon_0}\sum\limits_{s内} q_0 \\ \oint_s \vec{E}'\cdot d\vec{s}=\dfrac{1}{\varepsilon_0}\sum\limits_{s内} q' \end{cases}$，

而$\vec{E}=\vec{E}_0+\vec{E}'$，则总场的闭面通量为：

$$\oint_s \vec{E}\cdot d\vec{s}=\oint_s(\vec{E}_0+\vec{E}')\cdot d\vec{s}=\frac{1}{\varepsilon_0}(\sum_{s内} q_0+\sum_{s内} q')$$

该式即介质中高斯定理。但该式的右端极化电荷q'不易实验上测量，应回避它。

为此，运用 $\sum\limits_{s内} q' = -\oint_s \vec{P}\cdot d\vec{s}$

代入上式，得 $\oint_s (\varepsilon_0 \vec{E} + \vec{P})\cdot d\vec{s} = \sum\limits_{s内} q_0$

引入辅助物理量：<u>电位移矢量</u>

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

则介质存在时的高斯定理表示为：

$$\oint_s \vec{D}\cdot d\vec{s} = \sum_{s内} q_0$$

2、对 $\oint_s \vec{D}\cdot d\vec{s} = \sum\limits_{s内} q_0$ 的讨论

①$\phi_D = \oint_S \vec{D}\cdot d\vec{s}$ 仅与其内自由电荷有关，与极化电荷无关；

②用 $\vec{D}$ 描述电场，$\vec{D}$ 线起自正自由电荷，止于负自由电荷；

③当问题具有某种对称性时，可由高斯定理求解，<u>物理思路</u>是：

先求 $\vec{D}$ $\rightarrow$ 再求 $\vec{E}$ $\rightarrow$ 再追究极化电荷分布等。

（二）电位移矢量

1、对电位移矢量的理解

$\vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E} + \vec{P}$ 是辅助物理量，无物理意义。

$\vec{D}$ 是 $\vec{E}$ 、$\vec{P}$ 不同量之叠加，$\vec{D}$ 与 $\vec{P}$ 同量纲；

ϕ_D 仅由 $\sum\limits_{s内} q_0$ 表示，并不意味着 $\vec{D}$ 仅与 $\sum\limits_{s内} q_0$ 有关， $\vec{D}$ 还与极化电荷有关。

2、特殊情形下 $\vec{D}$ 的表达式

①对于真空中

$\vec{P} = 0$, 有 $\vec{D} = \vec{D}_0 = \varepsilon_0 \vec{E}_0$

介质存在时的高斯定理　　：$\oint_s \vec{D}\cdot d\vec{s}=\sum_{s内} q_0$

$\Rightarrow$ 真空中静电场的高斯定　　理：$\oint_s \vec{E}_0\cdot d\vec{s}=\dfrac{\sum_{s内} q_0}{\varepsilon_0}$

$\oint_s \vec{D}\cdot d\vec{s}=\sum_{s内} q_0$：静电场高斯定理的普遍形式

②对于各项同性线性介质中

$\vec{P}=\varepsilon_0\chi_e\vec{E}$，有 $\vec{D}=\varepsilon_0\vec{E}+\varepsilon_0\chi_e\vec{E}=\varepsilon_0(1+\chi_e)\vec{E}=\varepsilon_0\varepsilon_r\vec{E}=\varepsilon\ \vec{E}$

式中

$\varepsilon_r=1+\chi_e$…… 相对介电常数，无量纲，$\chi_e\geq 0$，$\varepsilon_r\geq 1$；

$\varepsilon=\varepsilon_0\varepsilon_r$…… …绝对介电常数，与 ε_0 同量纲。

常用关系：$\vec{P}=\varepsilon_0\chi_e\vec{E}=(\varepsilon-\varepsilon_0)\vec{E}=\dfrac{\chi_e}{\varepsilon_r}\vec{D}$

对于各项同性线性介质，除介质参数外，$\vec{E},\vec{P},\vec{D}$ 三者知其一即可求出其它。

③对于导体中

因为 $\vec{E}=0$，$\vec{P}=0$，故 $\vec{D}=0$

3、比较 $\vec{E}$ 、$\vec{P}$ 、$\vec{D}$ 三物理量的闭面通量

$$\begin{cases}\oint_s \vec{D}\cdot d\vec{s}=q_0\\ \oint_s \vec{P}\cdot d\vec{s}=-q'\\ \oint_s \vec{E}\cdot d\vec{s}=\dfrac{1}{\varepsilon_0}(q_0+q')\end{cases}$$

其中：普适关系为：　$\vec{D}=\varepsilon_0\vec{E}+\vec{P}$

特殊关系为：$\begin{cases} \vec{D} = \varepsilon \vec{E} = \dfrac{\varepsilon_r}{\chi_e}\vec{P} \\ \vec{P} = (\varepsilon - \varepsilon_0)\vec{E} = (1 - \dfrac{1}{\varepsilon_r})\vec{D} \end{cases}$

（三）介质中的高斯定理的应用

当问题对称性分析，可利用介质中的用高斯定理求$\vec{D}$

先求出 $\vec{D} \to$ 可求 $\vec{E} \to$ 可求 $\vec{P} \to$ 可求极化电荷分布

用高斯定理求$\vec{D}$的步骤：

①对称性分析

②选择合适高斯面

球对称：同心球面；轴对称：同轴圆柱面；面对称：与平面垂直的圆柱面

③求出$\oint_s \vec{D}\cdot d\vec{s}$,确定$\sum\limits_{s内} q_0$

④由$\oint_s \vec{D}\cdot d\vec{s} = \sum\limits_{s内} q_0$ 求解$\vec{D}$，进而求解$\vec{E}$

讲解一个例题（球对称问题）

教学板书设计	一、 介质中的高斯定理表达式 $\oint_s \vec{E}\cdot d\vec{s} = \oint_s (\vec{E}_0 + \vec{E}')\cdot d\vec{s} = \dfrac{1}{\varepsilon_0}(\sum\limits_{s内} q_0 + \sum\limits_{s内} q')$ $\vec{D} = \varepsilon_0\vec{E} + \vec{P}$　　$\oint_s \vec{D}\cdot d\vec{s} = \sum\limits_{s内} q_0$ 二、电位移矢量 1、对电位移矢量的理解 ①$\vec{D} = \varepsilon_0\vec{E} + \vec{P}$是辅助物理量，无物理意义。

<table>
<tr><td>教学板书设计</td><td>②ϕ_D 仅由$\sum\limits_{s内} q_0$ 表示，但$\vec{D}$ 不仅与$\sum\limits_{s内} q_0$ 有关，还与极化电荷有关。

2、特殊情形下$\vec{D}$ 的表达式

①对于真空中：

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

②对于各项同性线性介质中

$$\vec{D} = \varepsilon_0 (1+\chi_e)\vec{E} = \varepsilon_0 \varepsilon_r \vec{E} = \varepsilon \vec{E}$$

$$\vec{P} = \varepsilon_0 \chi_e \vec{E} = (\varepsilon - \varepsilon_0)\vec{E} = \frac{\chi_e}{\varepsilon_r}\vec{D}$$

③对于导体中： $\vec{D} = 0$

3、比较$\vec{E}$ 、$\vec{P}$ 、$\vec{D}$ 三物理量的闭面通量

$$\begin{cases} \oint_s \vec{D} \cdot d\vec{s} = q_0 \\ \oint_s \vec{P} \cdot d\vec{s} = -q' \\ \oint_s \vec{E} \cdot d\vec{s} = \dfrac{1}{\varepsilon_0}(q_0 + q') \end{cases}$$

三、介质中的高斯定理的应用

先求出 $\vec{D} \rightarrow$ 可求 $\vec{E} \rightarrow$ 可求 $\vec{P} \rightarrow$ 可求极化电荷分布</td></tr>
<tr><td>作业与思考</td><td>思考题：

教材 122 页：3-2

作业：

教材 123 页：3-6；3-9；3-10；3-11</td></tr>
</table>