第二节　静电场中的电介质

1. 关于介质中的高斯定理，下列说法中正确的是　[B]

A 高斯面内不包围自由电荷，则面上各点电位移矢量 $\vec{D}$ 为零.

B 高斯面的 $\vec{D}$ 通量仅与面内自由电荷有关.

C 高斯面上处处 $\vec{D}$ 为零，则面内必不存在自由电荷.

D 以上说法都不正确。

2. 有一导体球外充满相对电容率为ε_r的均匀电介质，已知球表面附近的场强为E，则球面上的自由电荷面密度σ为 [A]

A　$\varepsilon_0\varepsilon_r E$.　　　B　$\varepsilon_0 E$.

C　$\varepsilon_r E$.　　　D　$(\varepsilon_0\varepsilon_r-\varepsilon_0)E$.

3. 在一点电荷 q 产生的静电场中，一块电介质如图放置，以点电荷所在处为球心作一球形闭合面 S，则对此闭合面：　[B]

A 高斯定理成立，且可用它求出闭合面上各点的场强.

B 高斯定理成立，但不能用它求出闭合面上各点的场强.

C 电介质不对称分布，高斯定理不成立.

D 使电介质对称分布，高斯定理也不成立.

4. 在各向同性的电介质中，当外电场不是很强时，电极化强度 $\vec{P}=\varepsilon_0\chi_e\vec{E}$，式中的 $\vec{E}$ 应是由　[C]

A 自由电荷产生的.

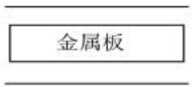
B 束缚电荷产生的.

C 自由电荷与束缚电荷共同产生的.

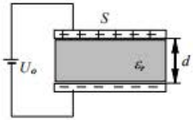
D 当地的分子电偶极子产生的.

5. 一平行板电容器始终与端电压一定的电源相联．当电容器两极板间为真空时，电场强度为 $\vec{E}_0$，电位移为 $\vec{D}_0$，而当两极板间充满相对介电常量为ε_r的各向同性均匀电介质时，电场强度 $\vec{E}=$ <u>$\vec{E}_0$</u>，电位移 $\vec{D}=$ <u>$\varepsilon_r\vec{D}_0$</u>。

6. 将一空气平行板电容器接到电源上并充电到一定电压后，断开电源．再将一块与极板面积相同的金属板平行地插入两极板之间，如图所示，插入金属板后的场强比插入前的（变大，变小，不变）<u>不变</u>，其值与金属板所放的位置（有关，无关）<u>无关</u>。



7. 将一平行板电容器连接到端电压为 U_0 的电源上，然后在两板间充满各向同性的均匀电介质（相对电容率为ε_r），求（1）介质中的、电场强度 $\vec{E}$ 和电极化强度 $\vec{P}$；（2）介质表面的极化电荷面密度。



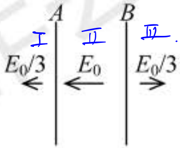
解：(1) $\vec{E} = \dfrac{U_0}{d}$

$\vec{D} = \varepsilon\vec{E} = \varepsilon_0\varepsilon_r\dfrac{U_0}{d}$

$\vec{P} = \vec{D} - \varepsilon_0\vec{E} = \varepsilon_0(\varepsilon_r - 1)\dfrac{U_0}{d}$

(2) 极化电荷密度 $\sigma' = \vec{P}\cdot\vec{e}_n = \varepsilon_0(\varepsilon_r - 1)\dfrac{U_0}{d}$

8. A、B 为两块无限大均匀带电平行薄平板，两板间和左右两侧充满相对介电常量为ε_r的各向同性均匀电介质．已知两板间的场强大小为 E_0，两板外的场强均为 $E_0/3$，方向如图．则 A、B 两板所带电荷面密度σ_A 、σ_B 各为多少？



解：均匀带电极板两侧电场为

左侧 $E = -\dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0}$，右侧 $E = \dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

则对于 $E_{\text{I}} = -\dfrac{\sigma_A}{2\varepsilon_0} - \dfrac{\sigma_B}{2\varepsilon_0} = -\dfrac{E_0}{3}$

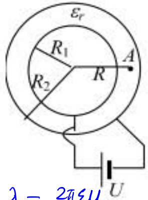
$E_{\text{II}} = \dfrac{\sigma_A}{2\varepsilon_0} - \dfrac{\sigma_B}{2\varepsilon_0} = -E_0$

$E_{\text{III}} = \dfrac{\sigma_A}{2\varepsilon_0} + \dfrac{\sigma_B}{2\varepsilon_0} = \dfrac{E_0}{3}$

所以 $\sigma_A = -\dfrac{2}{3}\varepsilon_0E_0$

$\sigma_B = \dfrac{4}{3}\varepsilon_0E_0$

9. 一电容器由两个很长的同轴薄圆筒组成，内、外圆筒半径分别为 $R_1 = 2$ cm，$R_2 = 5$ cm，其间充满相对介电常量为ε_r 的各向同性、均匀电介质．电容器接在电压 $U = 32$ V 的电源上（如图所示），试求距离轴线 $R = 3.5$ cm 处的 A 点的电场强度和 A 点与外筒间的电势差．



解：内外圆筒间接上电压后，内外圆筒带等量异号电荷，由电荷在内外圆筒间形成电场．

根据高斯定理：

$\oint \vec{D}\cdot d\vec{S} = Q = \lambda L$

$D\cdot 2\pi r\cdot L = \lambda L$

$\Rightarrow D = \dfrac{\lambda}{2\pi r}$

$E = \dfrac{D}{\varepsilon} = \dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon r}$

电压 $U = \int_{R_2}^{R_1} E(-dr) = \dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon}\ln\dfrac{R_2}{R_1}$

所以 $\lambda = \dfrac{2\pi\varepsilon U}{\ln\frac{R_2}{R_1}}$

$U_A = \int_{R_2}^{R_A} E\cdot(-dr)$

$= \dfrac{\lambda}{2\pi}\ln\dfrac{R_2}{R_A} = U\dfrac{\ln\frac{R_2}{R_A}}{\ln\frac{R_2}{R_1}} = 12.46\text{V}$

10.思考题

“由于 C=Q/U，所以电容器的电容与其所带电荷成正比。”这话对吗？如果电容器两极的电势差增加一倍，Q/U 将如何变化呢？

不对．

不变

第三节 电容　静电场中的能量

1. 平行板电容器极板面积为 S，间距为 d，现将相对电容率为ε_r的各向同性均匀电介质充满电容器的一半空间，如图。则电容器的电容变为　　[C]

A $\dfrac{\varepsilon_o \varepsilon_r S}{d}$；

B $\dfrac{\varepsilon_o(\varepsilon_r+1)S}{d}$；

C $\dfrac{\varepsilon_o(\varepsilon_r+1)S}{2d}$；　　D $\dfrac{(\varepsilon_r+1)S}{d}$

2. 一平行板电容器充电后仍与电源连接，若用绝缘手柄将电容器两极板间距离拉大，则极板上的电荷 Q、电场强度的大小 E 和电场能量 W 将发生如下变化　　[B]

A　Q 增大，E 增大，W 增大；

B　Q 减小，E 减小，W 减小；

C　Q 增大，E 减小，W 增大；

D　Q 增大，E 增大，W 减小．

3.　C_1 和 C_2 两个电容器，其上分别标明 200 pF(电容量)、500 V(耐压值)和 300 pF、900 V．把它们串连起来在两端加上 1000 V 电压，则　　[C]

A　C_1 被击穿，C_2 不被击穿．

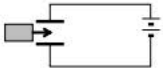
B　C_2 被击穿，C_1 不被击穿．

C　两者都被击穿．

D　两者都不被击穿．

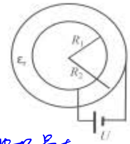
4.一空气平行板电容器，接电源充电后电容器中储存的能量为 W_0．在电源断开的条件下，在两极板间充满相对介电常量为ε_r 的各向同性均匀电介质，则该电容器中储存的能量 W 是 W_0的 ___$\frac{1}{\varepsilon_r}$___ 倍．

5.　电容为 C_0 的平板电容器，接在电路中，如图所示．若将相对电容率为ε_r的各向同性均匀电介质插入电容器中(填满空间)，则此时电容器的电容为原来的___ε_r___倍，电场能量是原来的___ε_r___倍．



6. 真空中有“孤立的”均匀带电球体和一均匀带电球面，如果它们的半径和所带的电荷都相等．则球体的静电能___大于___球面的静电能（选填：大于、小于、等于）

7. 一同轴电缆其芯线为 R_1 的铜导线，外导体为 R_2 的铜箔，其间充满各向同性均匀电介质（相对电容率为ε_r，击穿电场强度为 E_{max}），（1）求电缆能够承受的最高电压 U；（2）当电压增高时介质哪一点先被击穿？



根据电位移矢量的高斯定理.

$$\oint \vec{D}\cdot d\vec{S} = Q = \lambda L$$

$$D = \frac{\lambda}{2\pi r}$$

$$E = \frac{D}{\varepsilon} = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon r}$$

$$U = \int_{R_1}^{R_2} E\cdot dr = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon}\ln\frac{R_2}{R_1}$$

由电场公式. E 在 R_1 处电场最大,

在 R_2 处最小,

所以当 $E = \dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon R_1} = E_{max}$ 时,

介质被击穿.

最大电压 $U = R_1 E_{max}\ln\dfrac{R_2}{R_1}$

(2) R_1 处电场最大.

最先达到 E_{max}.

所以 R_1 处先被击穿.

8. 一半径为 R 金属球，在真空中充电到势值 U_0. 若断开电源，使其上所带电荷保持不变，并把它浸没在相对介电常量为ε_r的无限大的各向同性均匀液态电介质中，问这时电场总能量有多大？

金属球体的电容 在真空中的电容 $C_0 = 4\pi\varepsilon_0 R$

金属球带电 $Q = C_0 U_0$，在介质中, $C = 4\pi\varepsilon R$

电容中的电场能量 $W = \dfrac{1}{2}\dfrac{Q^2}{C} = \dfrac{1}{2}\dfrac{(4\pi\varepsilon_0 R U_0)^2}{4\pi\varepsilon R}$

$$= \frac{2\pi\varepsilon_0 R U_0^2}{\varepsilon_r}$$

9. 思考题

将一极板间距为 d、面积为 S 的空气平行板电容器接到电源上，充电到电压为 U_0 后，断开电源．再将一块与极板面积相同、厚度为 t 的相对介电常量为ε_r的介质板平行地插入两极板之间，如图所示。放入介质板的前、后电容器的储能各为多少？所储电能与介质板相对极板的位置是否有关？若保持与端电压为 U_0 的电源连接，则上述结果又如何？