参　考　答 案

第　一　章

1. 电介质在电场作用下，在介质内部感应出偶极矩、介质表面出现束缚电荷的现象称为电介质的极化。其宏观参数是介电系数ε。

2. 在电场作用下平板介质电容器的介质表面上的束缚电荷所产生的、与外电场方向相反的电场，起削弱外电场的作用，所以称为退极化电场。

退极化电场：$E_d = \dfrac{-\sigma'}{\varepsilon_0} = \dfrac{-P}{\varepsilon_0}$

平均宏观电场：$E = \dfrac{P}{\varepsilon_0(\varepsilon_r - 1)}$

充电电荷产生的电场：

$$\begin{aligned} E &= E + E_d \\ &= \frac{\sigma}{\varepsilon_0} = \frac{D}{\varepsilon_0} = \frac{\varepsilon_0 E + P}{\varepsilon_0} = \frac{P}{\varepsilon_0(\varepsilon_r - 1)} + \frac{P}{\varepsilon_0} = \frac{\varepsilon_r P}{\varepsilon_0(\varepsilon_r - 1)} \end{aligned}$$

3. 计算氧的电子位移极化率:按式$\alpha = 4\pi\varepsilon_0 r^3$代入相应的数据进行计算。

4．氖的相对介电系数:

单位体积的粒子数: $N = 6.023\times10^{23}\times\dfrac{10^3}{22.4} = 2.73\times10^{25}$ ，而 $\varepsilon_0(\varepsilon_r - 1) = N\alpha_e$

所以: $\varepsilon_r = 1 + \dfrac{N\alpha_e}{\varepsilon_0} = 1 + \dfrac{2.73\times10^{25}\times0.22\times10^{-40}}{8.85\times10^{-12}} \cong 1.0000678$

5．洛伦兹有效电场：$E_e = \dfrac{\varepsilon_r + 2}{3}E + E''$

ε_r与α的关系为：$\dfrac{\varepsilon_r - 1}{\varepsilon_r + 2} = \dfrac{1}{3\varepsilon_0}N\alpha$

介电系数的温度系数为：$\alpha_\varepsilon = -\dfrac{(\varepsilon_r - 1)(\varepsilon_r + 2)}{\varepsilon_r}\beta_L$

6. $E_1 = 0$时，洛伦兹有效电场可表示为：$E_e = \frac{\varepsilon_r + 2}{3} E$

7. 克----莫方程赖以成立的条件：E"=0。其应用范围：体心立方、面心立方，氯化钠型以及金刚石型结构的晶体；非极性及弱极性液体介质。

8．按洛伦兹有效电场计算模型可得：

E"=0 时，$$E_e = \frac{\varepsilon_r + 2}{3} E$$

所以 $$E = \frac{3}{\varepsilon_r + 2} E_e$$

9. 温度变化 1 度时，介电系数的相对变化率称为介电系数的温度系数.

$$\alpha_\varepsilon = \frac{1}{\varepsilon_r}\frac{d\varepsilon_r}{dT}, \alpha_C = \frac{1}{C}\frac{dC}{dT} \qquad \alpha_\varepsilon = -\frac{(\varepsilon_r - 1)(\varepsilon_r + 2)}{\varepsilon_r}\beta_L$$

10. 如高铝瓷，其主要存在电子和离子的位移极化，而掺杂的金红石和钛酸钙瓷 除了含有电子和离子的位移极化以外，还存在电子和离子的松弛极化。极性介质在光频区将会出现电子和离子的位移极化，在无线电频率区可出现松弛极化、偶极子转向极化和空间电荷极化。

11. 极化完成的时间在光频范围内的电子、离子位移极化都称为瞬间极化。而在无线电频率范围内的松弛极化、自发式极化都称为缓慢式极化。电子、离子的位移极化的极化完成的时间非常短，在$10^{-12} \sim 10^{-15}$秒的范围内，当外电场的频率在光频范围内时，极化能跟得上外电场交变频率的变化，不会产生极化损耗；而松弛极化的完成所需时间比较长，当外电场的频率比较高时，极化将跟不上交变电场的频率变化，产生极化滞后的现象，出现松弛极化损耗。

12．参照书中简原子结构模型中关于电子位移极化率的推导方法。

13. $$E_0=\frac{\sigma}{\varepsilon_0},D_0=\sigma,P_0=0$$

$$E_J=\frac{\sigma/\varepsilon_0}{\varepsilon_r}=\frac{\sigma}{\varepsilon_0\varepsilon_r},D_J=\sigma,P_J=\sigma\left(1-\frac{1}{\varepsilon_r}\right)$$

$$E_{ji}=-\left(E_0-E_J\right)=\frac{\sigma\left(1-\varepsilon_r\right)}{\varepsilon_0\varepsilon_r}\text{或}\frac{\sigma\left(\varepsilon_r-1\right)}{\varepsilon_0\varepsilon_r}$$

“-”表示了 E_{ji} 的方向性。

14．参考有效电场一节。

15． 求温度对介电系数的影响，可利用 $\frac{\varepsilon_r-1}{\varepsilon_r+2}=\frac{1}{3\varepsilon_0}N\left(\alpha_{e^+}+\alpha_{e^-}+\frac{q^2}{k}\right)$，对温度求导得出 ： $\alpha_\varepsilon=\frac{1}{\varepsilon_r}\frac{d\varepsilon_r}{dT}=2-\frac{\left(\varepsilon_r-1\right)\left(\varepsilon_r+2\right)}{\varepsilon_r}\beta_L+\frac{-\left(\varepsilon_r+2\right)^2}{9\varepsilon_0\varepsilon_r}N\frac{q^2}{k^2}\frac{dk}{dT}$。由上式可知，由于电介质的密度减小，使得电子位移极化率及离子位移极化率所贡献的极化强度都减小，第一项为负值；但温度升高又使离子晶体的弹性联系减弱，离子位移极化加强，即第二项为正值；然而第二项又与第一项相差不多。所以氯化钠型离子晶体的介电系数是随温度的上升而增加，只是增加得非常慢。

16．串联时：$\frac{1}{c}=\frac{1}{c_1}+\frac{1}{c_2},c_1=\frac{\varepsilon_0\varepsilon_1 s}{d_1},c_2=\frac{\varepsilon_0\varepsilon_2 s}{d_2},$ $\qquad c=\frac{\varepsilon_0\varepsilon_r S}{d_1+d_2}$

$$\frac{d_1}{d_1+d_2}=y_1,\frac{d_2}{d_1+d_2}=y_2$$

由以上关系可得到：$\frac{1}{\varepsilon_r}=\frac{y_1}{\varepsilon_1}+\frac{y_2}{\varepsilon_2}=\frac{y_1\varepsilon_2+y_2\varepsilon_1}{\varepsilon_1\varepsilon_2}=\frac{d_1\varepsilon_2+d_2\varepsilon_1}{\varepsilon_1\varepsilon_2 d}$

$$\varepsilon_r=\frac{\varepsilon_1\varepsilon_2 d}{d_1\varepsilon_2+d_2\varepsilon_1}$$

并联时：

$$C=C_1+C_2$$

$$\frac{\varepsilon_r S}{d}=\frac{\varepsilon_1 S_1}{d}+\frac{\varepsilon_2 S_2}{d}$$

$$\varepsilon_r=\frac{\varepsilon_1 S_1+\varepsilon_2 S_2}{S}$$

17．参考书上有关章节。

18．真空时：

$$E_0=\frac{\sigma_0}{\varepsilon_0}=\frac{1.77\times10^{-6}}{8.85\times10^{-12}}\approx2.0\times10^5\ 伏/米$$

$$D_0=\sigma_0=\varepsilon_0E=1.77\times10^{-6}\ 库/米^2$$

$$P_0=0$$

介质中：

$$E=\frac{E_0}{\varepsilon_0}=\frac{\sigma_0}{\varepsilon_0}=\frac{2.0\times10^5}{9}\approx2.2\times10^4\ 伏/米$$

$$D=\varepsilon E=\varepsilon_0\varepsilon_r E=\sigma_0=1.77\times10^{-6}\ 库/米^2$$

$$P=\varepsilon_0(\varepsilon_r-1)E=8.85\times10^{-12}\times8\times2.22\times10^4=1.57\times10^{-6}\ 库/米^2$$

$$E'=\frac{-\sigma'}{\varepsilon_0}=\frac{1.57\times10^{-6}}{8.85\times10^{-12}}=-1.78\times10^5$$ 伏/米

$(E'=E_0-E=2.0\times10^5-2.22\times10^4=1.78\times10^5$ 伏/米）

19．解：

$$C=\frac{\varepsilon_0\varepsilon_r A}{d}=8.85\times10^{-12}\times\frac{2\times10\times10^{-4}}{1\times10^{-2}}=1.77\times10^{-12}法$$

$$Q=CV=1.77\times10^{-12}\times1.5\times300=7.965\times10^{-10}$$ 库

$$Q'=\sigma'A=\varepsilon_0(\varepsilon_r-1)EA=8.85\times10^{-12}\times(2-1)\frac{1.5\times300}{1\times10^{-2}}\times10\times10^{-4}$$

$$=3.9825\times10^{-10}库$$

$$P=\sigma'=3.9825\times10^{-7}$$ 库/米^2

$$\mu=PV=3.9825\times10^{-7}\times1\times10^{-2}\times10\times10^{-4}=3.9825\times10^{-12}库\cdot米$$

$$E_0=V/d=\frac{1.5\times300}{1\times10^{-2}}=4.5\times10^4$$ 伏/米

$$E_e=\frac{\varepsilon_r+2}{3}E=\frac{4}{3}\times4.5\times10^4=6\times10^4\ 伏/米$$

第 二 章

1. $p_r = p_{rm}(1-e^{-t/\tau})$，宏观表征出来的是一随时间逐渐衰减的吸收电流。

2. 在交变电场中，由于电场频率不同，介质的种类、所处的温度不同，介质在电场作用下的介电行为也不同。

当介质中存在松弛极化时，介质中的电感应强度D与电场强度E在时间上有一个显著的相位差，D 将滞后于 E，$D=\varepsilon_r E$ 的简单表示式就不再适用了。且电容器两极板上的电位与真实电荷之间产生相位差，对正弦交变电场来说，电容器的充电电流超前电压的相位角小于 $\pi/2$。电容器的计算不能用 $c=\varepsilon_r c_0$ 的简单公式了。

D与E之间存在相位差时，D滞后于E，存在一相角δ，用复数来描述D与E的关系：

$$\dot{\varepsilon} = \frac{\dot{D}}{\varepsilon_0 \dot{E}} = \varepsilon' - i\varepsilon''$$

3 . ①

$$\varepsilon' = \varepsilon_\infty + (\varepsilon_S - \varepsilon_\infty)\frac{1}{1+\omega^2\tau^2} \qquad \varepsilon'' = (\varepsilon_S - \varepsilon_\infty)\frac{\omega\tau}{1+\omega^2\tau^2}$$

② $\omega_m = \dfrac{1}{\tau}, \omega_{m'} = \dfrac{1}{\tau}\sqrt{\varepsilon_s/\varepsilon_\infty}$

③ 有关曲线图参考书上有关章节。

4. 由已知条件：

$$E = E_m e^{i\omega t}, p_r = \frac{x_m}{1+i\omega\tau}E, p = p_\infty + p_r = (x_1 + x_2)E,\quad p_r = x_2 E。$$

解：$D = \varepsilon_0 E + p = \varepsilon_0 E + p_\infty + p_r$

$$\varepsilon_0 \varepsilon_r E = \varepsilon_0 E + (x_1 + x_2)E$$

∴

$$\varepsilon_r = 1 + \frac{1}{\varepsilon_0}(x_1 + x_2) = 1 + \frac{1}{\varepsilon_0}x_1 + \frac{1}{\varepsilon_0}\frac{x_m}{1+i\omega\tau} \cdots\cdots \tag{1}$$

当 $\omega = 0, \varepsilon_r = \varepsilon_S$，

$$\varepsilon_s = 1+\frac{1}{\varepsilon_0}x_1+\frac{1}{\varepsilon_0}x_m\cdots\cdots(2)$$

当 $\omega \to \infty, \varepsilon_r = \varepsilon_\infty$

$$\varepsilon_\infty = 1+\frac{1}{\varepsilon_0}x_1\cdots\cdots(3)$$

(2)-(3)：

$$\varepsilon_s-\varepsilon_\infty = \frac{1}{\varepsilon_0}x_m\cdots\cdots(4)$$

将（3）、（4）代入（1）：

$$\varepsilon=\varepsilon_\infty+\frac{\varepsilon_s-\varepsilon_\infty}{1+i\omega\tau}=\varepsilon_\infty+\frac{(\varepsilon_s-\varepsilon_\infty)(1-i\omega\tau)}{1+\omega^2\tau^2}=\varepsilon_\infty+\frac{(\varepsilon_s-\varepsilon_\infty)}{1+\omega^2\tau^2}-i\frac{\omega\tau(\varepsilon_s-\varepsilon_\infty)}{1+\omega^2\tau^2}=\varepsilon'-i\varepsilon''$$

$$\tan\delta=\frac{\varepsilon''}{\varepsilon'}=\frac{\omega\tau(\varepsilon_s-\varepsilon_\infty)}{\varepsilon_s-\omega_2\tau^2\varepsilon_\infty}$$

令 $\dfrac{\partial\tan\delta}{\partial\omega}=0,$ 得 $\omega\tau=\sqrt{\varepsilon_s/\varepsilon_\infty}$ 时，$\tan\delta_{max}=\dfrac{\varepsilon_s-\varepsilon_\infty}{2\sqrt{\varepsilon_s\varepsilon_{\infty sr}}}$ 曲线图参考有关章节。

5．参考有关章节。

6．参考有关章节。

7．参考有关章节。

8．德拜函数为 $\dfrac{\varepsilon'-\varepsilon_\infty}{\varepsilon_s-\varepsilon_\infty}$ 、 $\dfrac{\varepsilon''}{\varepsilon_s-\varepsilon_\infty}$ 。德拜函数图参考有关章节。

9． ε’～ε”的关系式: $(\varepsilon'-7.5)^2+\varepsilon''^2=4.5^2$,其柯尔---柯尔图参考有关章节.

10． 参考有关章节.

11． 参考有关章节.

12． 比较 tanδ与 P, tanδ可用仪表直接测量;

tanδ与 P 成正比例关系;

在多数情况下,介质的介电系数变化不大,当介电系数变化大时,用 ε’tanδ 来表示, ε’tanδ称为介质损耗因子。

13.测量介质在整个频段（从低频到高频）的介电系数及损耗，作出ε’与ε”的关系曲线图。根据其图的图型与标准的柯尔---柯尔图相比较，即可判断。

14．因为电子元器件的参数，如ε、tanδ、ρ等都与外场频率、环境温度条件有关。所以在检测时要说明一定的检测条件。

第　三　章

1.　参考有关章节。
2.　参考有关章节。
3.　参考有关章节。
4.　参考有关章节。
5.　参考有关章节。
6.　参考有关章节。
7.　参考有关章节。

8.　条件：$eEx_1 \ge eI$。I------气体分子的电离电位；eI -----气体分子的电离电能；x_1-------电子在电场作用下移动的距离。

9.　参考有关章节。

10.　可采用中和效应和压抑效应。详细内容参考有关章节。

11.　固体介质中导电载流子有：本征离子电导、弱系离子电导、电子电导。在高温时主要以本征电导为主，低温时以弱系离子电导为主，而电子电导主要发生在含钛陶瓷中。

12.　因为$\gamma = Ae^{-B/T}, B = U/K, U = BK$.　$\ln\gamma = A - B/T, \lg\gamma = A' - B/T \cdot \lg e$。

$\rho = Ae^{B/T}, \lg\rho = A' + B/T \cdot \lg e$ 根拒所测的电阻率ρ和测试温度 T，作出$\lg\rho$与1/T　的关系曲线图，计算出直线的斜率$B\lg e$，即可求出激活能量 U。

$$\rho = \rho_0 e^{-at}, \lg\rho = \lg\rho_0 - at\lg e, a\lg e = K, a = \frac{K}{\lg e}, a = \frac{B}{273^2}, B = 273^2 a$$

$$\therefore U = BK$$

13.　参考有关章节。
14.　参考有关章节。
15.　参考有关章节。
16.　参考有关章节。
17.　参考有关章节。

18. 参考有关章节。
19. 参考有关章节。
20. 参考有关章节。

21. 解：

1. $$\varepsilon = \frac{cd}{\varepsilon_0 s} = \frac{2000\times10^{-12}\times10^{-3}}{8.85\times10^{-12}\times3.14\times25\times10^{-6}} \cong 2877$$

$$\varepsilon' \tan\sigma = 2877\times0.02 = 57.54$$

$$\gamma = \omega\varepsilon_0\varepsilon\tan\delta = 2\times3.14\times50\times8.85\times10^{-12}\times2877\times0.02 = 159898\times10^{-12}$$

$\cong 1.6\times10^{-7}$ 西/米

$G = \gamma\frac{s}{l} \cong 1.26\times10^{-8}$ 西

$G = \omega C\tan\delta = 2\times3.14\times50\times2000\times10^{-12}\times0.02 \cong 1.26\times10^{-8}$ 西

2. $G \cong 1.26\times10^{-2}$ 西

3.

$$I = VG = V\frac{\gamma s}{l} = 10\times\left(2\times3.14\times1000\times8.85\times10^{-12}\times2877\times0.02\right)\times\frac{3.14\times25\times10^{-6}}{10^{-3}}$$
$$= 10\times3.2\times10^{-6}\times78.5\times10^{-3} = 2.5\times10^{-6}(A) = 2.5(\mu A)$$

22．参考有关章节。

第　四　章

1. 参考有关章节。
2. 参考有关章节。
3. 参考有关章节。
4. 参考有关章节。居里外斯定律：$\varepsilon = \frac{C}{T-T_0}$。
5. 参考有关章节。
6. 参考有关章节。
7. 参考有关章节。

8.　参考有关章节。

9.　解：按一级相变的条件，$T=T_C$ 时，$F(P_s,T_C)=F(0,T_C)$

$$\therefore \frac{1}{2}\alpha P_s^{\ 2}+\frac{1}{4}\beta P_s^4+\frac{1}{6}\gamma P_s^6=0$$

$$\alpha+\frac{1}{2}\beta P_s^2+\frac{1}{3}\gamma P_s^4=0 \qquad \text{--------------------}\ (1)$$

热平衡条件：$(\frac{\partial F}{\partial P})_T=0$

得：$\alpha P_s+\beta P_s^3+\gamma P_s^5=0$

$$\alpha+\beta P_s^2+\gamma P_s^4=0 \qquad \text{------------------------}\ (2)$$

（2）－（1）：$\frac{1}{2}\beta P_s^2+\frac{2}{3}\gamma P_s^4=0$

$$\therefore P_s^2=-\frac{3}{4}\frac{\beta}{\gamma},P_s=\pm\sqrt{\frac{-3}{4}\frac{\beta}{\gamma}} \qquad \text{-----------------}\ (3)$$

（3）代入（2）：$\alpha=\frac{3}{16}\frac{\beta^2}{\gamma}$

11. 参考有关章节。

12. 解：$P=N\alpha E_i=N\alpha(E+\frac{\gamma}{\varepsilon_0}P)=N\alpha E+N\alpha\frac{\gamma}{\varepsilon_0}P$

$$\therefore P=\frac{N\alpha E}{1-N\alpha\frac{\gamma}{\varepsilon_0}}$$

因此，即使外电场为 0，也能发生极化的条件为：$1-N\alpha\frac{\gamma}{\varepsilon_0}=0$

$$\alpha=\varepsilon_0/(N\gamma)=8.85\times10^{-12}\Big/\frac{1}{4\times10^{-10}}\times3=17\times10^{-40}F\cdot M^2$$

13．解：参考题 10，得

$$P_s = \pm\sqrt{-\frac{3}{4}\frac{\beta}{\gamma}} \quad , \quad \alpha = \frac{3}{16}\frac{\beta^2}{\gamma}$$

设：$\alpha = A(T_C - T_0)$

$$\therefore T_C = T_0 + \frac{3}{16A}\frac{\beta^2}{\gamma}$$

第　五　章

1　　参考有关章节。

2　　参考有关章节。