$$\sigma \quad = ne\mu_e + pe\mu_h \approx \quad ne\mu_e \quad \Rightarrow n = n_i = 4.826x10^{21}\left(\frac{m_e^* \quad m_h^*}{m_0^2}\right)^{\frac{3}{4}} T^{\ 3/2} \quad e^{\left(-\frac{E_{Gap}}{2kT}\right)}$$

$$n_i = \quad 2{,}34x10^{11}m^{-3} = 2{,}34x10^5 cm^{-3} \quad \Rightarrow \sigma = (2{,}34x10^{11})(1{,}6x10^{-19})(0{,}85) = 3{,}1810^{-8}\Omega^{-1}m^{-1}$$

$$\mu_e = \frac{e\tau_e}{m_e^*} \Rightarrow \quad \tau_e = \frac{m_e^*\mu_e}{e} = \quad 3{,}24x10^{-13}s \quad \Rightarrow \lambda_e = v\tau_e = 3{,}24x10^{-8}m$$

d)

$$v = \mu E \quad \Rightarrow \quad E = \frac{v}{\mu} = 1{,}17x10^5 Vm^{-1} \quad dado \quad que \quad E = \frac{\triangle V}{d} \quad \Rightarrow \triangle V = Ed = 11.76V$$

e) $$\sigma \quad = ne\mu_e + pe\mu_h \approx ne\mu_e = (10^{17}cm^{-3})e\mu_e = 1{,}36x10^4\Omega^{-1}m^{-1} \Rightarrow \rho = \frac{1}{\sigma} = 7{,}6x10^{-5}\Omega m$$

Entregable 4.-

El óxido de zinc tiene una estructura hexagonal con a_0=0,3250 nm y c_0=0,5207 nm y un volumen de la celda unidad de $47{,}63x10^{-27}$ m^3 . Las posiciones atómicas son:

- Zn: (1/3,2/3,0) y (2/3,1/3,1/2)
- O: (1/3,2/3,0.38) y (2/3,1/3, 0.58)

Hay dos fórmulas en cada celda unidad. Se pide:

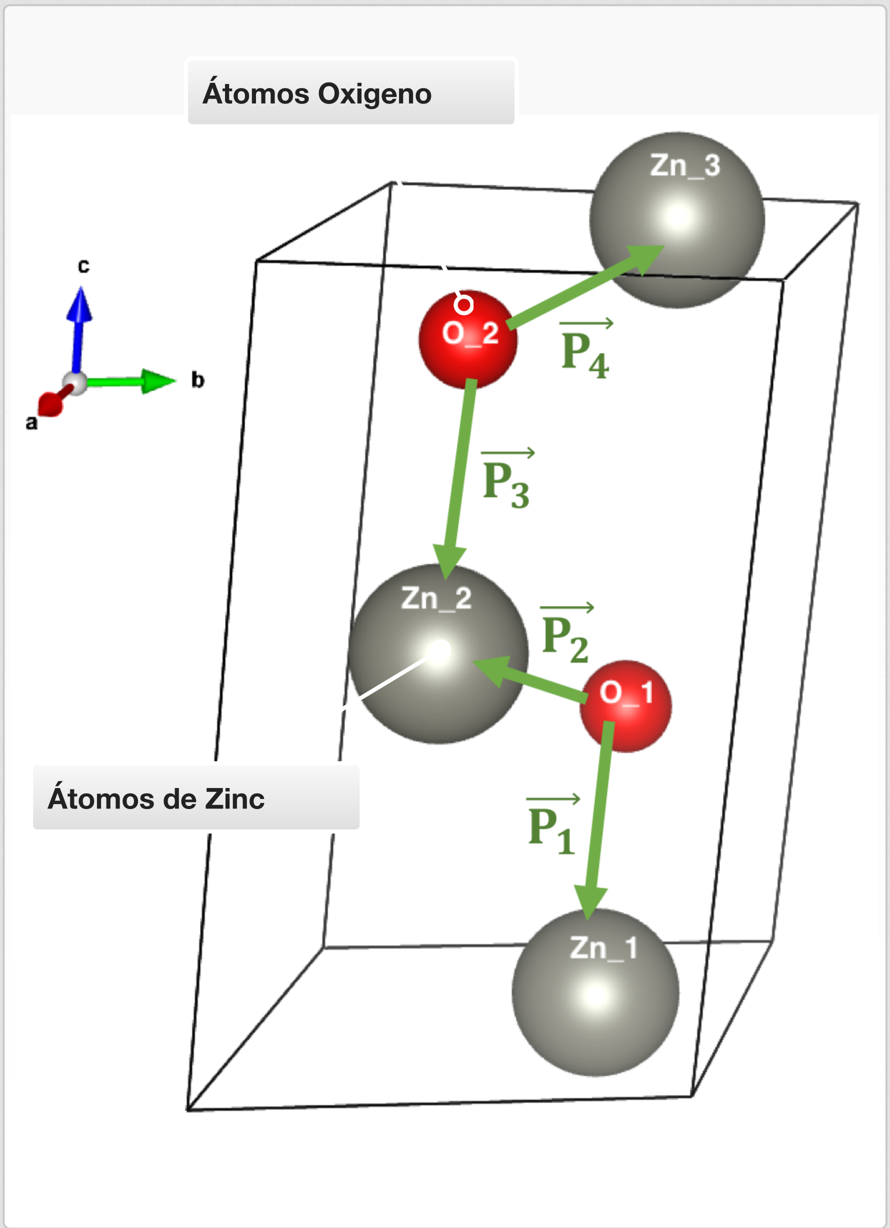
a) Dibuje la celda unidad. 3 ptos

b) Estime la polarización espontánea máxima del ZnO, suponiendo que la estructura es iónica. 4 ptos

c) Si su coeficiente de piezoelectricidad es de 11pC/N, calcúlese la polarización de un disco de 10cm x 5cm x 0,5mm al colocar una masa de 300gr. sobre él. ¿A qué campo eléctrico corresponde, si la constante dieléctrica relativa es de 10,8? 3 ptos

Nota: el coeficiente piezoeléctrico relaciona la variación en la polarización con la tensión aplicada por unidad de superfice d=P/σ

Entregable 4. Celda Unidad del ZnO.



b) Para calcular el momento dipolar total necesitamos calcular los momentos dipolares individuales ya que:

$$\overrightarrow{P_{Total}} = \sum \vec{p_i} = \vec{p_1} + \vec{p_2} + \vec{p_3} + \vec{p_4}$$

Por tanto tenemos que:

2 ptos (0,5 cada vector)

1pto

$$\overrightarrow{P_{Total}} = q \cdot \left(\overrightarrow{Zn_1O_1} + \overrightarrow{Zn_2O_2} + \overrightarrow{Zn_2O_1} + \overrightarrow{Zn_3O_2}\right) = \left\{\begin{array}{c} \overrightarrow{Zn_1O_1} = (0{,}0{,}0.38) \\ \overrightarrow{Zn_2O_2} = (0{,}0{,}0.58) \\ \overrightarrow{Zn_2O_1} = (1/3,-1/3{,}0.12) \\ \overrightarrow{Zn_3O_2} = (-1/3{,}1/3{,}0.42) \end{array}\right\} \Rightarrow \overrightarrow{P_{Total}} = q(0{,}0{,}1.5)$$

Donde observamos que este momento dipolar total **está dirigida a lo largo del eje c de la celda unidad.**

Para calcular el módulo del momento dipolar total hay que tener en cuenta que el cálculo anterior está realizado en unidades de celda unidad, por tanto para pasar a unidades del sistema internacional:

$$\left|\overrightarrow{P_{Total}}\right| = q\left|(0{,}0{,}1.5c_0)\right| = 1.5qc_0 = 1{,}25x10^{-19}Cnm$$ 0,5 ptos

Para calcular la polarización deberemos dividir el momento dipolar total entre el volumen de la celda unidad:

$$Polarizacion \quad \overrightarrow{P} = \frac{\left|\overrightarrow{P_{Total}}\right|}{V} = \frac{\left|\overrightarrow{P_{Total}}\right|}{a_0^2 c_0} = 22{,}75\frac{C}{nm^2}$$ 0,5 ptos

Dirigida en la dirección del eje C.

c)

0,75 ptos 0,75 ptos

$$d = 11\frac{pC}{N} = \frac{P}{\sigma} = \frac{P}{\left(\frac{300x10^{-3}kg \cdot 10ms^{-1}}{(10 \cdot 10^{-2})(5x10^{-2}m)}\right)} \Rightarrow P = 6{,}63x10^3 \quad \frac{pC}{m^2} \quad = 6{,}6\frac{nC}{m^2}$$

0,75 ptos 0,75 ptos

$$\overrightarrow{P} = (\varepsilon_r - 1)\,\varepsilon_0 \quad \overrightarrow{E_0} \quad \Rightarrow E_0 = (6{,}6 \quad nC \cdot m^{-2})\frac{1}{(10{,}8-1)(8{,}85x10^{-12}Fm^{-1})} = 76{,}09\frac{V}{m}$$

Entregable 5.- Una película delgada sobre un sustrato vista desde el aire tiene un espesor óptico de $\lambda/4$. Discutir si la película será reflectora o no en los siguientes casos:

a) Si el sustrato tiene un índice de refracción menor que la película. 2 ptos

b) Si el sustrato tiene un índice de refracción mayor que la película. 2 ptos

c) Determinar la reflectividad de una lámina $\lambda/4$ y de una lámina $\lambda/2$ de fluoruro de magnésio, n=1.384 sobre vidrio, n=1.504, en el aire. 4 ptos

d) ¿Qué cambios se producirán si el sustrato fuese óxido de titanio, n=2.775? 2 ptos

$$R = \left(\frac{n_f^2 - n_0 n_s}{n_f^2 + n_0 n_s}\right)^2$$ 1 pto

a) si $\mathbf{n_s < n_f > n_0}$ entonces la lámina será altamente reflectora. 1 pto

b) si $\mathbf{n_0 < n_f < n_s}$ entonces tendremos una lámina antireflejante 2 ptos

c) **Lámina** $\lambda/4$

$$R = \left(\frac{n_f^2 - n_0 n_s}{n_f^2 + n_0 n_s}\right)^2 = \left(\frac{(1{,}384)^2 - \quad (1)(1{,}504)}{(1{,}384)^2 + \quad (1)(1{,}504)}\right)^2 = \left(\frac{0{,}411}{3{,}419}\right)^2 = 0{,}0145$$ 0,5 ptos

$1 < n_f < n_s$ (0,5 ptos) $\Rightarrow$ $R \sim 1{,}4\,\%$ (0,5 ptos) *antireflectante* 0,5ptos

Lámina $\lambda/2$

$$R = \left(\frac{n_0 - n_s}{n_0 + n_s}\right)^2 = \left(\frac{(1) - (1{,}504)}{(1) + (1{,}504)}\right)^2 = \left(\frac{-0{,}504}{2{,}504}\right)^2 = 0{,}0405$$ 0,5 ptos

$R \sim 4\,\%$ (0,5 ptos) *como si la lamina* (n_f) *no estuviese* 1 pto

d) como $n_0 < n_f > n_s$ (0,75 ptos) $\Rightarrow TiO_2$ $R \sim 45\,\%$ (0,5 ptos) *muy reflectante* 0,5 ptos