*XXXIV Reunión Bienal de la Real Sociedad Española de Física 2013*

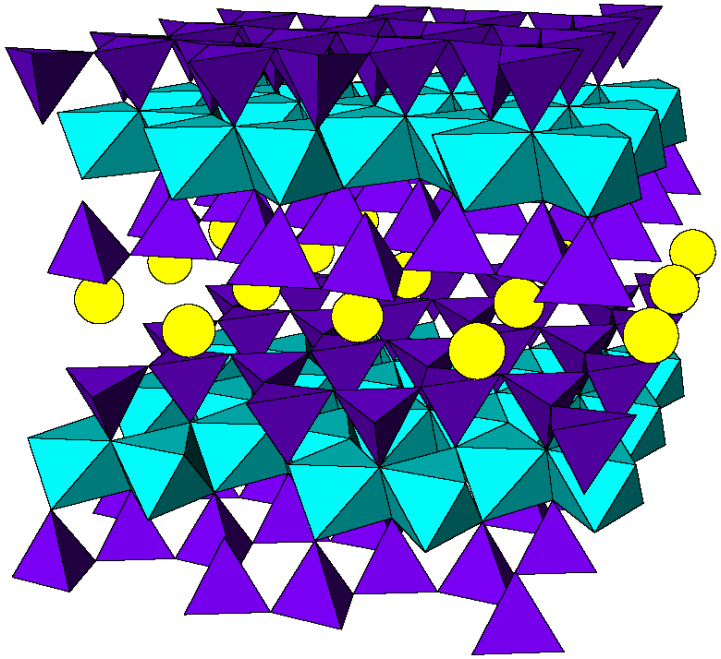
# Kinks supersónicos en redes repulsivas

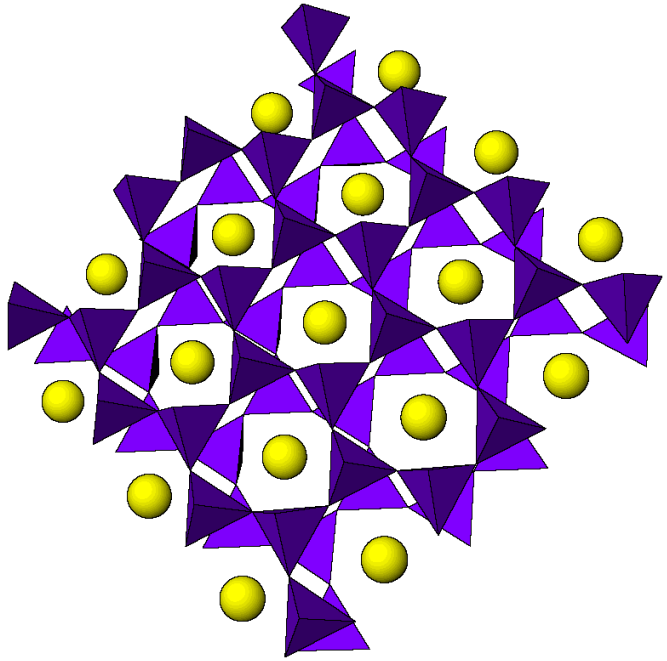
Noé Jiménez, Victor Sánchez-Morcillo, Lluís M. García-Raffi, Yuriy Kosevich, Juan F.R. Archilla



# Motivación: El cristal de mica

- Silicato estratificado



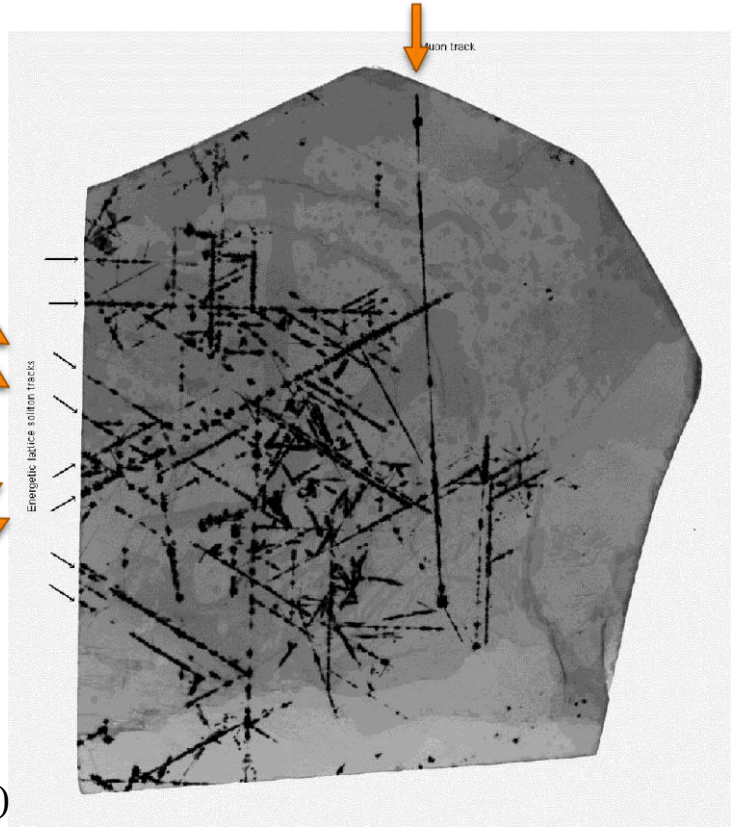


$K_2[Si_6Al_2]^{IV}[Al_4]^{VI}O_{20}(OH)_4$

$K^+$

# Capacidad de grabación de trazas

Coulomb scattering of muons
produced by neutrinos in cosmic rays

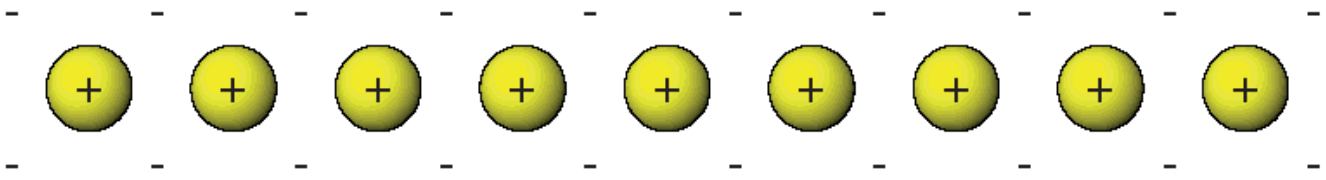



¿Perturbaciones no lineales
quasi-unidimensionales?
*quodon*

D.R. Collins et all, *Phys. Chem. Minerals.* 19: 520-527 (1993)
G. Brudeylins, D. Schmicker,. *Surface Science*, 333: 237-242 (1995).

# Modelización

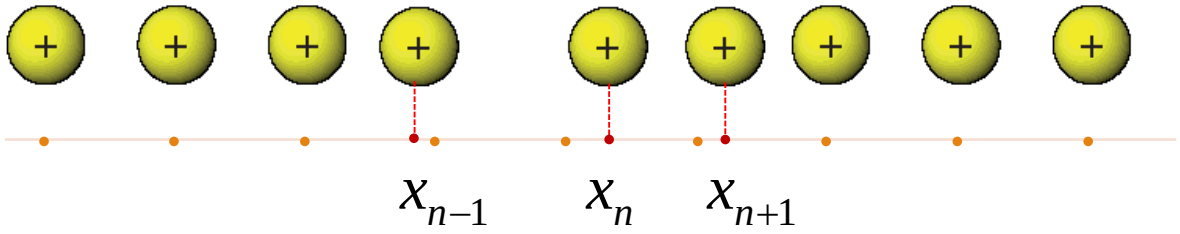
- Cadena repulsiva de Coulomb 1D



- Perturbaciones longitudinales
- Repulsión de Coulomb's con fuerte apantallamiento
- Limitado a los vecinos cercanos (N=1 - 6)
- Cargas en los extremos mantienen los cationes

# Modelo

- Desplazamientos:

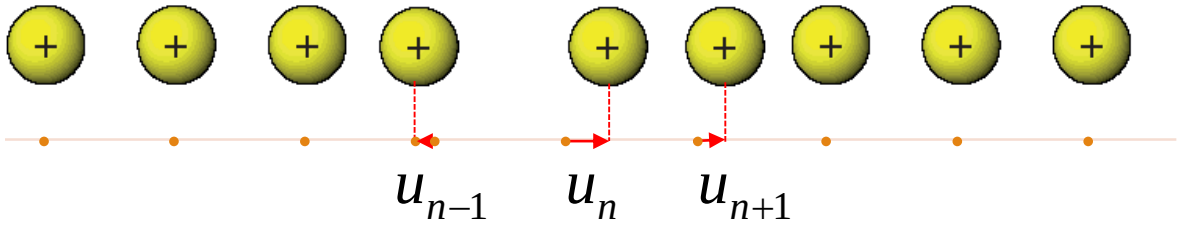



- Ecuación de movimiento:

$$m_k \frac{\partial^2 x_n}{\partial t^2} = -\frac{Ke^2}{\left(x_{n+1} - x_n\right)^2} + \frac{Ke^2}{\left(x_n - x_{n-1}\right)^2}$$

# Modelo

- Normalización: velocidad 2.6 km/s; energia 2.8 eV; frecuencia 5 THz




- Ecuación de movimiento:

$$\frac{\partial^2 u_n}{\partial t^2} = -\frac{1}{\left(1+u_{n+1}-u_n\right)^2} + \frac{1}{\left(1+u_n-u_{n-1}\right)^2}$$

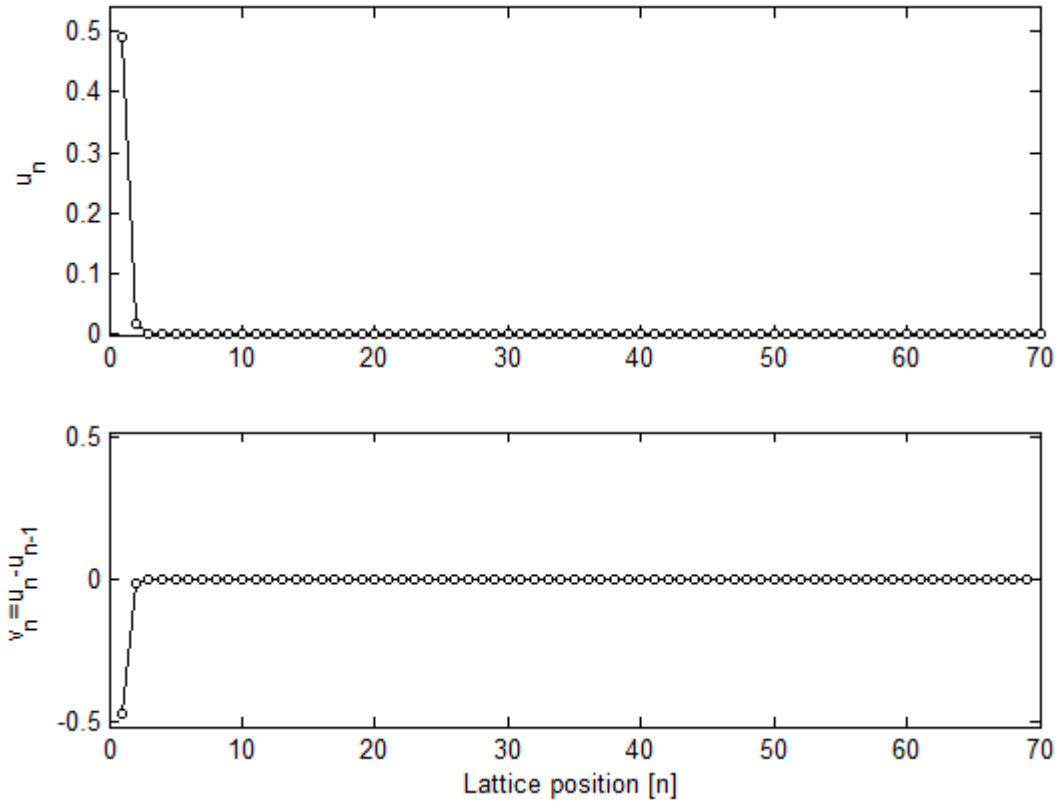
$$v_n = u_n - u_{n-1}$$

# Kink N=1

$$u_{n=1}(t) = A_0 \sin(\omega t) \quad \text{para} \quad \omega t < \pi$$



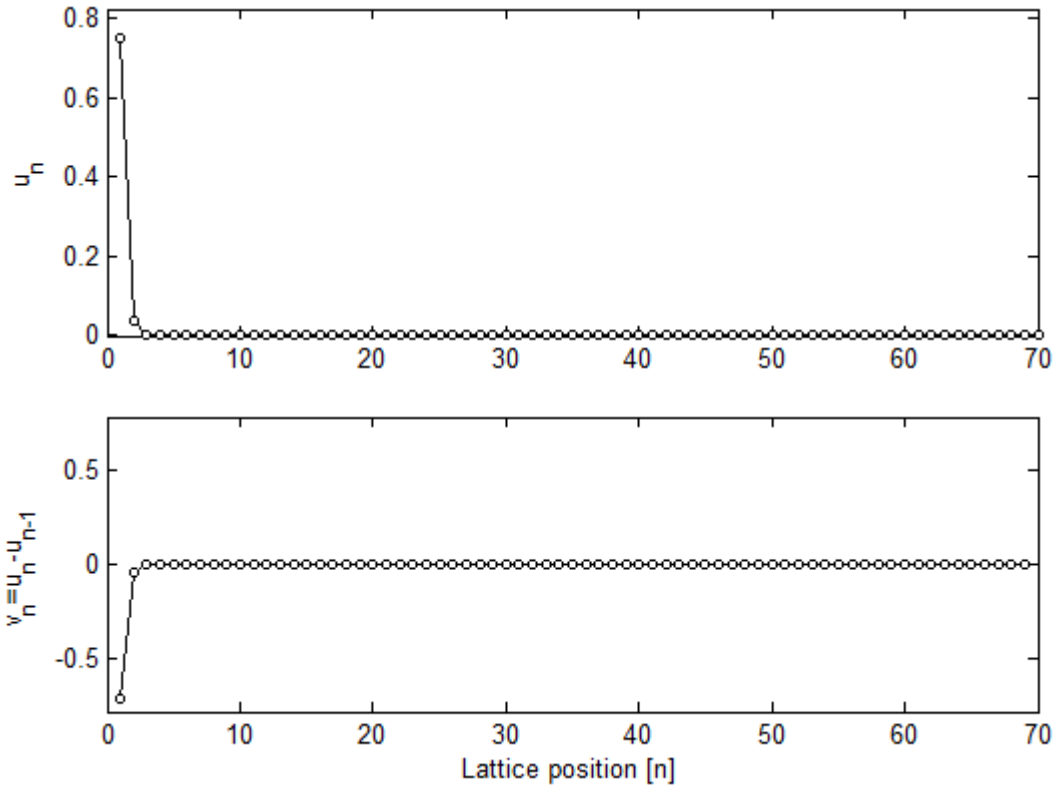
$A_0 = 0.95$



# Kink N=1

$$u_{n=1}(t) = A_0 \sin(\omega t) \quad \text{para} \quad \omega t < \pi$$

$A_0 = 1.5$

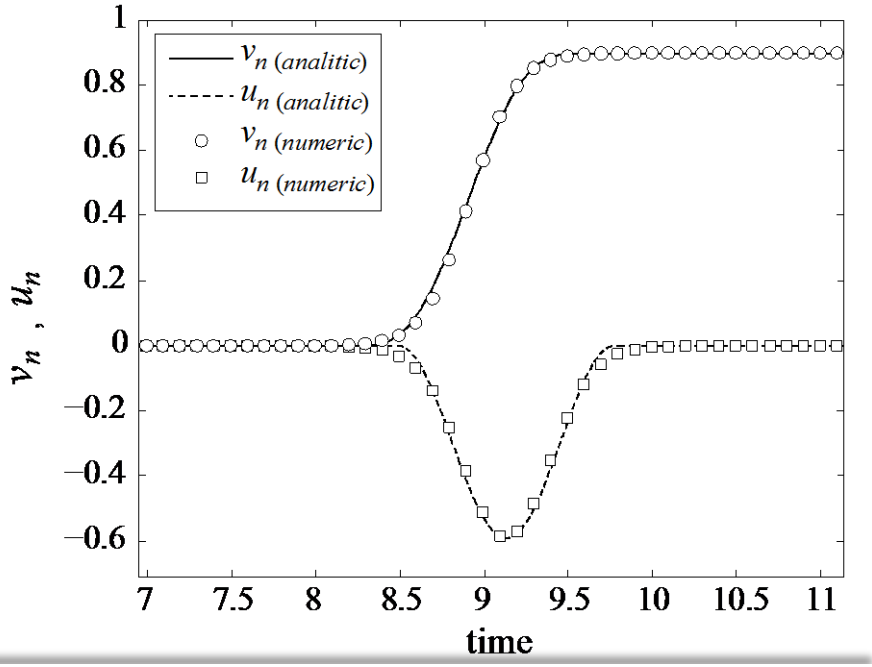


# Solución de prueba

$$v_n(n,t) = \begin{cases} v_n = -\dfrac{A}{2}\left(1+\cos\left(qn-\omega t\right)\right) & \text{si} \quad -\pi < \left(qn-\omega t\right) < \pi \\ v_n = 0 & \text{resto} \end{cases}$$

- Aproximación de onda rotante (RWA)

$$V = \frac{1}{\left(1-A^{3/4}\right)} c \frac{\sin\left(q/2\right)}{q/2}$$

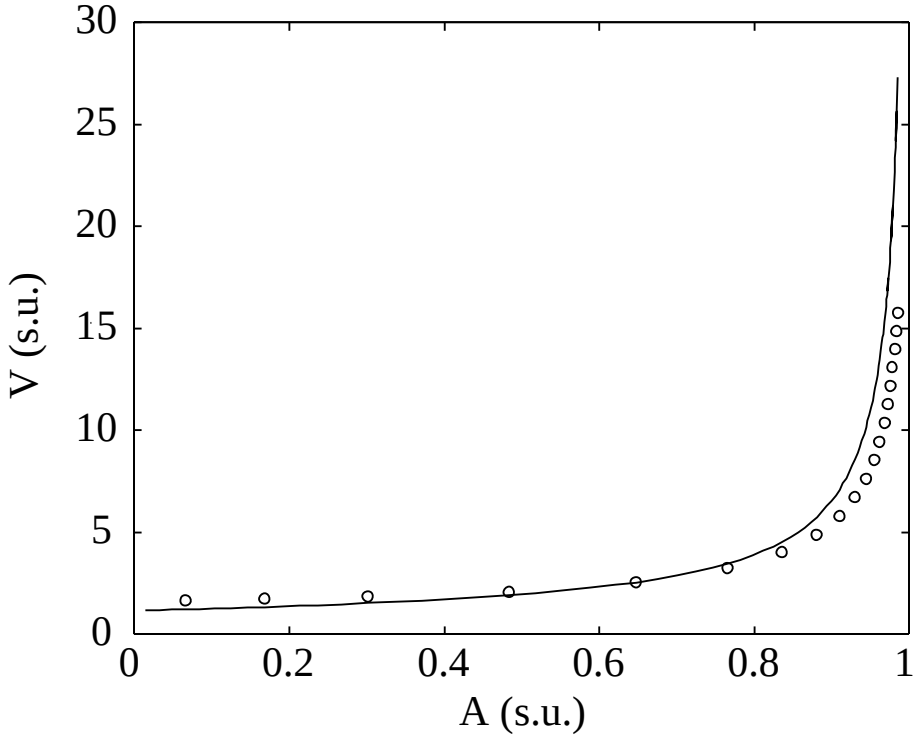


# Aproximación de onda rotante (RWA), velocidad vs. amplitud

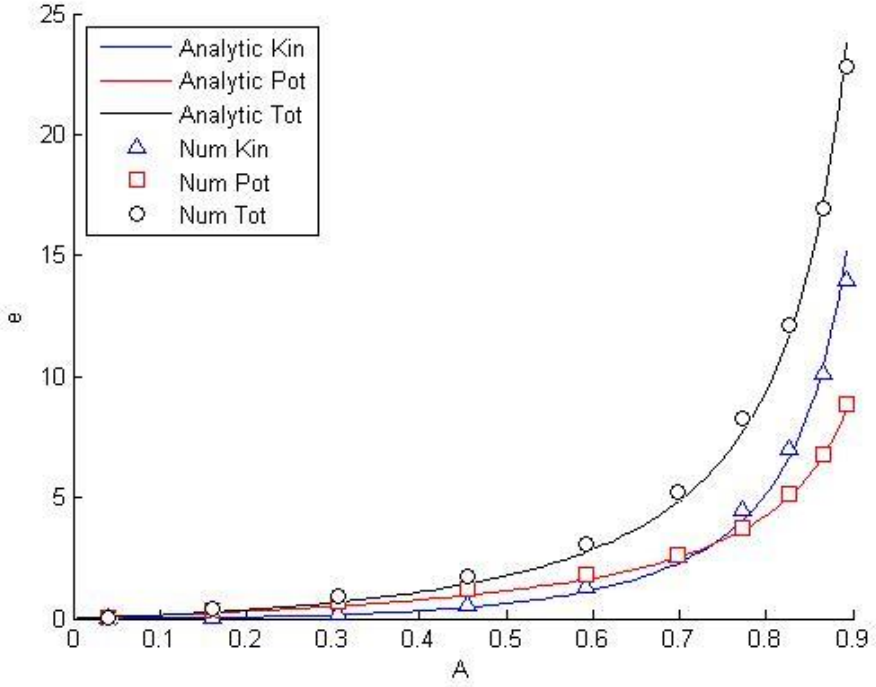
$$V = \frac{1}{\left(1 - A^{3/4}\right)} c \frac{\sin\left(q/2\right)}{q/2}$$

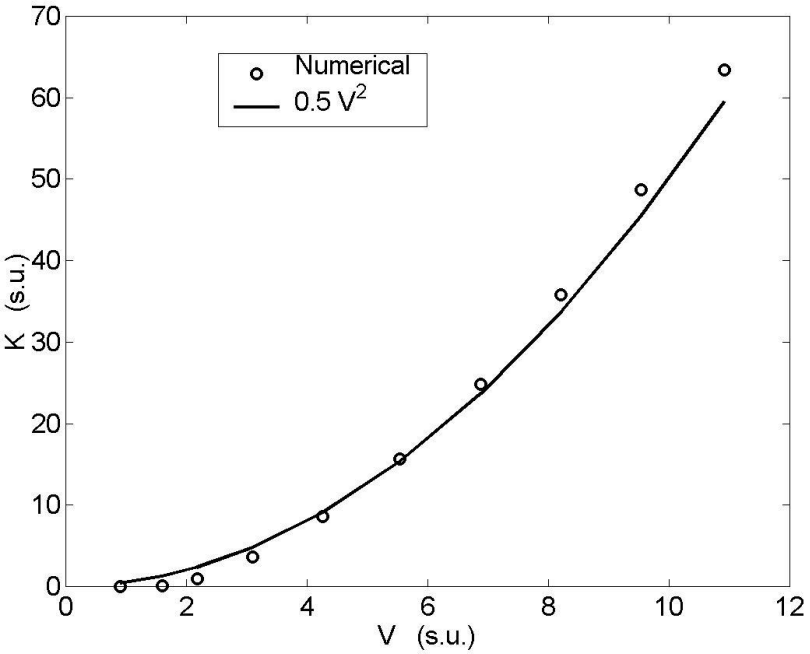
- Numero de onda "mágico" $q=2\pi/3$

$$\mathrm{V} = \frac{3\sqrt{3c}}{2\pi\left(1-A\right)^{3/4}}$$



# Energía del kink

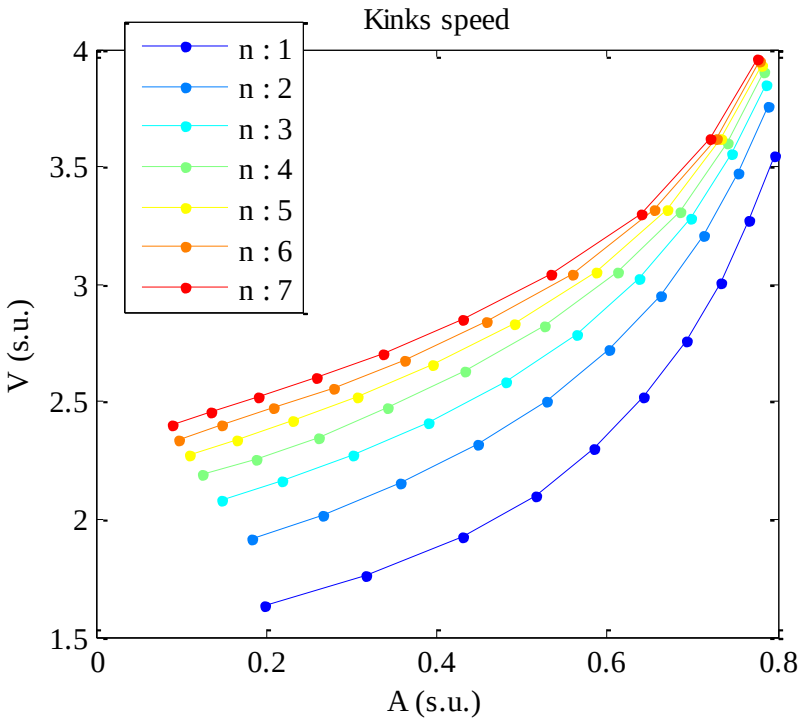


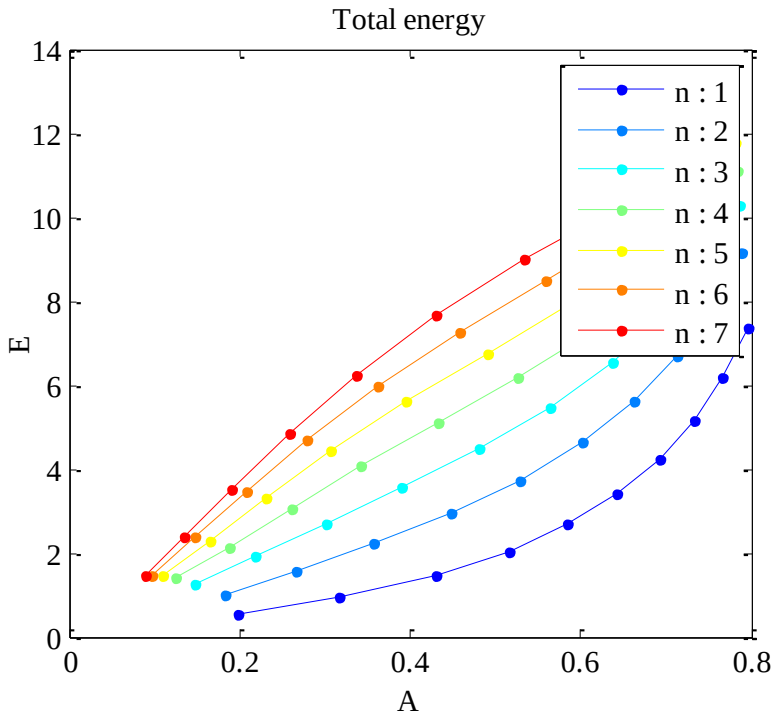




Se comportan como una quasi-partícula de masa unitaria

# Interacción de largo alcance (N-vecinos)

- Se han obtenido kinks hasta 30 vecinos



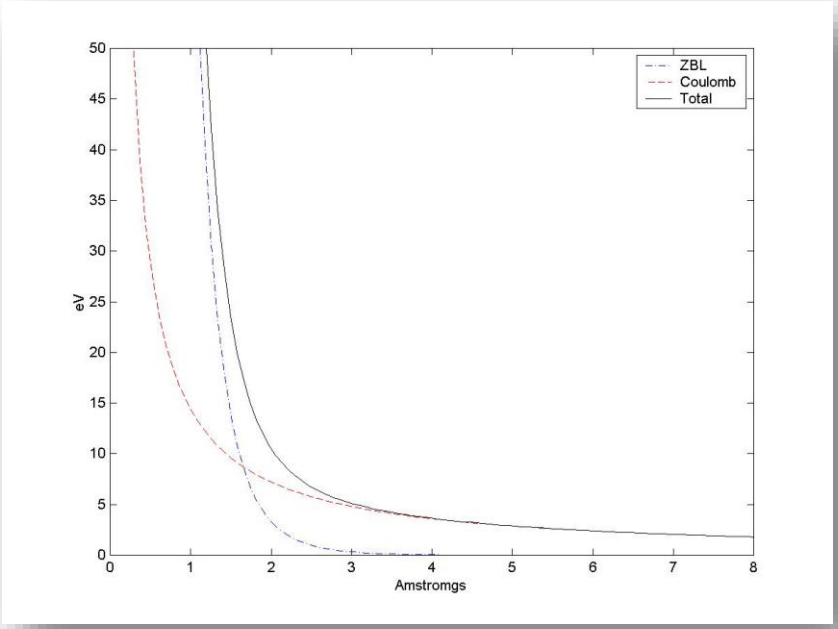



# Las distancias de interacción no son realísticas

- Potencial de corto alcance: **Ziegler Biersack Litmark (ZBL):** potencial para colisiones de alta energía
- Hasta 200 keV

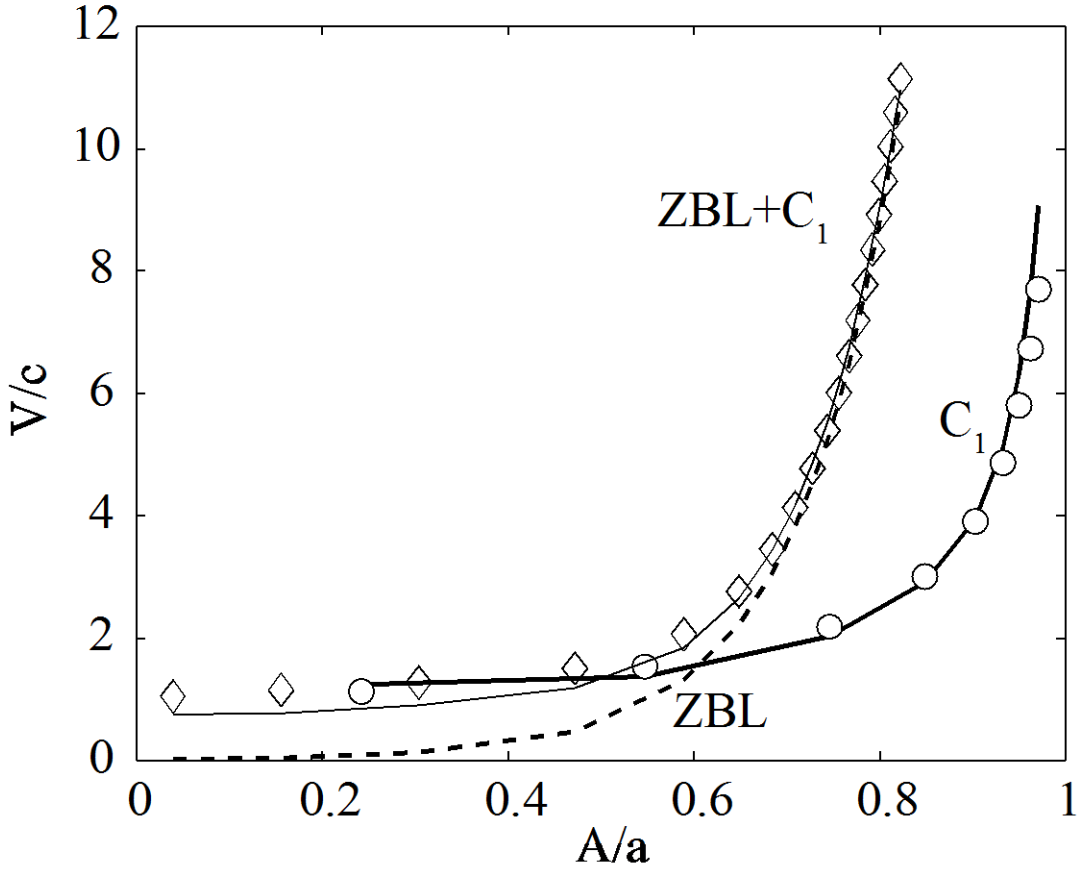
$$V(r) = \frac{2650\text{eVA}}{r}\exp(-\frac{\text{r}}{0.3\text{A}})$$

$$V(x) = \frac{184}{x}\exp(-\frac{\text{x}}{0.06})$$



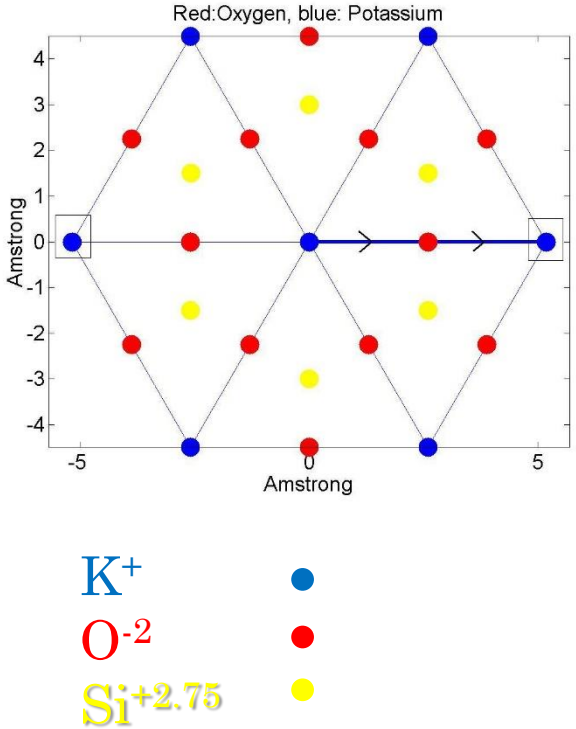

Ziegler JF, Biersack JP, Littmark U, The Stopping and Range of Ions in Matter (Pergamon, New York, 1985)

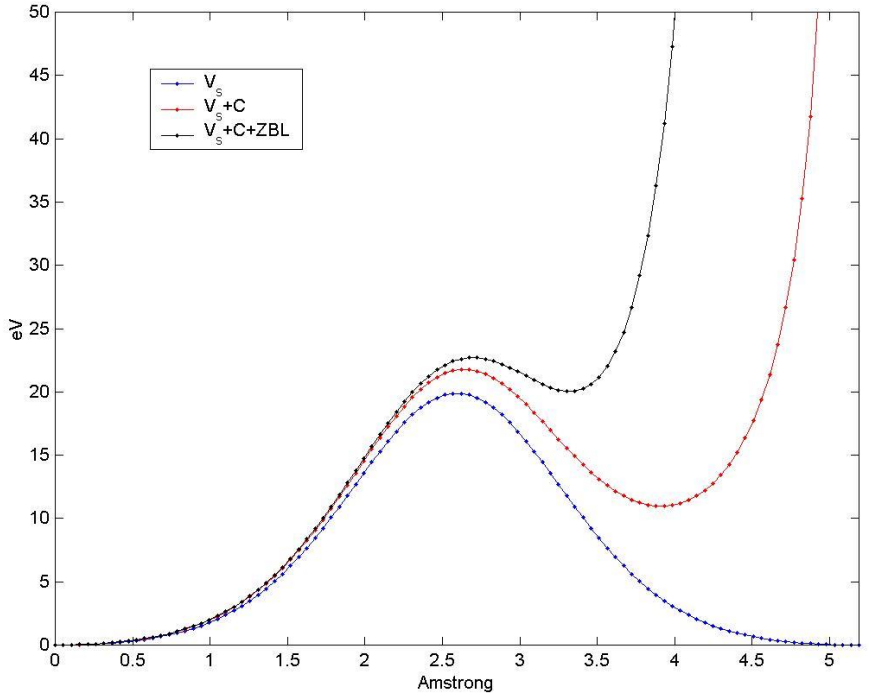
# Velocidad del kink (ZBL + Coulomb)



# Potencial sustrato

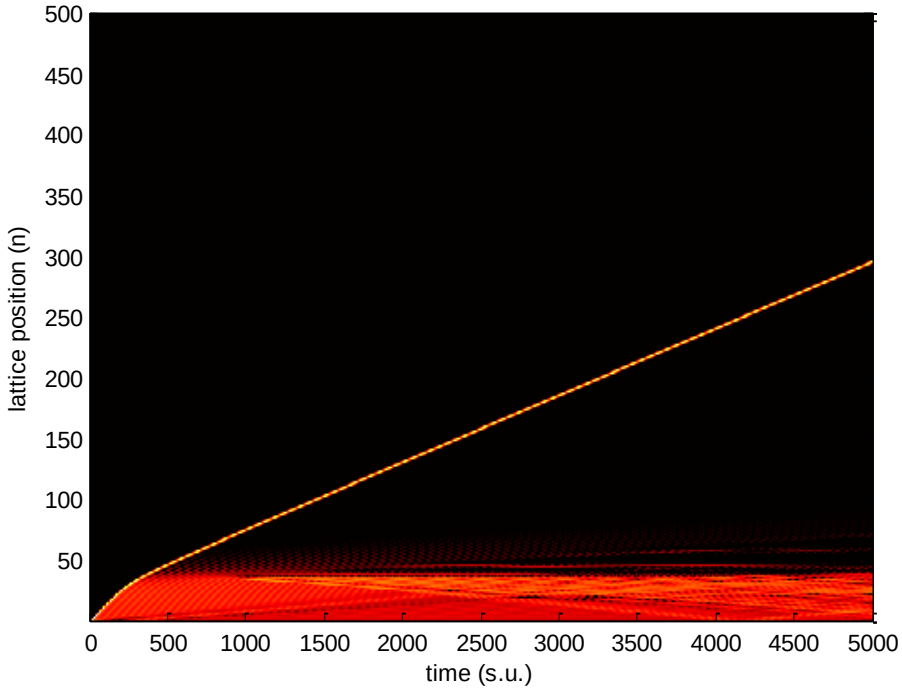
- Potenciales Coulomb y Born Mayer (Russell&Collins, Rad. Meas. 25, 667 (1995))



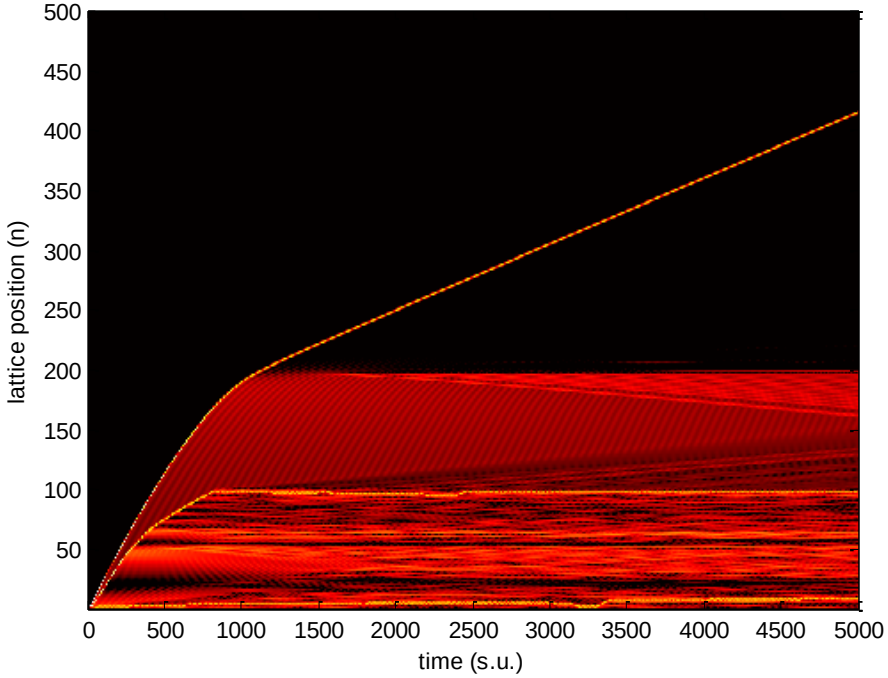



# Potencial sustrato: Energías

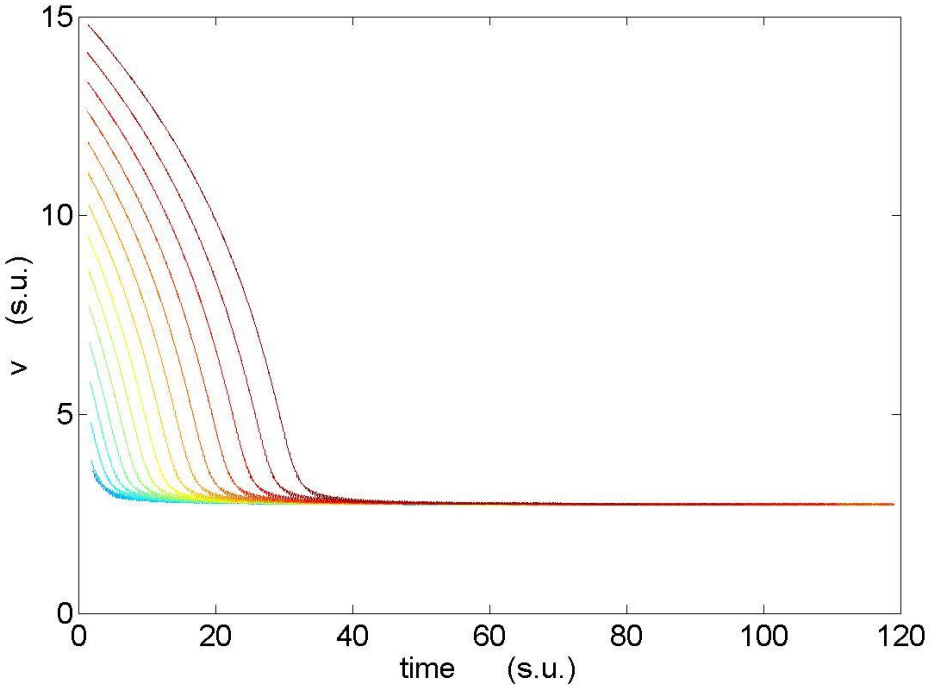
$A_{init} = 0.7$ $A_{end} = 0.6705$




$A_{init} = 0.8$ $A_{end} = 0.6705$



# Lattice kinks o Crowdions




V ~2c =8km/s , E=28 eV

Recoil of $K^+$: 40 eV.

Crowdions in MD for Ni in 2D and 3D:
AM Iskandarov, Comp. Mat. Sci (2009) 429

# Conclusiones

- El mineral de mica tiene una capacidad de grabación de trazas de partículas y/o excitaciones localizadas
- Hay “algo” energético y localizado propagándose en sus capas
- Con los parámetros de la mica aparecen kinks localizados y energétícos que se han caracterizado numérica y analíticamente
- Los lattice kinks adoptan una única y estable velocidad y energía
- La energía del kink está entre la energía de enlace y la energía proporcionada por el $K^{40}$ decay.
- Los lattice kinks en redes de Coulomb son buenos candidatos para quodones en mica

Conference:

# Quodons in Mica

Nonlinear Localized Travelling Excitations in Crystals
Meeting in honor of Prof. Mike Russell,

**Altea, Alicante**
**18-21 / Sep / 2013**

**Scientific comittee**
Yuriy Kosevich
Yury Gaididei
Vladimir Dubinko
Victor Sánchez-Morcillo
LLuis Miguel García-Raffi

www.quodons.webs.upv.es

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

UNIVERSIDAD DE SEVILLA

IGIC Instituto de Investigación para la Gestión Integrada de Zonas Costeras

IUMPA

*XXXIV Reunión Bienal de la Real Sociedad Española de Física 2013*

# Gracias por su atención

Noé Jiménez



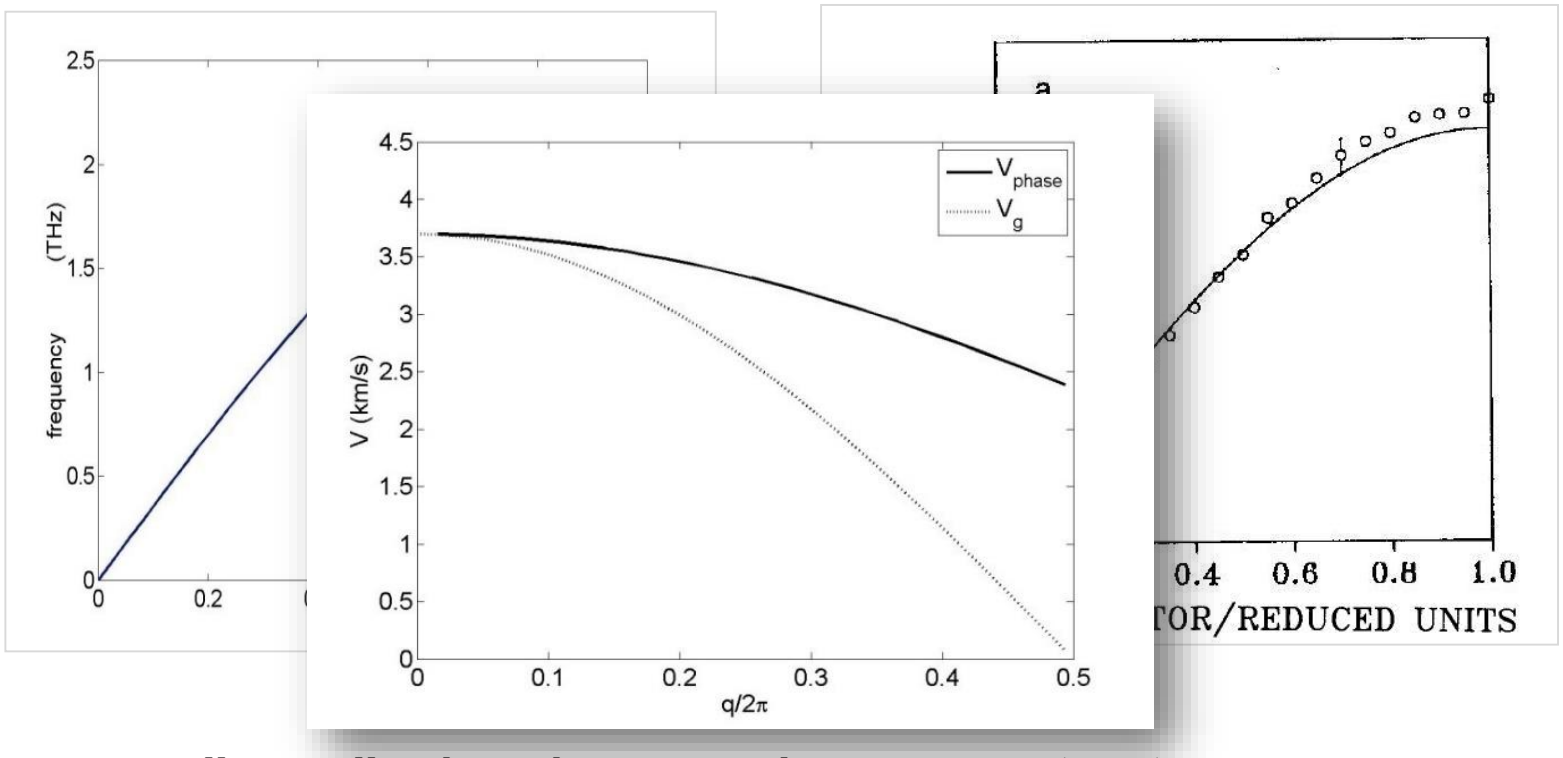
# Referencias


- Kosevich, Yu. A., Khomeriki, R. & Ruffo, S. (2004). Supersonic discrete kink-solitons and sinusoidal patterns with “magic” wave number in anharmonic lattices, Europhys, Lett. 66, 21-27.

- Dubinko, V.I., Selyshchev, P. A. & Archilla, J.F.R. (2011). Reaction rate theory with account of the crystal anharmonicity. Phys Rev E 83, 041124,1-13.

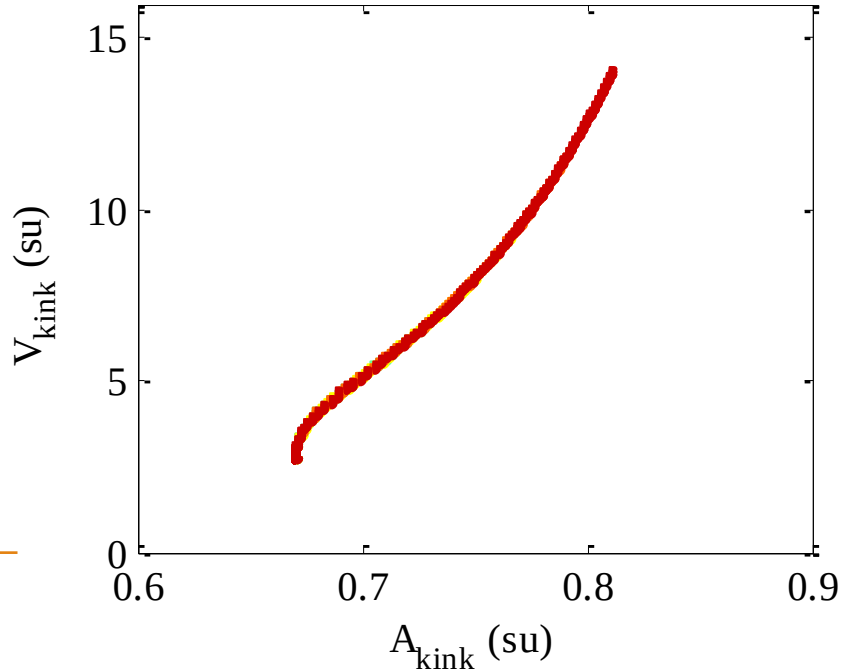
- Russell, F. M. & Eilbeck, J. C. (2007). Evidence for moving breathers in a layered crystal insulator at 300K. Europhys, Lett., 78, 10004,1-5.

# Espectro de fonones y velocidad del sonido




D.R. Collins et all, *Phys. Chem. Minerals.* 19: 520-527 (1993)
G. Brudeylins, D. Schmicker,. *Surface Science*, 333: 237-242 (1995).

# Potencial sustrato: Energías




fonón

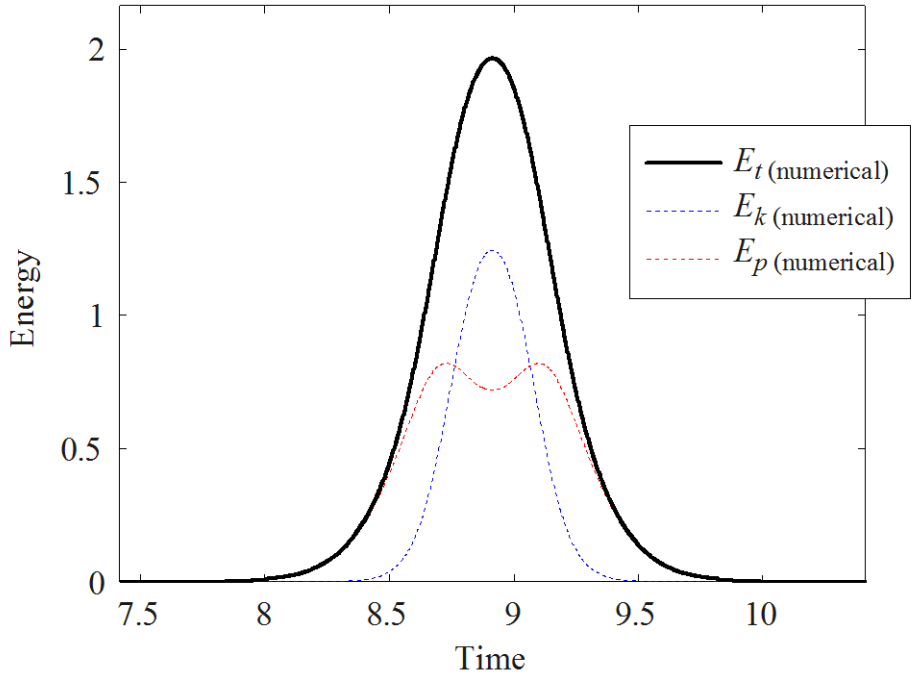
Kinks estables

Radiación fonones

$A_{end} = 0.6705$

# Energía del kink

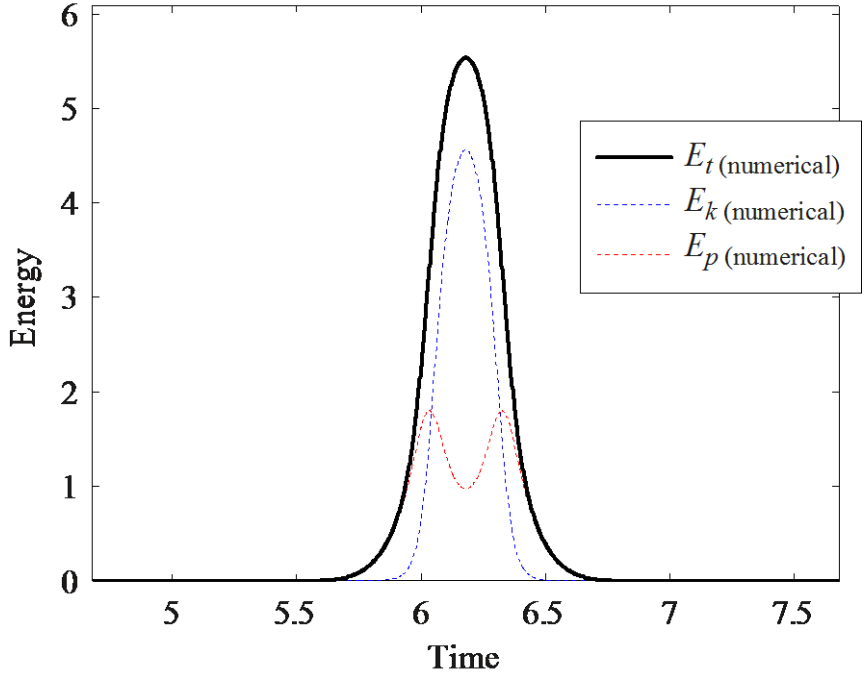
- A=0,45




Se comportan como una quasi-partícula de masa unitaria

# Energía del kink

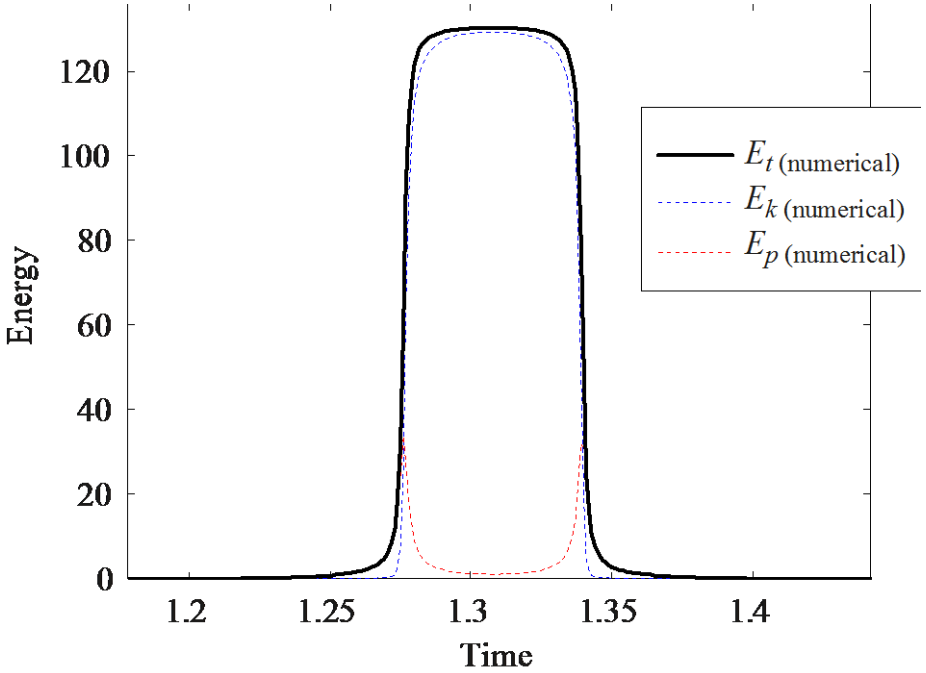
- A=0,78




Se comportan como una quasi-partícula de masa unitaria

# Energía del kink

- A=0,95




Se comportan como una quasi-partícula de masa unitaria

# ¿Es tan “mágico” $q=2\pi/3$ ?

$$V = \frac{1}{\left(1 - A^{3/4}\right)} c \frac{\sin\left(q/2\right)}{q/2}$$

- Numero de onda numérico

