

Entrelazamiento en cadenas dimerizadas de espín s

A. Boette, R. Rossignoli, N. Canosa, J.M. Matera

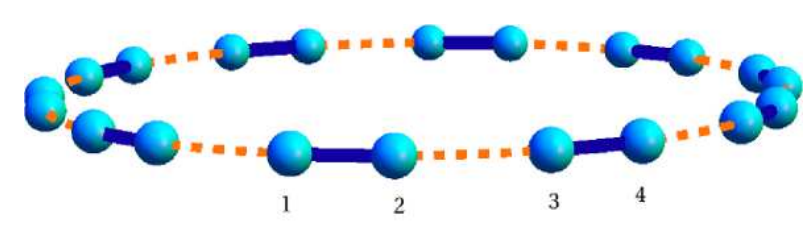
IFLP/Depto. de Física-CONICET-CIC, Universidad Nacional de La Plata



Resumen

Se analiza el entrelazamiento de pares en el estado fundamental de cadenas dimerizadas de espín s con interacción XY , inmersas en un campo magnético, a partir de una aproximación de campo medio autoconsistente basada en pares. Se muestra el surgimiento de sucesivas fases dimerizadas al aumentar el campo, que originan “plateaus” de magnetización y entrelazamiento de par, separadas por fases con ruptura de simetría de paridad de espín y bajo entrelazamiento del par. Los resultados muestran un buen acuerdo con los exactos y difieren sustancialmente de los predichos por el campo medio convencional. Se analiza también el límite de alto espín [1,2].

Modelo y Método



Hamiltoniano

$$H = \sum_{i \text{ par}} B(s_{i-1}^z + s_i^z) - \sum_{\mu} J_{\mu}(s_{i-1}^{\mu} s_i^{\mu} + \alpha s_i^{\mu} s_{i+1}^{\mu})$$

con $\mu = x, y$, $\chi = J_y/J_x \leq 1$, $|\alpha| \leq 1$.

Aproximación de campo medio de pares (GMF) basada en $|\Psi\rangle = \otimes_{i \text{ par}} |\psi_i\rangle$. Hamiltoniano auto-consistente $h = \sum_i h_i$ con

$$h_i = B(s_{i-1}^z + s_i^z) - \sum_{\mu} J_{\mu}[s_{i-1}^{\mu} s_i^{\mu} + \alpha(s_i^{\mu} \langle s_{i+1}^{\mu} \rangle + s_{i-1}^{\mu} \langle s_{i-2}^{\mu} \rangle)]$$

Acoplamiento interno tratado en forma **exacta**.

Simetría de Paridad: $[H, P_z] = 0$, $P_z = e^{i\pi S_z}$

• Fases dimerizadas: $\langle s_i^{\mu} \rangle = 0$, $[h, P_z] = 0$

• Fases con simetría rota: $\langle s_i^{\mu} \rangle \neq 0$, $[h, P_z] \neq 0$

Condición crítica: $\alpha > \left[J_x \sum_{k>0} \frac{|\langle \psi_k^0 | S_t^x | \psi_0^0 \rangle|^2}{E_k - E_0} \right]^{-1}$

Restauración de simetría en fase • :

$$|\Psi_{\pm}\rangle \propto (1 \pm P_z)|\Psi\rangle$$

Conclusión

GMF describe correctamente la magnetización, el entrelazamiento interno del par y el entrelazamiento de un espín y par con el resto del sistema.

Surgimiento de multiples fases dimerizadas para α bajo al aumentar s . Originan plateaus de entrelazamiento de par y magnetización.

Separadas por fases con ruptura de simetría de paridad y entrelazamiento par-resto, con GS cuasi degenerado.

Para s creciente, el entrelazamiento del par en fases dimerizadas

• satura en sistemas XY

• crece como \sqrt{s} en sistemas XX

Referencias

- [1] A. Boette, R. Rossignoli, N. Canosa, J.M. Matera (2016)
- [2] A. Boette, R. Rossignoli, N. Canosa, J.M. Matera, Physical Review B 91 064428 (2015)
- [3] N.Canosa, R.Rossignoli, J.M.Matera, PRB 81 (2010)
- [4] J.M.Matera, R.Rossignoli, N.Canosa, PRA 82 (2010)

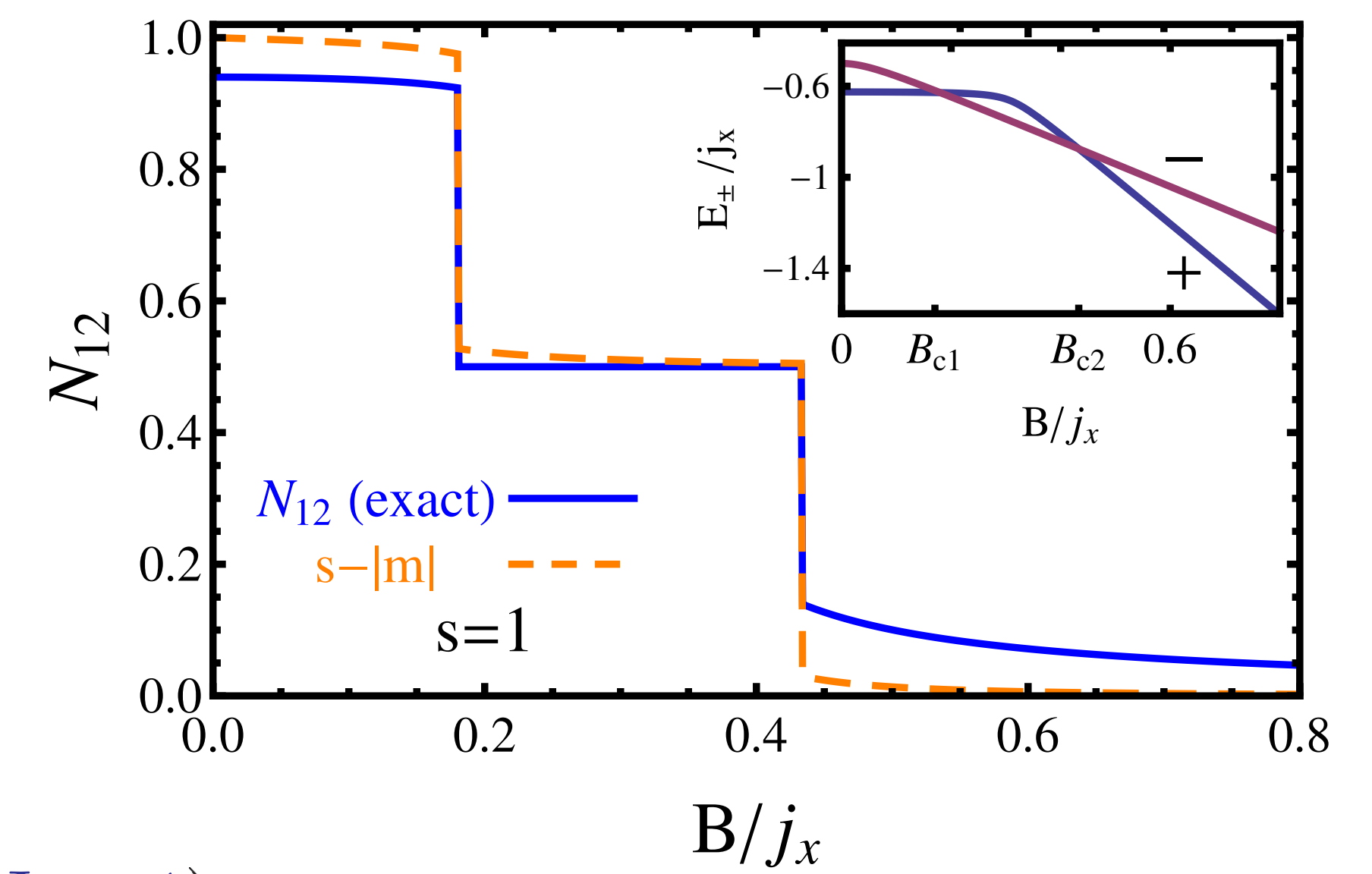
Resultados 1

Se muestra primero el comportamiento magnético exacto del entrelazamiento de un par aislado de dos espines $s = 1$ para $J_y/J_x = 0,75$, mediante la negatividad

$$N_{12} = \frac{1}{2}(\text{Tr}|\rho_{12}^{t_2}| - 1)$$

junto con la magnetización intensiva $m = \langle S_z \rangle / 2$. El estado fundamental sufre **dos transiciones de paridad** (inset), la última en el **campo factorizante** [3] $B_s = \sqrt{J_y J_x} / 2$ ($j_x = J_x s(1 + \alpha)$)

Par de espín s : $2s$ transiciones de paridad ($0 < J_y/J_x < 1$)



Resultados 2

Se muestran ahora resultados exactos y GMF para cadenas de espín $s = 1$ y $3/2$. Para α pequeño, surgen en GMF $2s$ fases dimerizadas de paridad definida para $B < B_s$, separadas por fases con paridad rota. Se observa un buen acuerdo con los resultados exactos, tanto para la negatividad del par y la magnetización como para las entropías de entrelazamiento S_2 (par-resto) y S_1 (espín-resto).

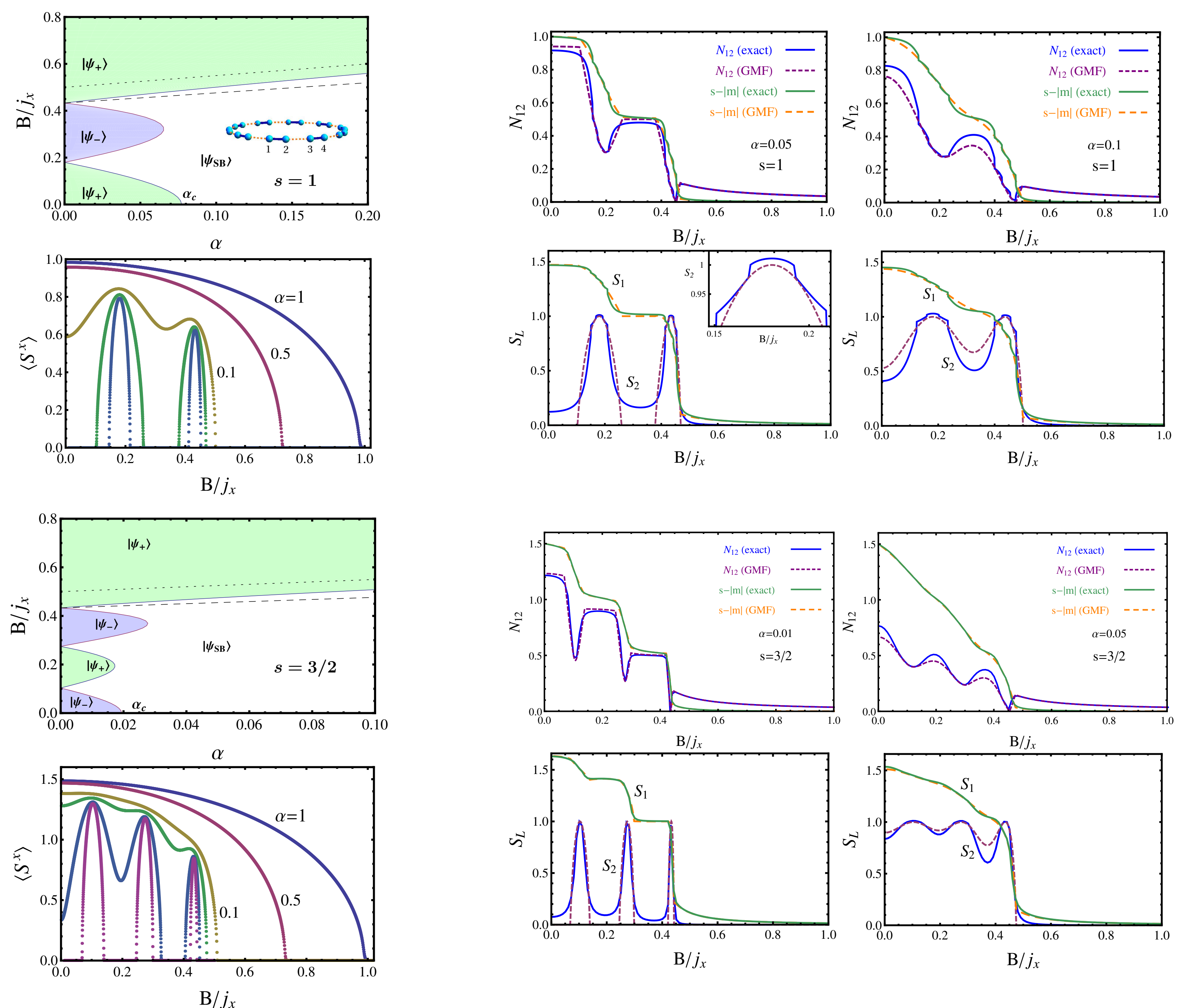


Figura 1: Diagrama de Fases de GMF (sectores coloreados: fases dimerizadas) y comparación con resultados exactos para el entrelazamiento y magnetización, en cadenas con $s = 1$ y $s = 3/2$

Relación entre ruptura de simetría y espectro exacto de energías. El GS exacto exhibe **2ns** transiciones de paridad, confinadas en los intervalos de simetría rota de GMF.

Comportamiento para alto espín

Espectro de entrelazamiento de un par de espines $s = 5$.

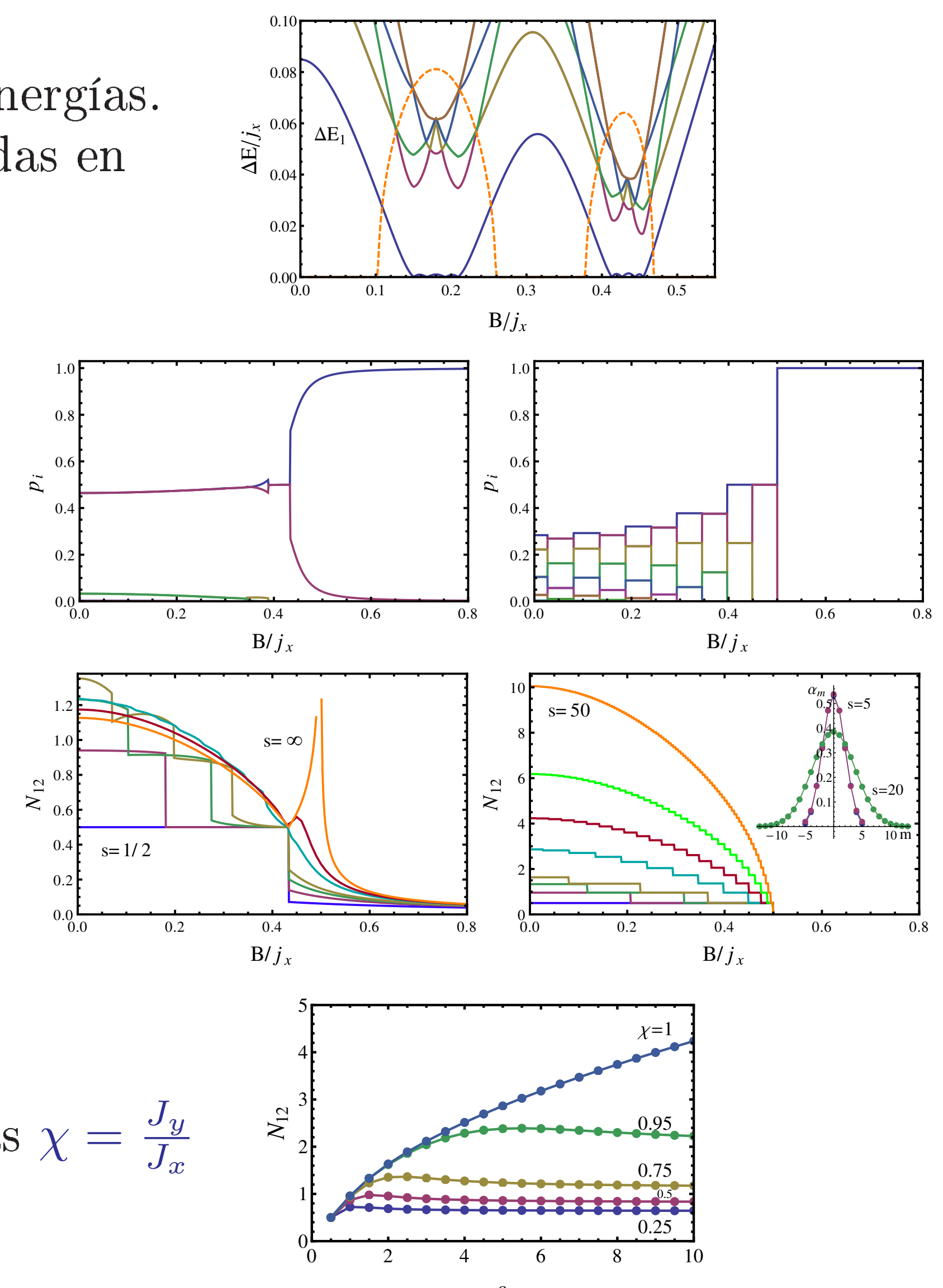
Caso **XY** (izq.): Sólo dos estados con peso en el espectro.

Caso **XX** (der.): Distribución gaussiana ($J_y = J_x$).

Negatividad del par en función del campo y espín.

Caso **XY** (izq.): Saturación de N_{12} , que tiende al límite bosónico (finito) para $s \rightarrow \infty$ [4].

Caso **XX** (der.): $N_{12} \propto \sqrt{s}$.



Negatividad a campo nulo vs. s para distintas anisotropías $\chi = J_y/J_x$