

1 Polaritón plasmónico de grafeno acústico II

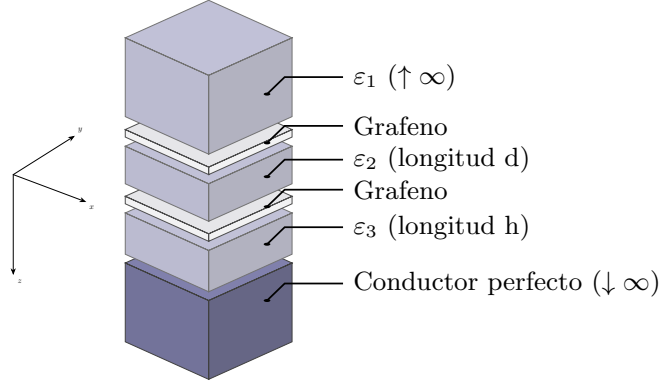


Figure 1: Esquema del sistema AGP-II (dos monocapas + metal a distancia h).

Descripción. Polaritón plasmónico de grafeno acústico II: Dos monocapas de grafeno separadas una distancia d . La segunda de las monocapas se encuentra a una distancia h de un sustrato de conductor perfecto. El espacio entre las monocapas está relleno de un dieléctrico no dispersivo 2 y el espacio entre la segunda monocapa y el metal está relleno con un dieléctrico no dispersivo 3.

Ecuación característica.

$$\epsilon_2 \omega^2 \cosh(dk_x) \left(\epsilon_3 \omega^2 \cosh(hk_x) + (\epsilon_1 \omega^2 - 4ck_x \omega_D) \sinh(hk_x) \right) + \sinh(dk_x) \left(\epsilon_3 \omega^2 (\epsilon_1 \omega^2 - 2ck_x \omega_D) \cosh(hk_x) + (\epsilon_2^2 \omega^2 - 4ck_x \omega_D) \sinh(hk_x) \right) = 0 \quad (1)$$

La ecuación se puede expresar como un polinomio cuadrático en ω^2 :

$$\omega_{12p}^2 \omega_{23p}^2 - (\omega_{12p}^2 - \omega_{23p}^2) \omega^2 + (1 - \Delta) \omega^4 = 0,$$

Las frecuencias desnudas asociadas a los dos modos son:

$$\omega_{12p}^2 = \frac{2ck_x \omega_D}{\epsilon_2 \coth(dk_x) + \epsilon_1},$$

$$\omega_{23p}^2 = \frac{2ck_x \omega_D}{\epsilon_2 \coth(dk_x) + \epsilon_3 \coth(hk_x)}$$

El término de acoplamiento se define como:

$$\Delta = \frac{\epsilon_2^2 \coth^2(dk_x) - \epsilon_2}{[\epsilon_2 \coth(dk_x) + \epsilon_1] [\epsilon_2 \coth(dk_x) + \epsilon_3 \coth(hk_x)]}.$$

Comentarios. La relación de dispersión cuadrática obtenida del polinomio se expresa en función de las frecuencias desnudas ω_{12p} y ω_{23p} , correspondientes a los dos modos AGP, y del término de acoplamiento Δ .

En el límite $k_x \rightarrow \infty$, se cumple:

$$\Delta(k_x) \rightarrow 0,$$

lo que permite realizar la aproximación $\Delta = 0$ para determinar las expresiones asintóticas de los valores de $\omega(k_x)$ en dicho límite.

En este caso particular, el polinomio se factoriza de forma exacta cuando $\Delta = 0$, y se obtiene la misma expresión para Δ al considerar materiales polares en las capas intermedias.

Soluciones analíticas (relaciones de dispersión).

$$\omega_+^2(k_x)_{AGP-II} = \frac{\omega_{12p}^2 + \omega_{23p}^2 + \sqrt{(\omega_{12p}^2 - \omega_{23p}^2)^2 + 4\Delta\omega_{12p}^2\omega_{23p}^2}}{2(1-\Delta)}$$

$$\omega_-^2(k_x)_{AGP-II} = \frac{\omega_{12p}^2 + \omega_{23p}^2 - \sqrt{(\omega_{12p}^2 - \omega_{23p}^2)^2 + 4\Delta\omega_{12p}^2\omega_{23p}^2}}{2(1-\Delta)}$$

Asíntotas (derivación). Sea $u = \omega^2$.

Límite $k \rightarrow 0$ (dos ramas acústicas). Suponemos un comportamiento acústico $u \sim a k^2$ ($\omega \sim \sqrt{a} k$). Usando $S_d \simeq dk$, $C_d \simeq 1$, $S_h \simeq hk$, $C_h \simeq 1$, se obtienen los términos líderes:

$$k^4 \left[\epsilon_2 \epsilon_3 a^2 - 2c\omega_D a(\epsilon_3 d + 2\epsilon_2 h) + 4c^2 \omega_D^2 dh \right]$$

El coeficiente de k^4 debe anularse, dando:

$$\epsilon_2 \epsilon_3 a^2 - 2c\omega_D(\epsilon_3 d + 2\epsilon_2 h)a + 4c^2 \omega_D^2 dh = 0,$$

cuyas raíces son

$$a_{\pm} = \frac{c\omega_D}{\epsilon_2 \epsilon_3} \left[(\epsilon_3 d + 2\epsilon_2 h) \pm \sqrt{(\epsilon_3 d + 2\epsilon_2 h)^2 - 4\epsilon_2 \epsilon_3 dh} \right]. \quad (2)$$

Por tanto,

$$\boxed{\omega_{+,-}(k)_{AGP-II} \sim \sqrt{a_{\pm}} k, \quad k \rightarrow 0.} \quad (3)$$

Límite $k \rightarrow \infty$ (dos asíntotas distintas) Como ya hemos comentado, haciendo que $\Delta \rightarrow 0$ se obtienen directamente al resolver la ecuación de forma que las soluciones son de la forma:

$$\omega_+^2(k_x)_{AGP-II} = \omega_{12p}^2$$

$$\omega_-^2(k_x)_{AGP-II} = \omega_{23p}^2$$

es decir, cada rama “ve” asintóticamente el par de medios adyacentes a su monocapa.

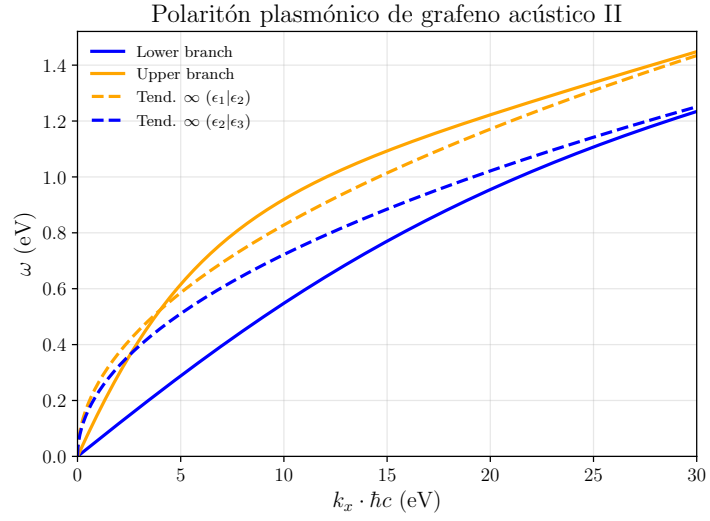


Figure 2: Relaciones de dispersión $\omega_{1,2}(k_x)$ (Ec. (??)) y asíntotas (Ecs. (??), (??)).

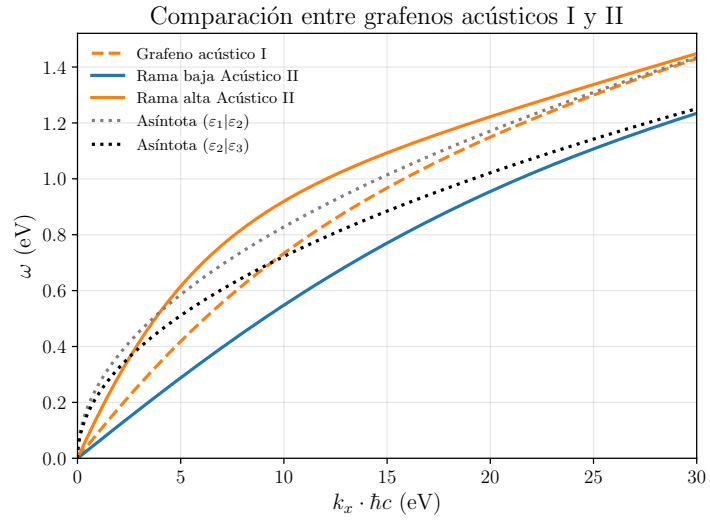


Figure 3: Comparación entre el AGP-I y AGP-II

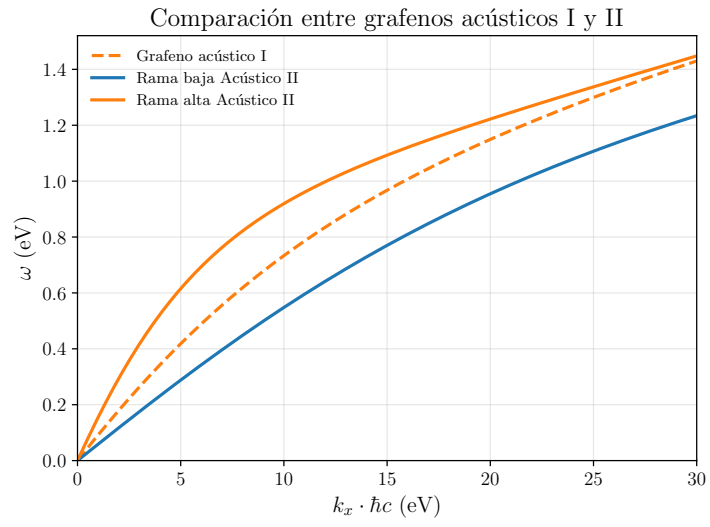


Figure 4: Comparación entre el AGP-I y AGP-II (sin asíntotas)