

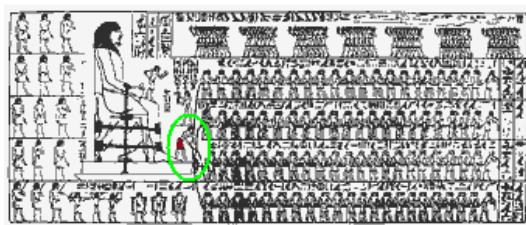
Competição em diferentes sistemas físicos

Defesa de produção intelectual

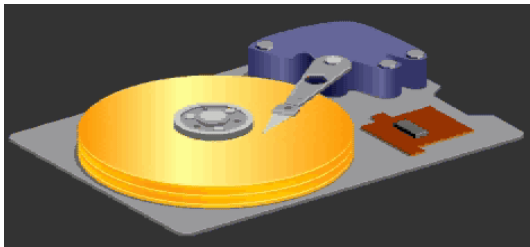
Evy A. Salcedo Torres

27 junho de 2009

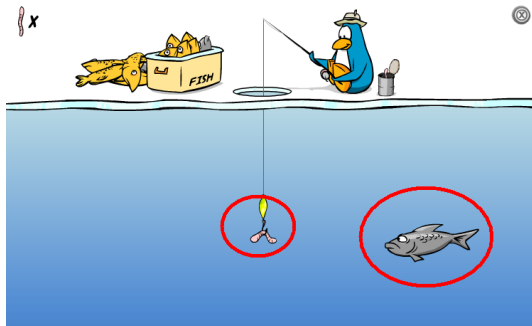
Nanoatrito



Nanomagnetismo



Agua

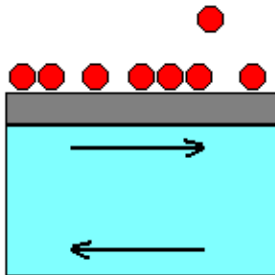


Competição, o ingrediente comum

É interessante como sistemas físicos aparentemente desconexos entre eles apresentam um ingrediente físico fundamental responsável pelos seus comportamentos particulares. A competição de grandezas físicas específicas.

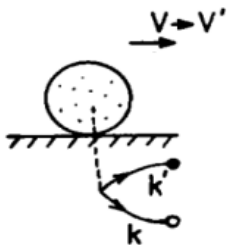
Nanoatrito

Motivação: A Microbalaça de quartzo



- Adaptada por A. Windom e J. Krim [PRE 49, 4154, 1994] para medir o atrito cinético em escala atômica.
- O atrito entre sólidos em nível nanoscópico é viscoso, i.e. $F \propto v$

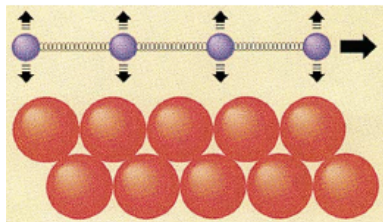
Motivação: a microbalança de quartzo, resultados



Origem do atrito nanoscópico:

- 1 eletrônica, η_e ,
- 2 fonônica, η_{ph}

$$\eta = \eta_e + c u_0^2$$



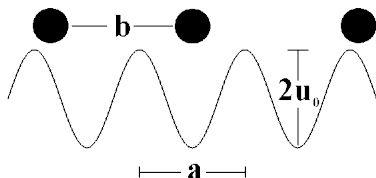
Nanoatrito

Objetivo

Caraterizar o atrito nanoscópico unidimensional

- Dependencias
- Causas

Modelo



$$m \frac{d^2 x_i}{dt^2} = -m\eta_e \frac{dx_i}{dt} - \sum_j \frac{\partial V(|x_i - x_j|)}{\partial x_i} - \frac{\partial U(x_i)}{\partial x_i} + f_i + F_{ext},$$

$$V(x) = \varepsilon_0 \left[\left(\frac{r_0}{x} \right)^{12} - 2 \left(\frac{r_0}{x} \right)^6 \right], \quad U(x) = u_0 \sin\left(\frac{2\pi}{a}x\right),$$

$$\langle \mathbf{f}_i(t) \rangle = 0, \quad \langle \mathbf{f}_i(t), \mathbf{f}_j(t') \rangle = 2\eta_e k_B T \delta(t - t') \delta(i, j) / m$$

Medidas

Comensuração:

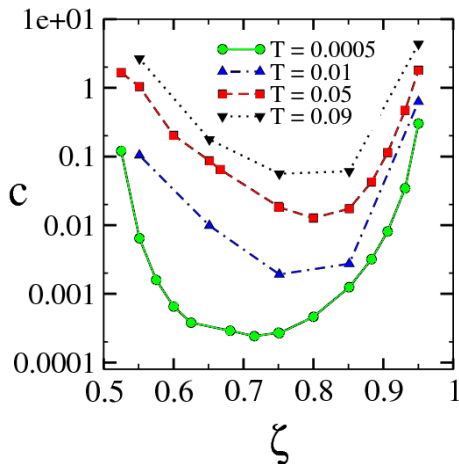
$$\zeta = a/b$$

Coeficiente de atrito:

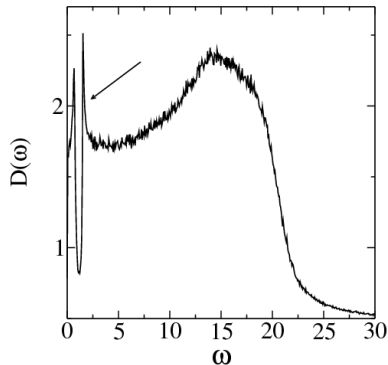
$$\eta_t = \frac{F_{ext}}{v_{cm}}$$

- $\eta_t(\zeta)$
- $S(k, t)$
- $D(\omega)$

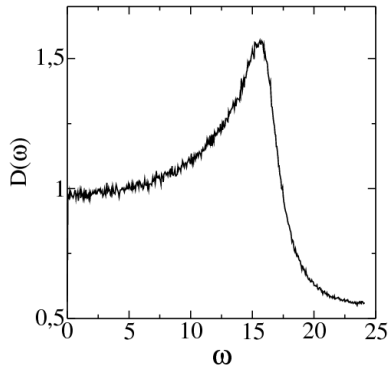
Resultado: $c(\zeta)$, $\eta_{ph} = c u_0^2$



Resultado: $D(\omega)$

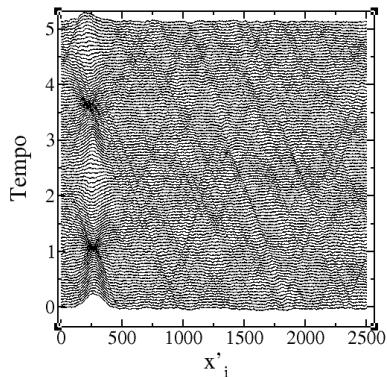


$$\zeta = 0.961, T = 0.05$$

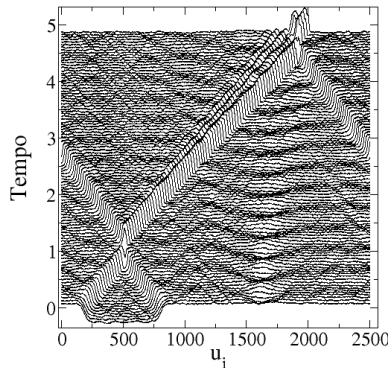


$$\zeta = 0.75, T = 0.05$$

Deformações da rede $\zeta = 2/3$, o par *kink-antikink*



Sem força aplicada



Com força aplicada

Conclusões

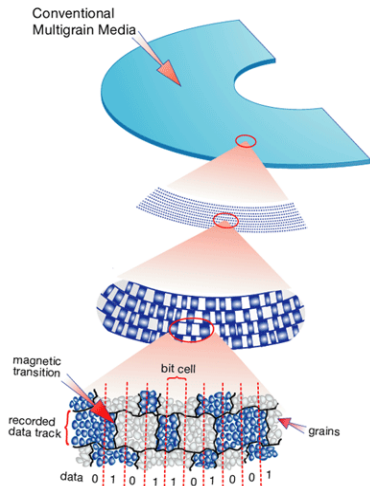
- O atrito fonônico é diretamente proporcional ao quadrado da amplitude de corrugação do substrato.
- As estruturas inibem certos modos de vibração que são excitados ao se aplicar a força sobre a cadeia de adatomos, ativando assim novos canais para a dissipação da energia de translação da cadeia.
- Quando há formação de kinks clássicos ($\zeta = 2/3$) na cadeia de adatomos o atrito total é muito alto (efeito transiente).
- O potencial de interação desempenha um papel fundamental no atrito experimentado pelas partículas (**FK** $\Rightarrow \eta_{ph} \approx 0$).

Publicação

- Salcedo E. S., Gonçalves S., Scherrer C. e Kiwi M.
Nanoscale sliding friction versus commensuration ration:
Molecular dynamics simulation. Physical Review B, v 73, p.
035434, 2006.

Nanomagnetismo

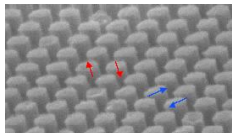
Motivação: Gravação Magnética



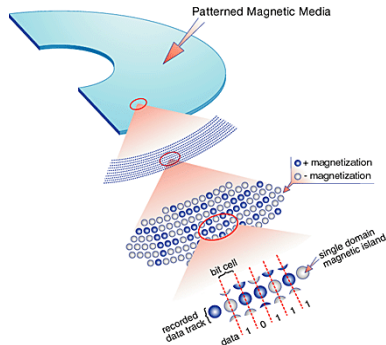
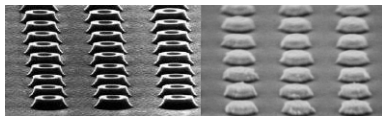
© Hitachi Global Storage Technologies

- Constituída por grão individuais que se comportam como magnetos independentes.
- Aumentar a capacidade de armazenamento implica em diminuir os grão.
- O limite superparamagnético permite atingir grãos de $\approx 10 \text{ nm}$, com estabilidade térmica de 10 anos.

Motivação: Gravação Magnética



- Arranjos ordenados com anisotropia uniaxial.
- Escolha da orientação do eixo fácil.
- Aumento da capacidade de armazenamento em até 100 vezes.



Hitachi Global Storage Technologies

Nanomagnetismo

Objetivo

Caraterizar as propriedades físicas destes sistemas:

- Estrutura magnética interna
- Mecanismos de reversão

Modelo

- Arranjos de átomos formando estrutura cilíndrica ou tubular
- Considera-se a interação dipolar (longo alcance) e de “Exchange” (curto alcance)
- Utiliza-se a técnica de “scaling” a fim de reduzir o número de partículas ($10^9 \rightarrow 10^3$)
- Utiliza-se simulações de Monte Carlo para estudar a dinâmica

Modelo

A energia do sistema está dada por

$$E = \sum_i \sum_{j>i} E_{ij} - J_{ij} \vec{m}_i \cdot \vec{m}_j + E_a$$

onde E_{ij} é a energia dipolar

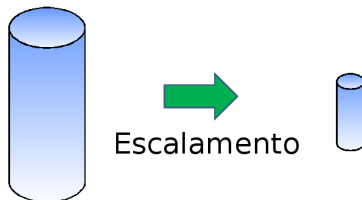
$$E_{ij} = ((\vec{m}_i \cdot \vec{m}_j) - 3(\vec{m}_i \cdot \hat{n}_{ij})(\vec{m}_j \cdot \hat{n}_{ij}))/r_{ij}^3$$

com r_{ij} a separação entre as partículas com momentos magnéticos \vec{m}_i e \vec{m}_j .

$J_{ij} = J$ é o constante de “exchange” entre partículas vizinhas.

$E_a = -\sum_i \vec{m}_i \cdot \vec{H}_a$ é a contribuição do campo magnético externo

“Scaling”



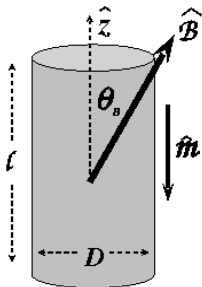
No método do scaling as dimensões físicas d , as interações h e a constante de “exchange” J , são reescaladas segundo [PRL 88, 237202, 2002]:

$$d' = d\chi^\eta$$

$$h' = h\chi^\eta$$

$$J' = J\chi$$

Resultados: Modos de Reversão em nanofios de Ni



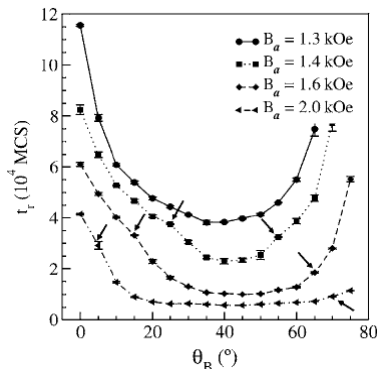
Para $\theta_B = 0$

- Para $B < B_{min}$ é necessário um pulso intenso para nuclear a parede de domínio.
- Para $B_{max} > B > B_{min}$ A parede de domínio se desloca com velocidade constante.
- Para $B > B_{max}$ Se entra num regime caótico onde se nucleam multiples paredes de domínio.

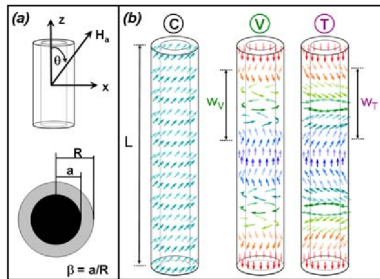
Resultados: Modos de Reversão em nanofios de *Ni*

Para $\theta_B \neq 0$

- O tempo de nucleação da parede muda devido à variação da anisotropia de forma.
- Para $5^\circ > \theta_B > 0^\circ$ a reversão acontece via o modo do tipo tira-rolha.
- Para $15^\circ > \theta_B > 5^\circ$ a reversão acontece via o modo do tipo transversal.
- Para $20^\circ > \theta_B > 15^\circ$ a reversão acontece via o modo do tipo transversal em ambos extremos.
- Para $65^\circ > \theta_B > 20^\circ$ regime caótico, nucleação de multiplas paredes de dominio.



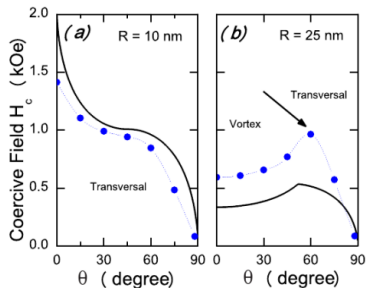
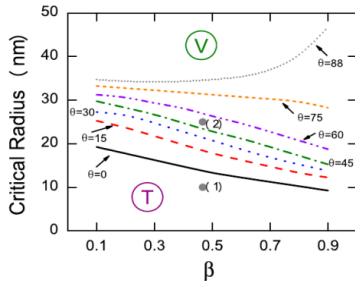
Resultados: Modos de Reversão em nanotubos de Ni



Para $\theta_B = 0$

- Se $\beta = R_{int}/R_{ext} \leq 1/3$ o modo de reversão é do tipo transversal.
- Se $\beta = R_{int}/R_{ext} \geq 1/3$ o modo de reversão é do tipo vortice.

Resultados: Modos de Reversão em nanotubos de *Ni*



- A coercividade é maior no caso de tubos revertindo via modo transversal.
- O tipo de modo de reversão depende do raio R_{ext}

Conclusões

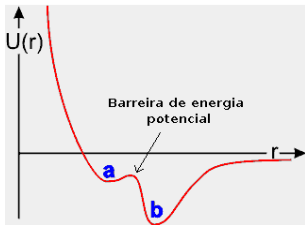
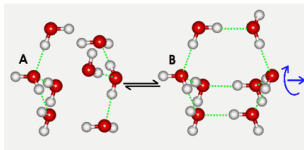
- Diferentes tipos de modos de reversão podem ser encontrados em nanofios e nanotubos.
- O tempo de reversão diminui sensivelmente se o ângulo $\theta_B \approx 45^\circ$.
- Nanotubos apresentam, um tempo de reversão muito pequeno ao igual que o tempo de nucleação.
- O modo de reversão influencia no valor da coercividade dos nanotubos.

Publicações

- P. Landeros, S. Allende, J. Escrig, E. Salcedo, D. Altbir. E. E. Vogel. Reversal modes in magnetic nanotube. Applied Physics Letter, v. 90, pg. 102501, 2007
- S, Allende, J. Escrig, D. Altbir, E. Salcedo, M. Bahiana. Angular dependence of the transverse and vortex modes in magnetic nanotube. The European physical Journal B, V 66, pg 37, 2008.
- S. Allende, D. Altbir, E. Salcedo, M. Bahiana, J. P. Sinnecker. Propagation of transversal domain walls in homogeneous magnetic nanowires. Journal Applied Physics. v. 104, p. 013907, 2008.
- *S. Allende, J. Escrig, D. Altbir, E. Salcedo, M. Bahiana. Magnetic bias in multilayer nanowires, Submetido*

Agua

Motivação: Anomalias na água



- Água é o líquido mais importante da Terra.
- Água apresenta anomalia termodinâmica, dinâmica e estrutural