

# Bright solitons

(Dated: July 19, 2016)

## I. COMENTARIOS GENERALES

Todo lo que se comenta a continuación se ha calculado con un solitón de scattering length  $a_s = -0.01$  (también vale para  $a_s = -0.005$  y  $a_s = -0.02$ ) y con un número de partículas  $N = 20$ .

Algo curioso que hemos encontrado relacionado con el número de puntos del grid es que para un número de puntos pequeño ( $< 2^8$ ), a partir de una cierta velocidad ( $\approx 8$ ) y para velocidades superiores, el solitón se mueve en dirección contraria al impulso dado inicialmente. Por eso, trabajamos con  $2^{10}$  puntos para evitar problemas.

El rango bueno de  $Dtr$  para trabajar es entre  $1.0e-3$  y  $1.0e-2$ , teniendo en cuenta que para  $Dtr$  menores la energía se conserva mejor.

## II. INTERACCIÓN CON POTENCIALES

Las paredes y barreras están construidas con escalones de Heaviside:

$$V(x) = \frac{h}{1 + \exp\{a(x - c)\}}$$

donde  $h$  es la altura del escalón,  $a$  marca la pendiente del escalón, y  $c$  es donde está situado el escalón. Hemos estudiado dos casos: una caja cerrada, y un anillo con una barrera de potencial en medio.

En los casos estudiados, durante la interacción con potenciales la energía sufre una variación tres órdenes de magnitud menor que la energía del solitón.

### A. Caja

Para un grid  $2*Z_{max} = 128$ , hemos puesto las paredes a un 75% de  $Z_{max}$  ( $-48$  y  $+48$ ), aunque no afecta dónde estén las paredes (siempre y cuando no coincida con el solitón). Hemos definido la altura de las paredes a  $100[1]$ . Para evitar efecto túnel, ya que la energía del solitón ha de ser menor que las paredes, hemos acotado la velocidad en  $|v| = 10$ . Al trabajar con velocidades del orden de la unidad (para poder ver resultados), el cociente entre la energía del solitón y el potencial químico es más grande que 1, ya que prácticamente toda la energía es cinética.

### B. Barrera

La anchura de la barrera es proporcional a la healing length  $\xi$  (de momento hemos estudiado los casos para  $\xi$ ,  $2\xi$  y  $0.5\xi$ ), y la altura es proporcional a la energía media (con  $v \neq 0$ ) del solitón. Para un rango de velocidades desde 1 hasta 10, se han estudiado distintas alturas de la barrera para separar los casos en que el solitón pasa completamente, rebota del todo, o pasa parcialmente (en qué %).

Se puede ver en las figuras un mínimo por debajo del 50% para cualquier velocidad que corresponde a una altura de 0.9 veces la energía del solitón. Esto es debido a que parte del solitón queda atrapado dentro de la barrera. Para hacer las figuras hemos impuesto como condición que el solitón empezase en  $-40$  y acabase aproximadamente en  $40$ , suponiendo que no pierde demasiada velocidad al chocar con la barrera.

1. Solitón con  $a_s = -0.01$  ( $g = -0.4$ )

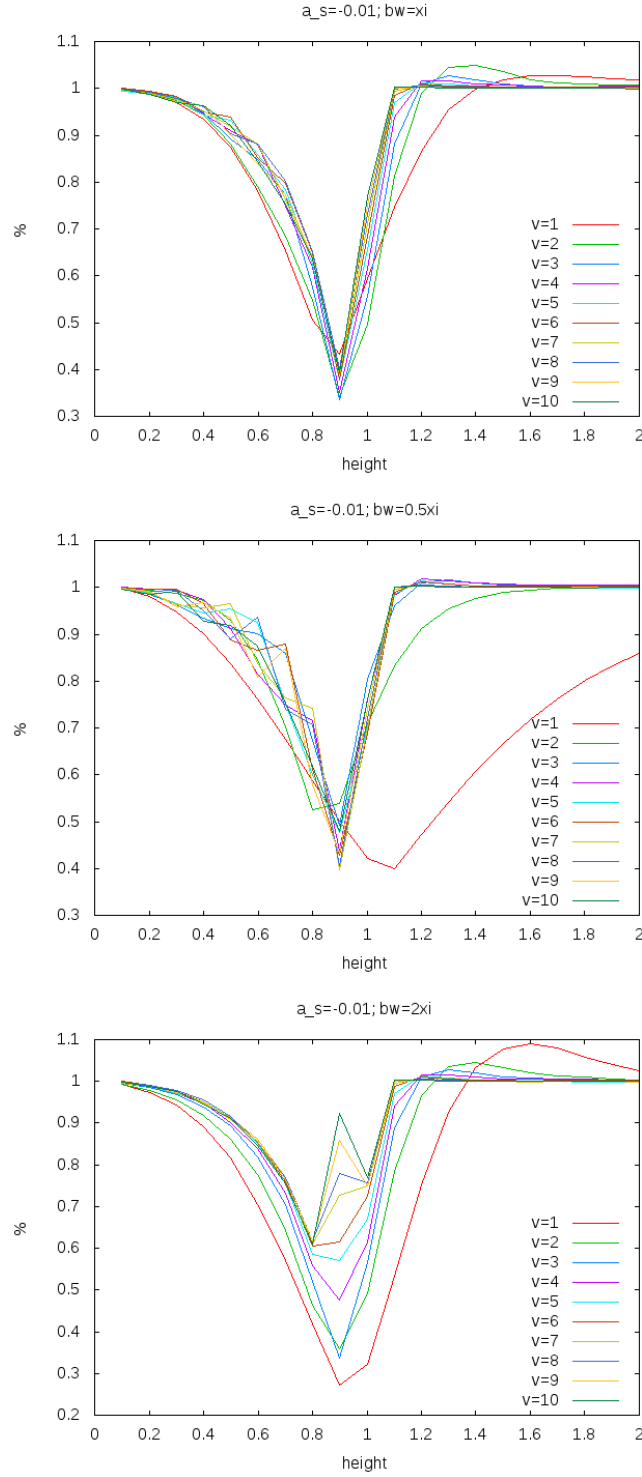


Figure 1: Ratio del máximo de la función de onda del solitón antes y después de la interacción (independientemente de si rebota o pasa), en función del cociente entre la altura de la barrera y la energía del solitón, para  $g = -0.4$  y una anchura igual a  $\xi$  (arriba),  $0.5\xi$  (centro) y  $2\xi$  (abajo).

2. Solitón con  $a_s = -0.02$  ( $g = -0.8$ )

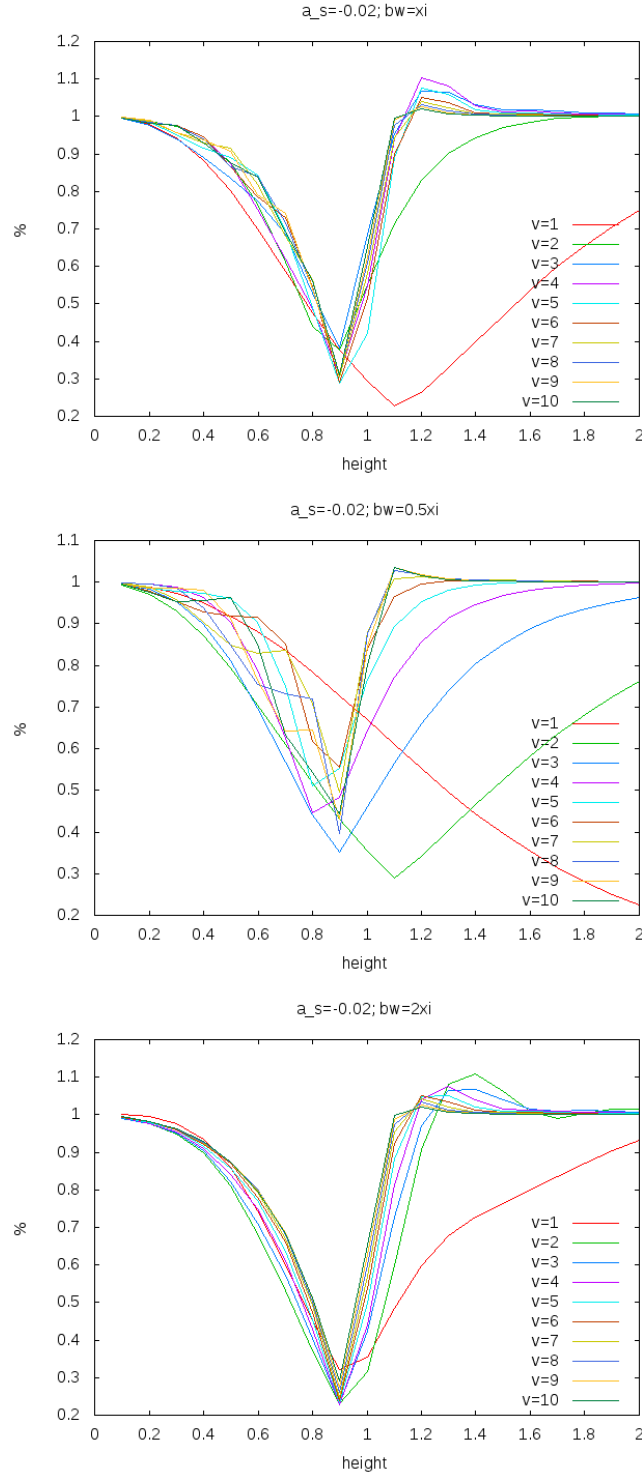


Figure 2: Ratio del máximo de la función de onda del solitón antes y después de la interacción (independientemente de si rebota o pasa), en función del cociente entre la altura de la barrera y la energía del solitón, para  $g = -0.8$  y una anchura igual a  $\xi$  (arriba),  $0.5\xi$  (centro) y  $2\xi$  (abajo).

3. Solitón con  $a_s = -0.005$  ( $g = -0.2$ )

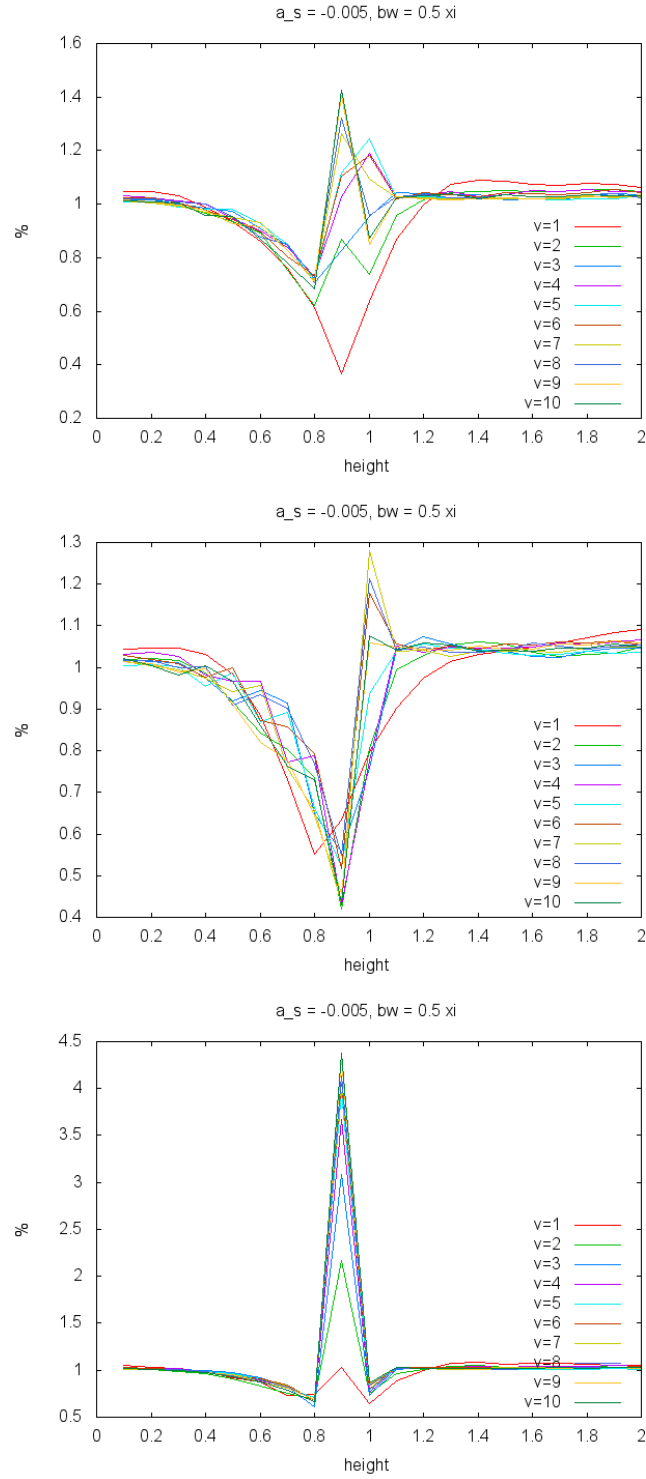


Figure 3: Ratio del máximo de la función de onda del solitón antes y después de la interacción (independientemente de si rebota o pasa), en función del cociente entre la altura de la barrera y la energía del solitón, para  $g = -0.2$  y una anchura igual a  $\xi$  (arriba),  $0.5\xi$  (centro) y  $2\xi$  (abajo).

### III. RECOMENDACIONES PARA LA INTERFAZ

#### Solitón:

- Número de partículas fijo en 20
- Scattering length  $a_s$ :  $-0.02$ ,  $-0.01$  y  $-0.005$  (equivalen a una  $g$  de  $-0.8$ ,  $-0.4$  y  $-0.2$ ).

#### Caja:

- Paredes fijadas a 75% de  $Z_{\max}$ .
- Solitón inicialmente fijado en 0.
- Velocidad del solitón de 0 a 10.

#### Barrera:

- Solitón inicialmente fijo en  $-30$ .
- Velocidad del solitón de 0 a 10.
- Barrera fija en 0.
- Anchura de la barrera:  $\xi$ ,  $0.5\xi$ ,  $2\xi$ .
- Altura de la barrera: de 0 a 2 veces la energía del solitón (o cinética).

---

[1] Todas las variables se dan en unidades del programa.