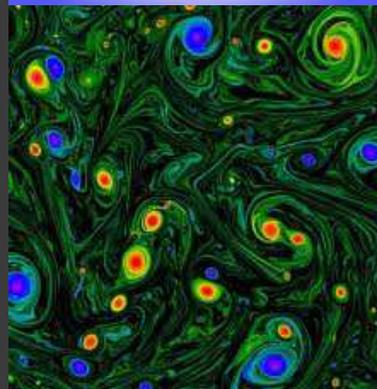
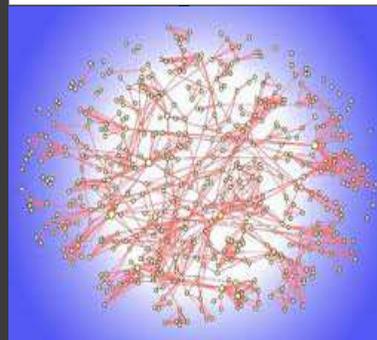
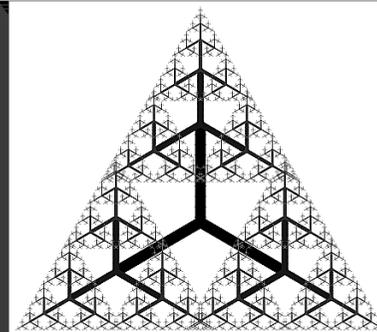


Master en

Física de Sistemas Complejos

UNED



¿Qué son los Sistemas Complejos?

La complejidad es la ciencia del siglo XXI. El estudio de sistemas complejos en 2012 ha cambiado la manera de considerar las ciencias de manera análoga a la revolución que supuso el inicio de la mecánica cuántica en 1932.

Los sistemas complejos son sistemas formados por distintos elementos que son capaces de interactuar entre sí y con su entorno. Lo importante, sin embargo, es que los sistemas complejos se identifican por cómo funcionan. Algunos rasgos básicos de su comportamiento son la autoorganización, la impredecibilidad y la emergencia, es decir que el todo no es igual a la suma de las partes.

Ejemplos de sistemas complejos son: formación de dunas, borrascas, encefalogramas, otros patrones en ecología, biología, economía, electrónica y comunicaciones, etc.

En este Master se estudian problemas reales con métodos científicos, utilizando herramientas sofisticadas. Se aprende a abordar de forma eficaz problemas procedentes de muy variadas disciplinas con metodología común y se enfrentan desafíos intelectuales que cambian nuestra forma de pensar.

Interés académico, científico y profesional

- El Master tiene orientación académica y de investigación: laboratorios e institutos de la universidad, de organismos públicos y privados.
- La orientación investigadora del Master permite acceder a oportunidades profesionales en distintos ámbitos:
 - En la industria tienen relevancia procesos que involucren fluidos y sistemas complejos, técnicas electrónicas, nanomateriales, problemas de aerodinámica, dispositivos fotovoltaicos, materiales granulares...
 - Entre los campos que proporcionan mayor variedad de sistemas complejos se encuentran la meteorología, la oceanografía y la climatología con numerosos ejemplos de aplicaciones.
 - Las principales empresas y bancos requieren cada vez más la resolución de problemas con la metodología de los sistemas complejos para la estimación de riesgos y en general para simular y entender el comportamiento de la economía.
 - En biotecnología podemos encontrar ejemplos de complejidad en el estudio de las mutaciones genéticas.
 - En sanidad los sistemas complejos se utilizan para modelizar la evolución de enfermedades tales como Parkinson, Alzheimer, epilepsia, depresión, crecimiento de tumores, etc.
 - En sociología es frecuente el uso de modelos complejos para entender y optimizar redes sociales, para analizar y prever cuantitativamente el comportamiento de grupos sociales.

Asignaturas ofrecidas

● **Semestre 1:**

Introducción a la ciencia no lineal

Electrónica

Métodos Numéricos Avanzados

Física de Medios Continuos

Mecánica Estadística de Fluidos Complejos

Mecánica Estadística Avanzada

Funcional de la Densidad

Dinámica de fluidos compresibles

● **Semestre 2:**

Inestabilidades y Turbulencia

Fenómenos de transporte

Procesos Microscópicos en Materia Condensada

Redes Neuronales y Complejas

Modelización y Simulación de Sistemas Complejos

Fluctuaciones en Sistemas Dinámicos

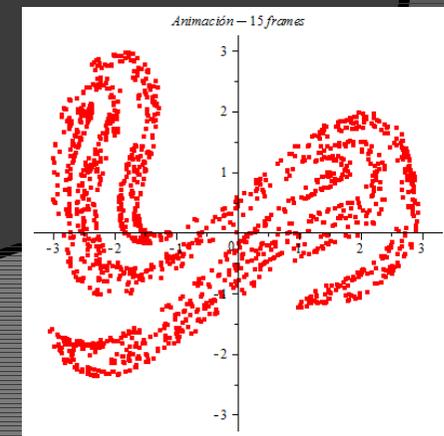
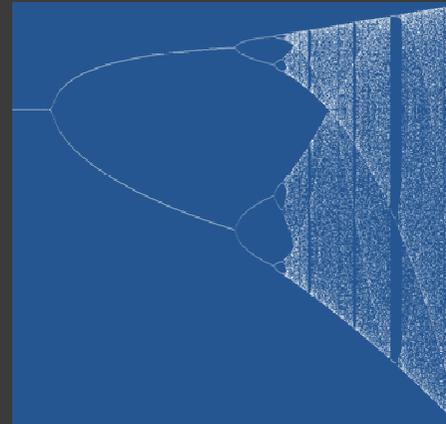
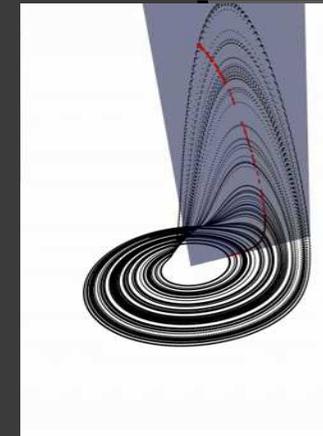
Sociofísica y redes sociales

Trabajo Fin de Máster



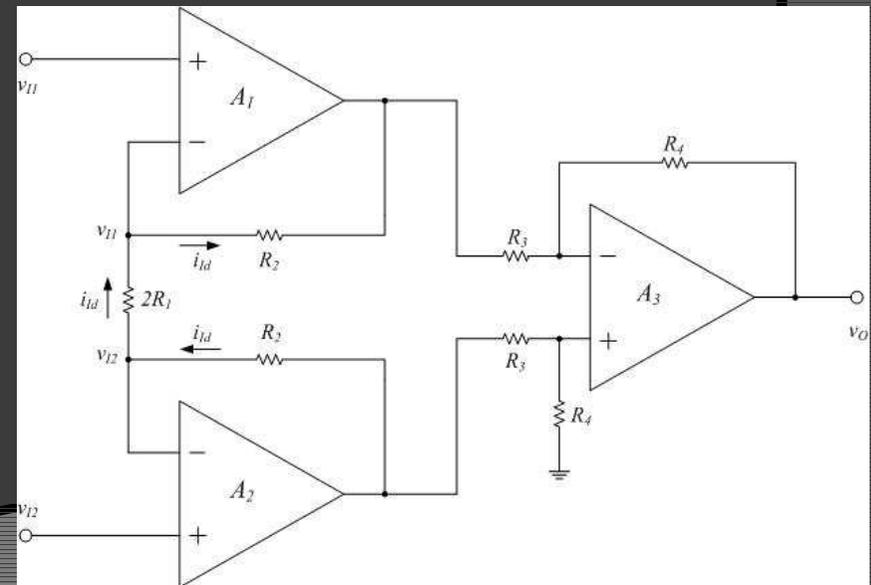
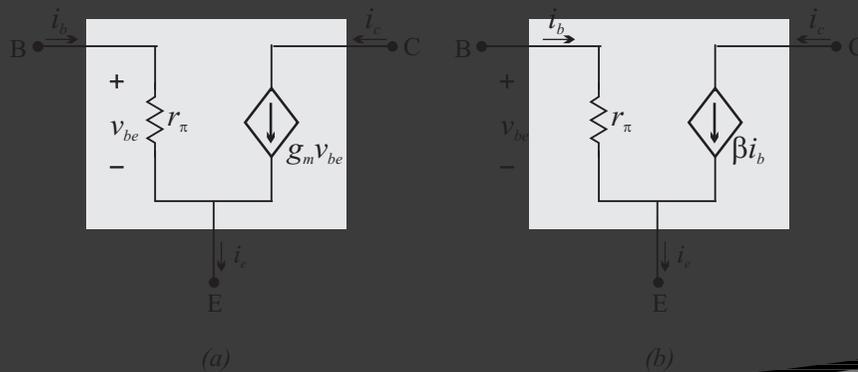
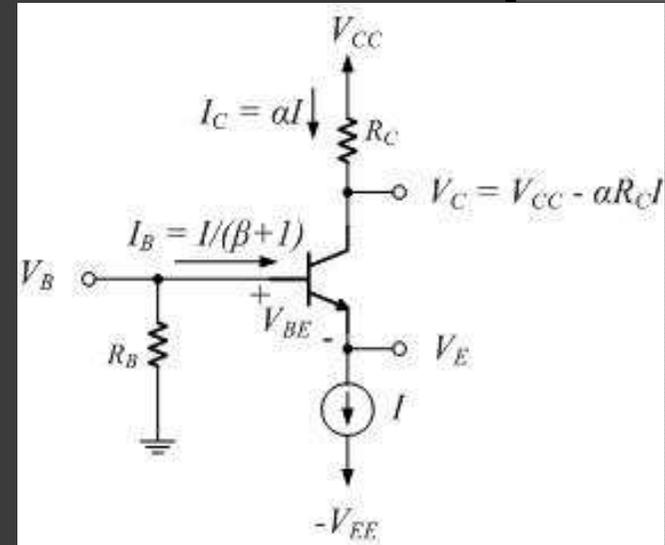
Introducción a la Ciencia no Lineal - Víctor Fairén

1. Introducción al cálculo con Maple
2. La ciencia no lineal: una introducción a la complejidad en el tiempo.
3. La ciencia no lineal: un recorrido por la complejidad en el espacio.
4. Una simple teoría cualitativa de bifurcaciones locales de codimensión 1
5. La sección de Poincaré
6. Ecuaciones de recurrencia – Mappings
7. Estabilidad de puntos fijos y comportamiento no lineal alrededor de ellos.
8. Dinámica caótica y fractales
9. Patrones en sistemas espacialmente distribuidos.



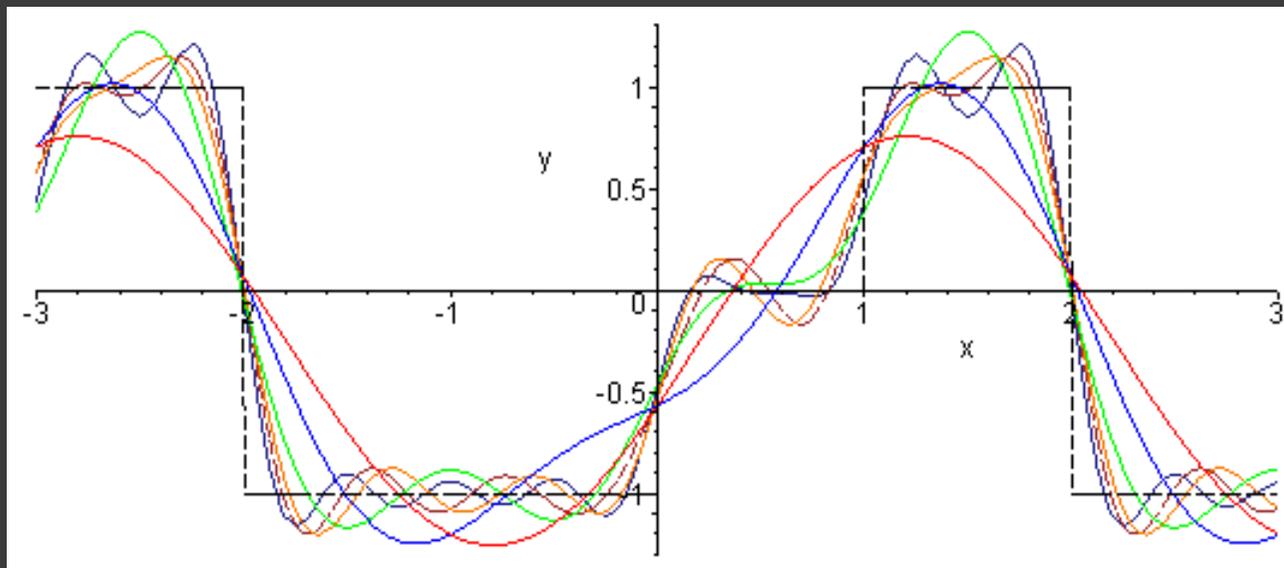
Electrónica - *María del Mar Montoya y Miguel Ángel Rubio*

1. Fundamentos de los semiconductores.
2. El diodo de unión PN y el transistor bipolar (BJT).
3. El transistor de efecto campo (MOSFET).
4. Amplificación con transistores.
5. El amplificador operacional (OA).
6. Circuitos con OA's: Amplificadores de precisión y acondicionamiento de señal.
7. Controladores.



Métodos Numéricos *Avanzados-Javier García Sanz*

1. Problemas de condiciones de contorno para ecuaciones diferenciales ordinarias
2. Problemas de valores característicos
3. Ecuaciones en derivadas parciales elípticas
4. Ecuaciones en derivadas parciales parabólicas e hiperbólicas
5. El método de los elementos finitos



Física de medios continuos – Miguel Angel Rubio y Emilia Crespo del Arco

Parte I. Formalismo general

- Tema 1. Introducción.
- Tema 2. La descripción de un medio continuo deformable.
- Tema 3. Deformación de un medio continuo.
- Tema 4. Cinemática de las deformaciones.
- Tema 5. Ecuaciones generales de la dinámica.
- Tema 6. La representación matemática de las propiedades de los medios continuos.

Parte II. Aplicaciones

- Tema 7. Aplicaciones de Ecuaciones constitutivas.
- Tema 8. Conceptos básicos en dinámica de fluidos.
- Tema 9. Fluidos ideales. Flujos con viscosidad dominante.

$$\frac{D}{Dt}(\rho(\bar{X}, t)) = \frac{\partial}{\partial t}[\rho(\bar{X}, t)] + \nabla \cdot (\rho \bar{v})$$

4.2.1 Derivadas materiales de elementos transportados. Como en el caso de las deformaciones, las fórmulas correspondientes a una transformación arbitraria se pueden escribir en términos de la derivada material es, por tanto, el tensor denominado *gradiente*.

1. Derivada material de un vector transportado $\frac{D}{Dt}(\bar{M}) = \frac{\partial}{\partial t}(\bar{M}) + \nabla \cdot (\bar{M} \otimes \bar{v})$
2. Derivada material de un volumen $\frac{D}{Dt}(d\Omega) = \frac{\partial}{\partial t}(d\Omega) + \nabla \cdot (d\Omega \bar{v})$ donde $J = J(\bar{X}, t)$
3. Derivada material de un escalar $\frac{D}{Dt}(\phi) = \frac{\partial}{\partial t}(\phi) + \nabla \cdot (\phi \bar{v})$

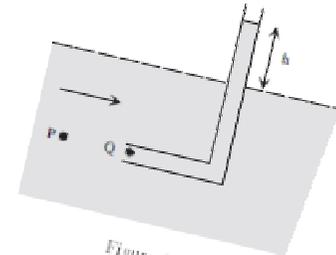


Figura 11: Tubo de Pitot

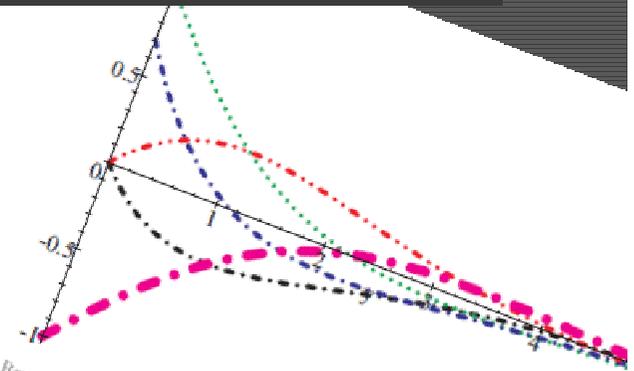


Figura 12: Representación de $u(y)$ para distintos tiempos negro $t = 0$, azul $(t = T/8)$, verde $(t = T/4)$, rojo $(t = T/2)$, morado $(t = 3T/2)$

La solución obtenida es una onda transversal: su velocidad $v_x = v$ se dirige perpendicularmente a la dirección de su propagación. Una propiedad importante de esta onda es que se amortigua en profundidad en el fluido: su amplitud depende exponencialmente cuando la distancia y a la pared crece. En un fluido viscoso pueden existir ondas transversales. Sin embargo se amortiguan rápidamente con la distancia a la superficie del cuerpo sólido cuyo movimiento crea las ondas. Vamos ahora a la posición para la cual la amplitud habrá decrecido a un 1% del valor en la pared. Esto ocurre para aproximadamente $y/\sqrt{2} = 4,6$. Recuperando las dimensiones de las variables encontramos la profundidad de penetración:

$$\delta = 4,6 \left(\frac{\nu}{\Omega}\right)^{1/2}$$

La fuerza de rozamiento... el seno de αt ...

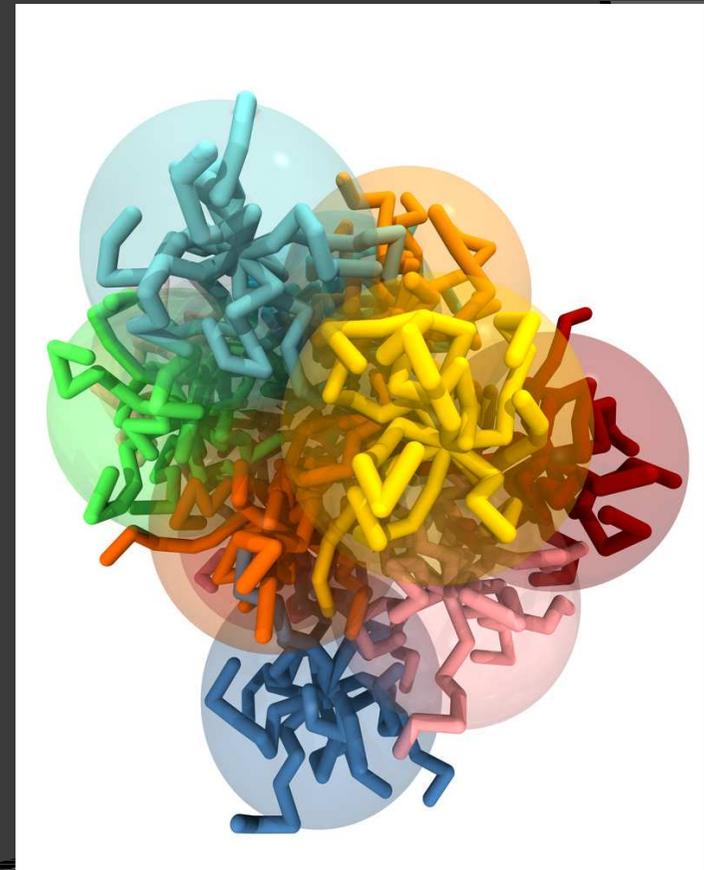
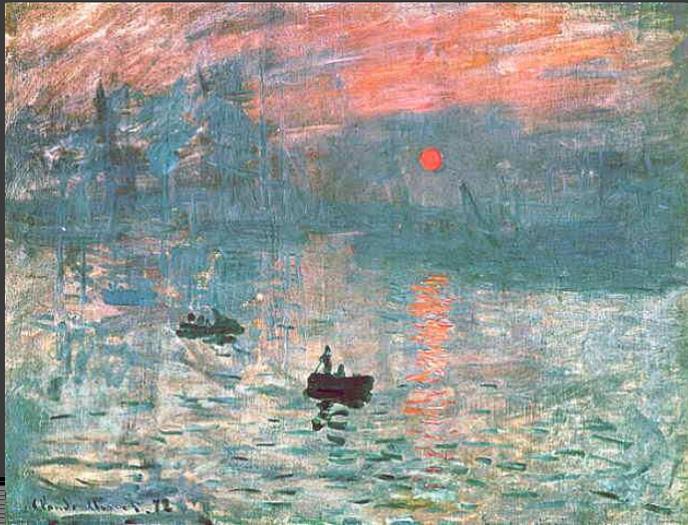
24 al igual que en el problema... ed que realiza oscilaciones... ayendo

un sistema de referencia R cartesiano ortonormal, se tiene un movimiento $x_1 = X_1; \quad x_2 = X_2; \quad \alpha > 0$ y las trayectorias. Dar la representación euleriana y determinar las derivadas cartesianas ortonormales en el referencial R . Se define un movimiento $X_1 + \alpha t X_2; \quad x_1 = X_1; \quad \alpha > 0$ ¿este movimiento está definido? Determinar las trayectorias y dar la representación cartesiana ortonormal en el referencial R . Se define un movimiento $U_1 = 0; \quad \alpha > 0$. Determinar las líneas de corriente en T . Dar la representación lagrangiana del movimiento.

Mecánica estadística de Fluidos Complejos

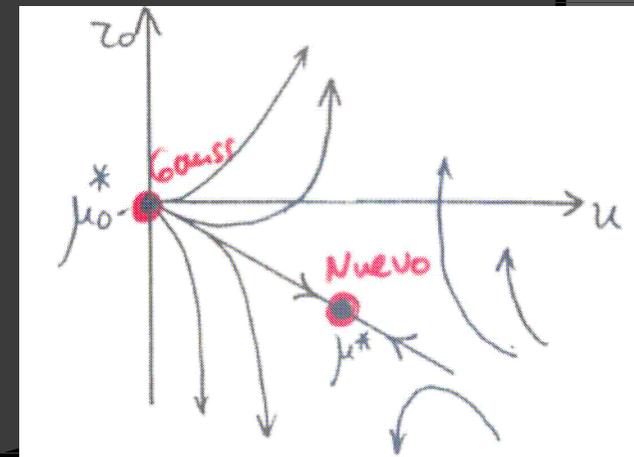
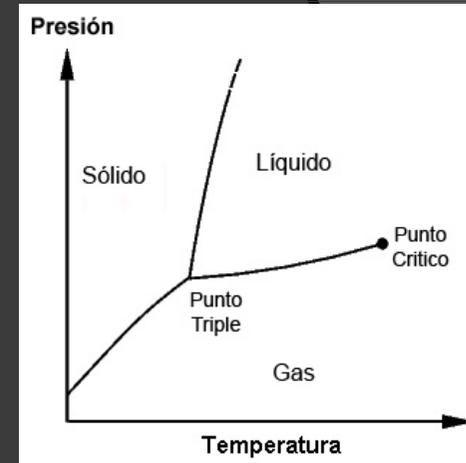
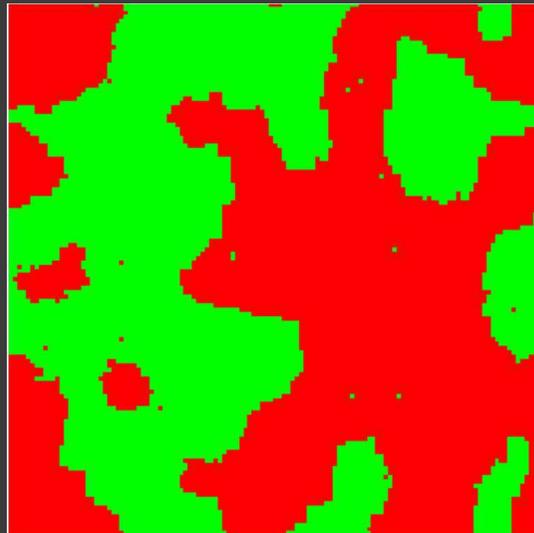
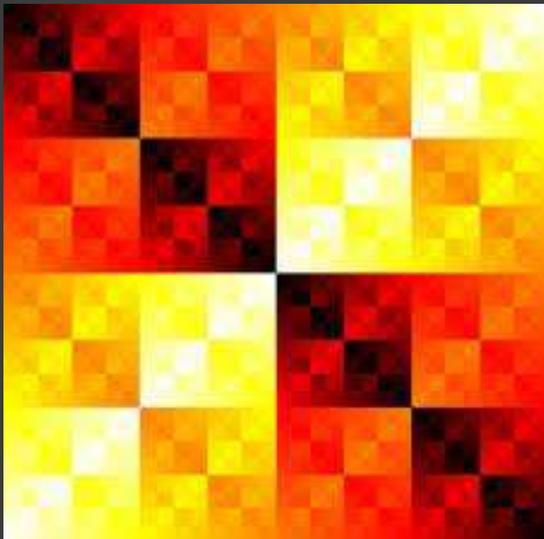
Pep Español

1. Impresionismo, granulado y mecánica estadística
2. Aspectos matemáticos de la teoría del granulado.
3. La estructura GENERIC.
4. Hidrodinámica de fluidos simples.
5. Hidrodinámica de mezclas
6. Suspensiones coloidales
7. Disoluciones poliméricas.



Mecanica estadística avanzada-Elka Koroutcheva

1. Teoría de campo medio
2. La aproximación gaussiana
3. Cálculos de los exponentes críticos
4. Vidrios de spin
5. Formalismo de Parisi



Se utiliza como material del curso apuntes específicos, textos base y los artículos científicos relevantes que se publican

Funcional de la densidad: sistemas electrónicos – Jose Enrique Alvarellos

“La navaja suiza para el cálculo de propiedades electrónicas”
Silicio cristalino

1. Sistemas de muchos electrones.
2. Formalismo del funcional de la densidad: el estado fundamental: relación con las *características estructurales* de los materiales.
3. Funcional de la densidad dependiente del tiempo: *estados excitados* (estudio de propiedades inducidas por campos externos, técnicas experimentales de caracterización espectroscópica).

Ecuación de Schrödinger

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \Psi(\mathbf{r}; t) = -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \Psi(\mathbf{r}; t) + V(\mathbf{r}; t) \Psi(\mathbf{r}; t)$$

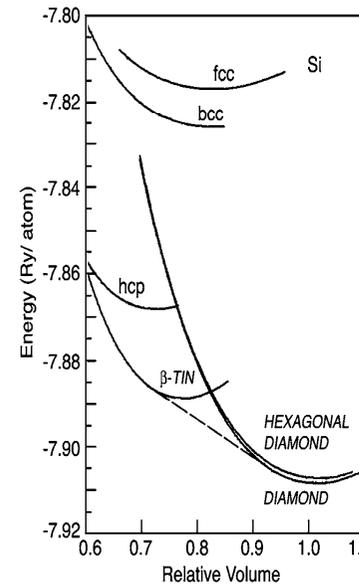


FIG. 1. Energy vs relative volume (with respect to the experimental one) for several crystal structures of silicon: diamond, hexagonal diamond, β -tin, hexagonal close packed (hcp), body-centered cubic (bcc), and face-centered cubic (fcc). Also shown is the tangent line to the diamond and β -tin structures, from which the transition volumes and pressure can be computed. From [Yin and Cohen, 1980](#).



M.A.L. Marques et al. / Computer Physics Communications 151 (2003) 60–78

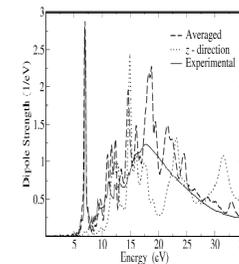


Fig. 2. Optical absorption of the benzene molecule, from Eq. (15). Experimental results from Ref. [44].

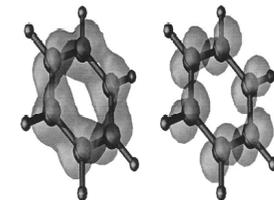


Fig. 3. π (left) and π^* (right) Kohn-Sham orbitals of benzene, as calculated by octopus. Transitions between these two states are responsible for the large absorption peak at 7 eV.

Estados excitados del benceno

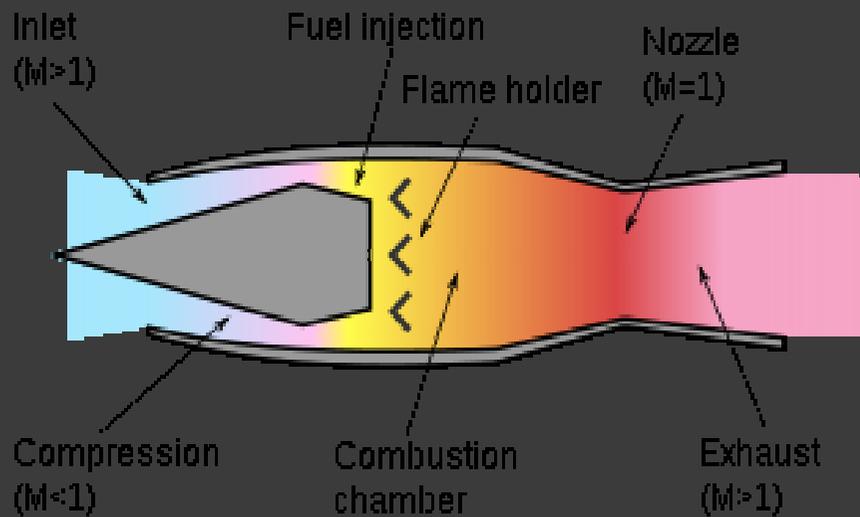
Dinámica de fluidos compresibles -

Juan Gustavo Wouchuk

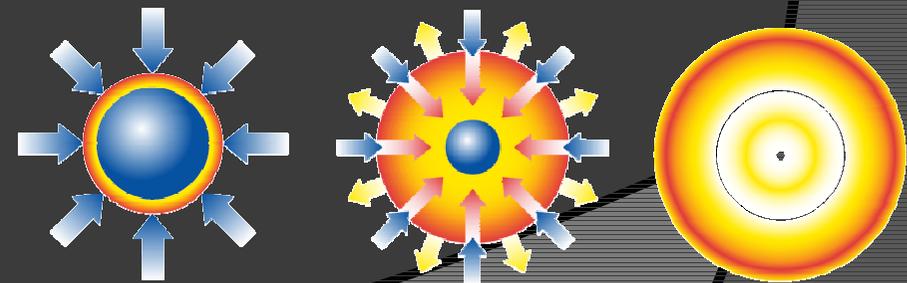
- Tema 1. Ecuaciones de conservación
- Tema 2. Ondas sonoras
- Tema 3. Curvas características
- Tema 4. Ondas de rarefacción centradas
- Temas 5 y 6. Ondas de choque



proyectiles



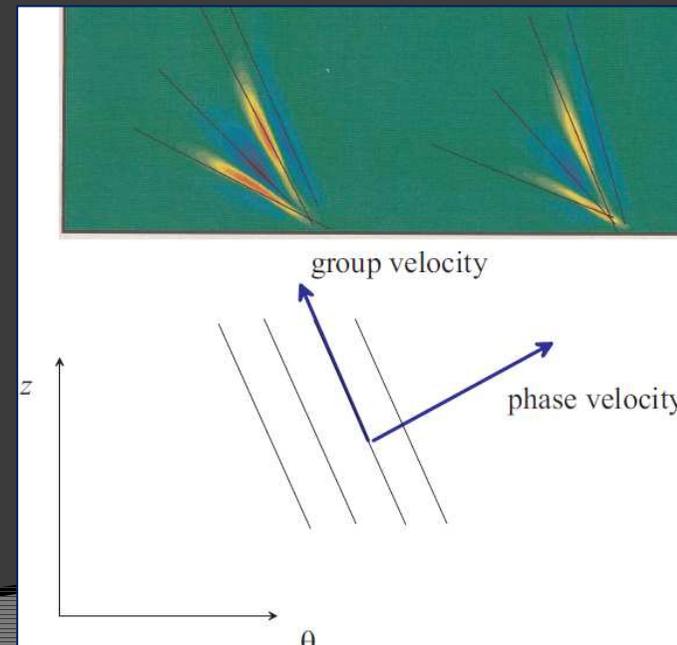
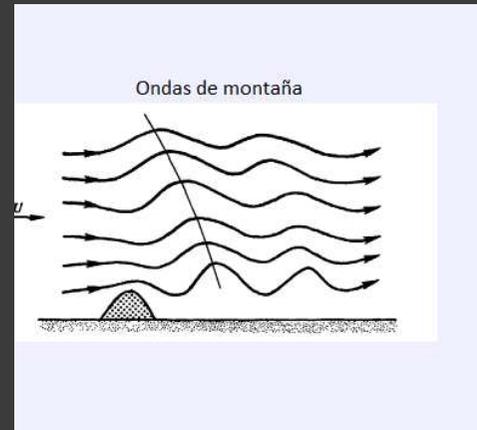
turbinas "ramjet"



fusión termonuclear controlada

Inestabilidades y Turbulencia - *Emilia Crespo del Arco*

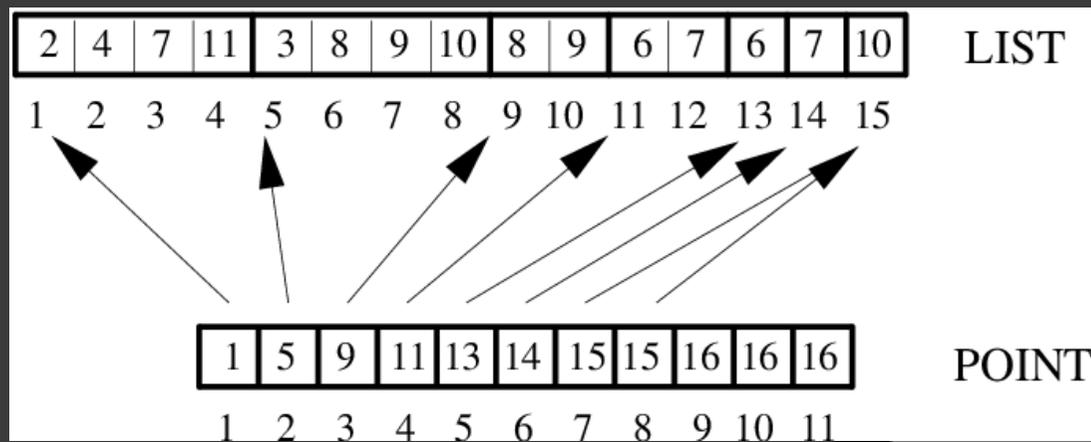
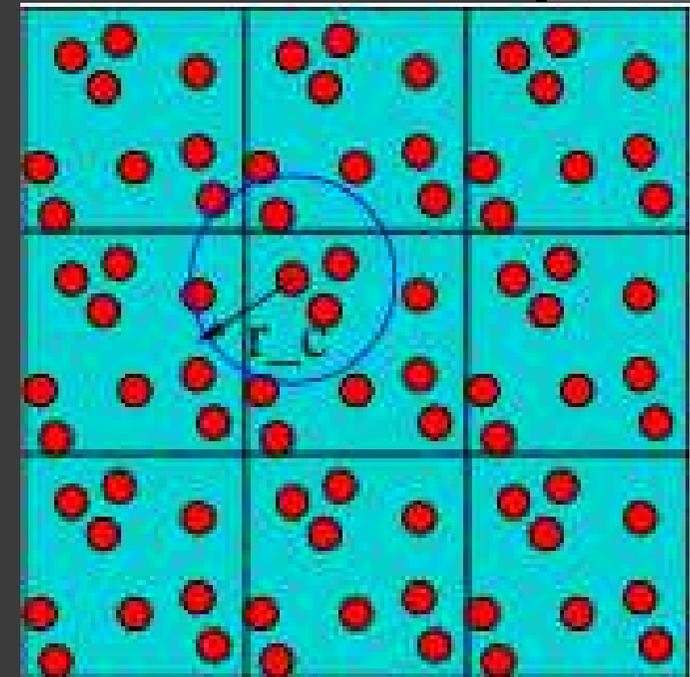
1. Conceptos de estabilidad hidrodinámica
2. Inestabilidades de Kelvin-Helmholtz, Rayleigh-Bénard, Taylor-Couette
3. Ondas en la atmósfera y en el océano: de superficie, internas de gravedad, inerciales
4. Flujos turbulentos
5. Magnetohidrodinámica



Fenómenos de transporte: técnicas de simulación en fluidos

Pep Español e Ignacio Zúñiga

1. Introducción a los fenómenos de transporte
2. Dinámica Molecular
3. Análisis de resultados
4. Dinámica Browniana



Procesos microscópicos en Materia

Condensada - Jose Enrique Alvarellos y David García Aldea

(desde gases y líquidos *clásicos* a nanoestructuras *cuánticas*)

1. Superficies y catálisis: propiedades electrónicas y vibracionales; aparición de modos localizados en la superficie...

2. Transporte de masa y carga: movimientos en gases y líquidos, procesos de difusión, fenómenos de crecimiento y de transporte,...

3. Transporte electrónico en nanoestructuras: algunas propiedades novedosas que surgen en los nanodispositivos.

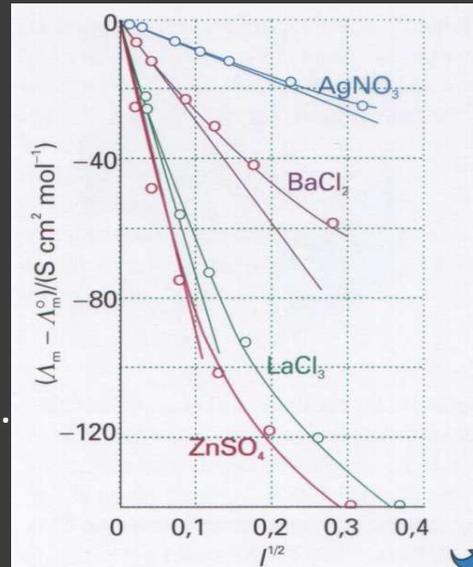


Fig. 21.20 Dependencia de las conductividades molares con la raíz cuadrada de la fuerza iónica, y la comparación con la dependencia predicha por la teoría de Debye-Hückel-Onsager (líneas rectas).

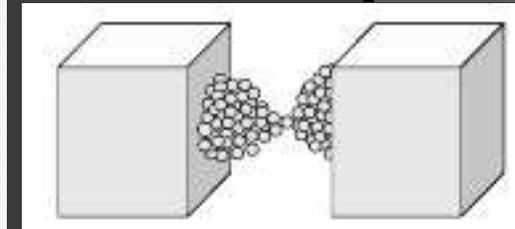
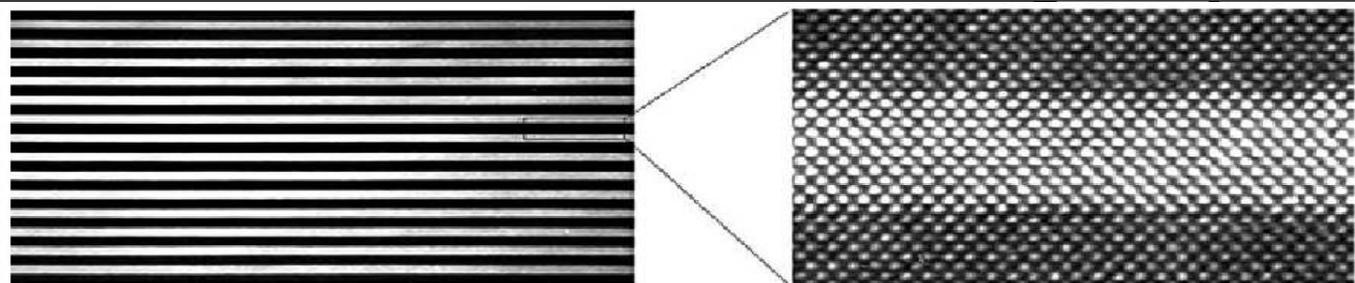


Fig. 2.1 Image of a GaAs/AlGaAs superlattice, illustrating the near atomic-level quality of the material. Picture provided courtesy of A. Trampert and O. Brandt, Paul-Drude Institute, Berlin.



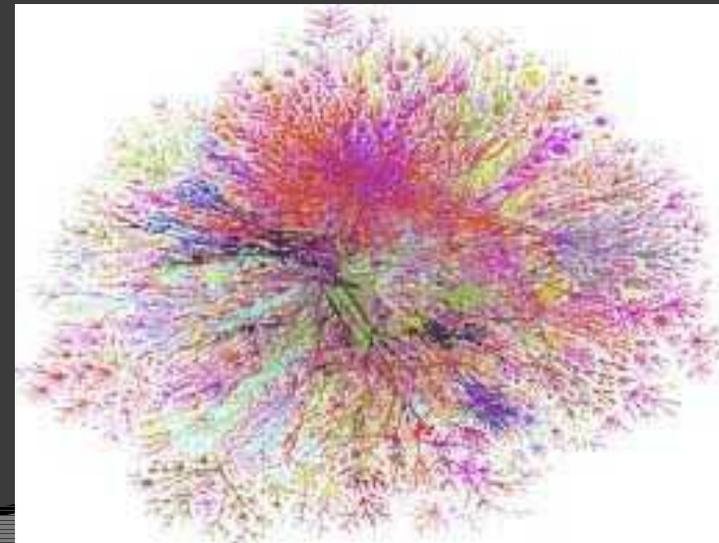
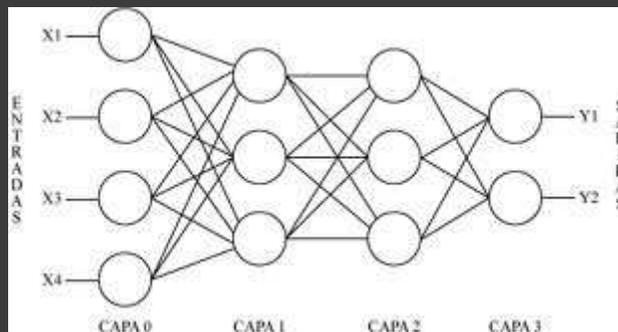
Redes neuronales y complejas - Elka Koroutcheva

1. Procesos biológicos en una red neuronal
2. Redes neuronales atractoras
3. Redes neuronales feedforward
4. Técnicas de aprendizaje
5. El procesamiento de información
6. Aplicaciones de las redes neuronales
7. Teoría de grafos aleatorios
8. Redes de escala libre (scale free) y acotada (small world)

• Hopfield '82
Sistema de N neuronas $S_i = \pm 1, i=1, \dots, N$

$$S_i(t+1) = \text{sign} \left[\sum_{j=1}^N J_{ij} S_j(t) \right]$$

Objetivo: un patrón se reconoce si el sistema había memorizado antes un patrón similar.

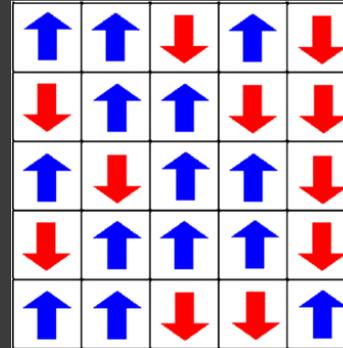


Modelización y simulación de sistemas complejos

Julio Fernández y Jose Enrique Alvarellos

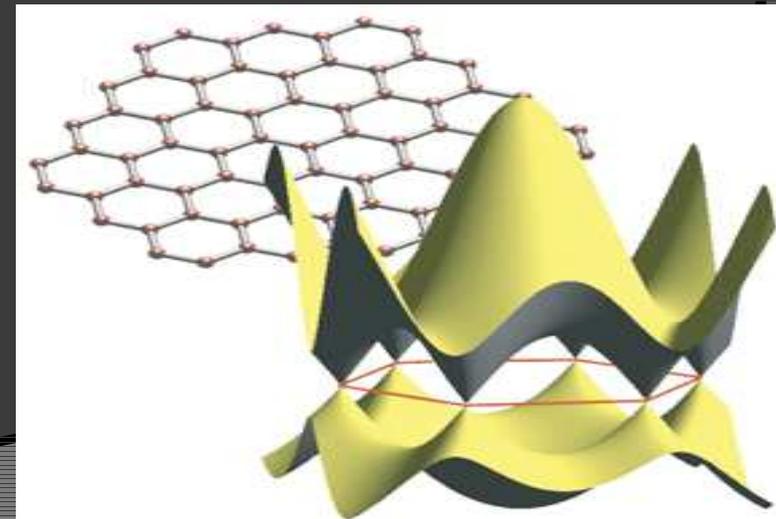
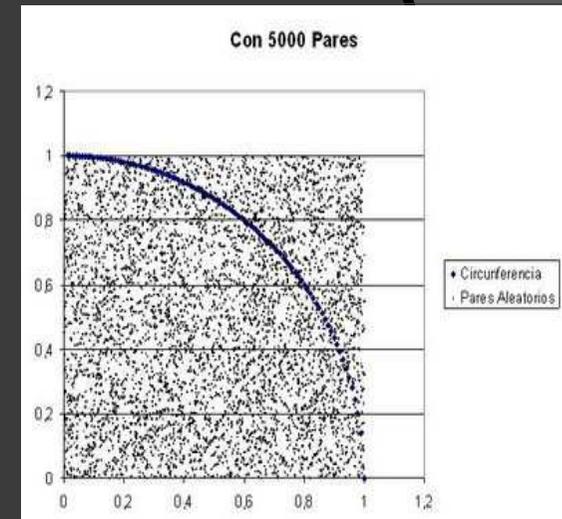
1. Algoritmos de Montecarlo.

- Dinámica *artificial* para describir determinadas propiedades físicas.
- Cálculo de integrales usando el método aleatorio de Montecarlo.
- Resolución de *modelos de referencia*, como el modelo de Ising.



2. Física Cuántica Computacional.

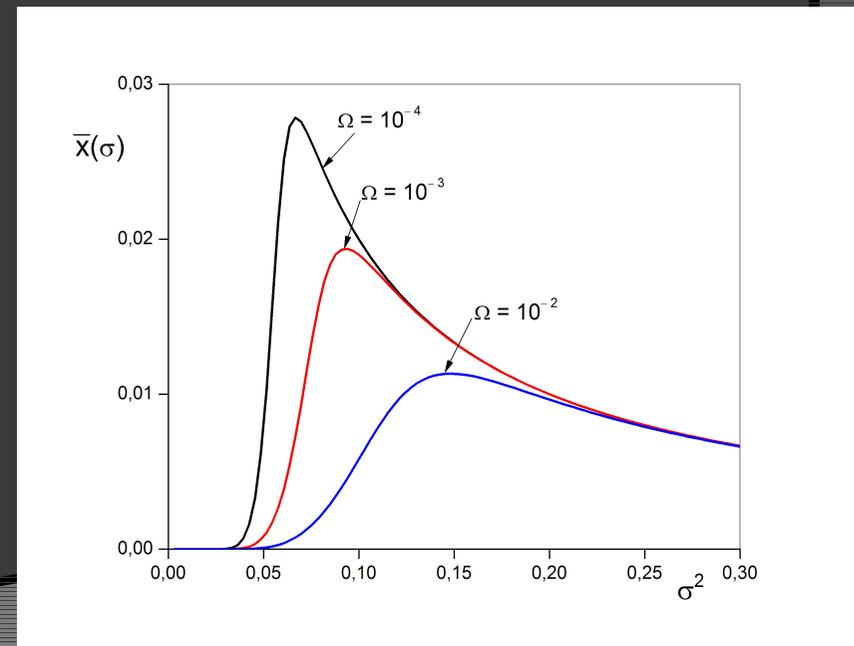
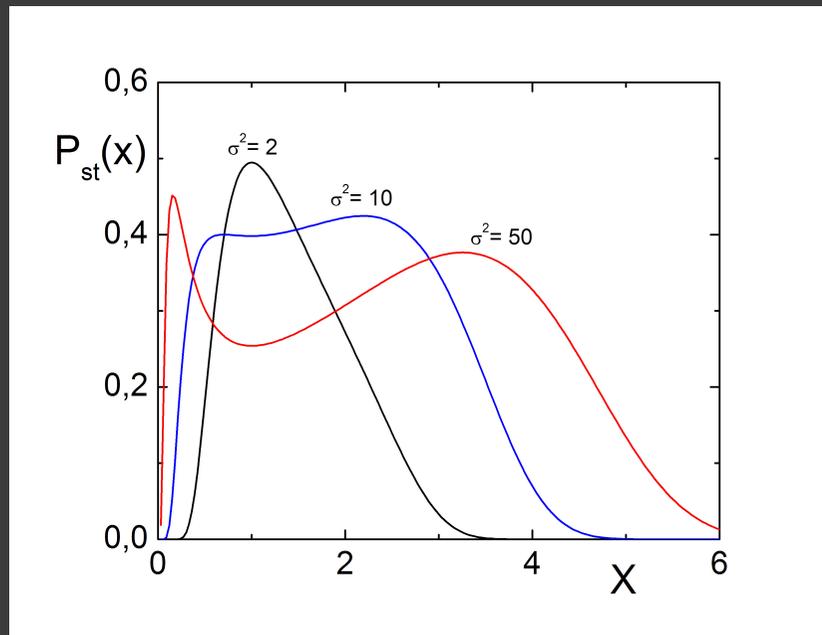
- Resolución de la ecuación de Schrödinger: cálculo de niveles energéticos, funciones de onda,...
- Cálculo de propiedades electrónicas de sólidos: métodos de *tight-binding*...



$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \Psi(\mathbf{r}; t) = -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \Psi(\mathbf{r}; t) + V(\mathbf{r}; t) \Psi(\mathbf{r}; t)$$

Fluctuaciones en Sistemas Dinámicos – *Javier de la Rubia Sánchez*

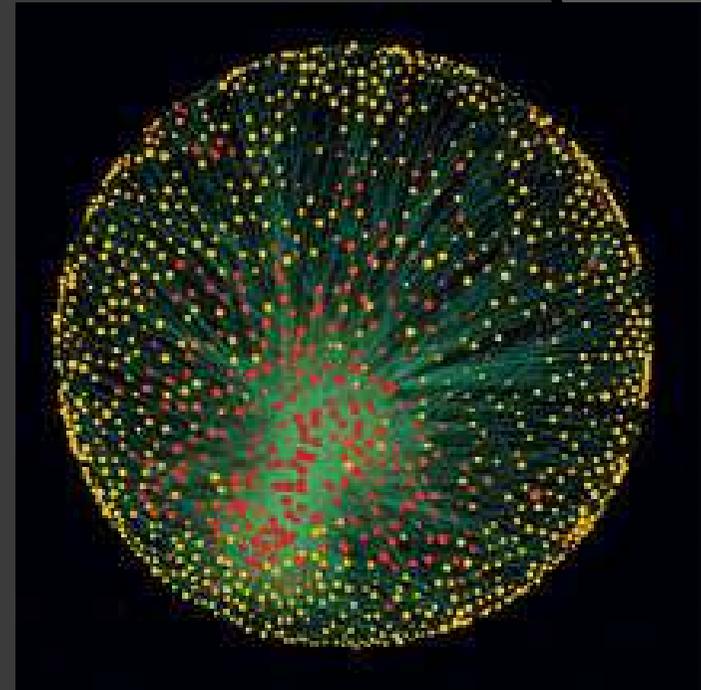
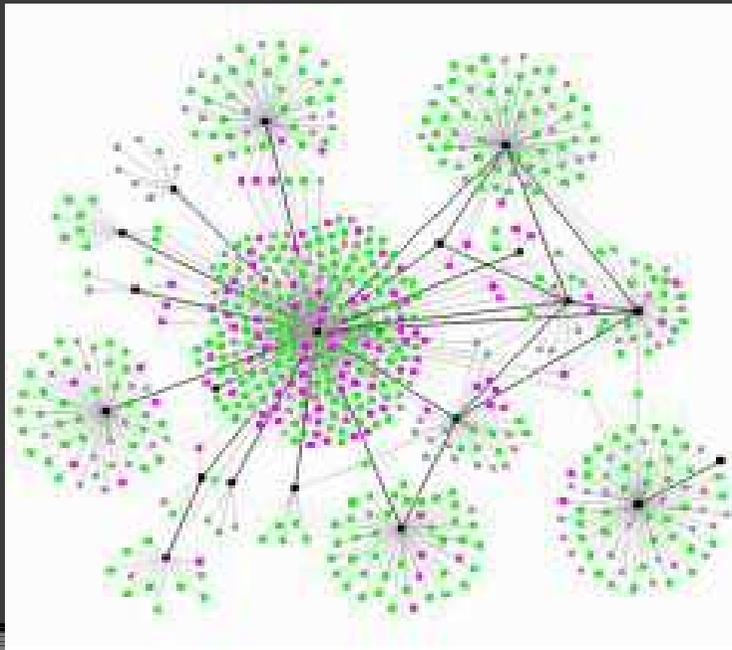
1. Conceptos básicos de la teoría de procesos estocásticos
2. Fluctuaciones internas. La ecuación maestra
3. Ecuaciones diferenciales estocásticas
4. Fluctuaciones externas: descripción y aplicaciones básicas



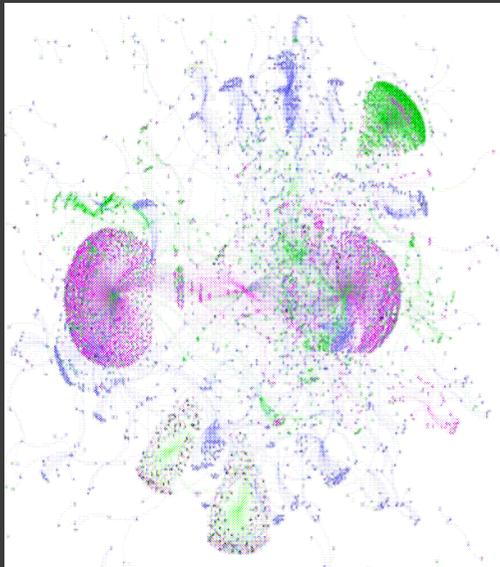
Sociofísica y Redes sociales

Elka Koroutcheva y Kostadin Koroutchev

1. La psicología social vista desde la física
2. Métodos de la física estadística en el contexto de modelos sociales
3. Modelos de dinámica social
4. Redes sociales reales (facebook, twitter)

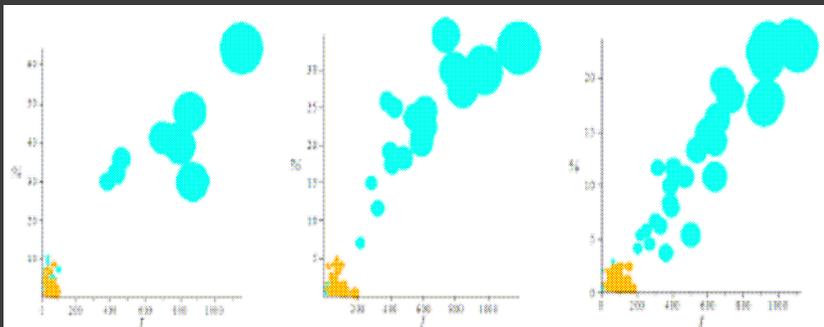


Algunos resultados de los estudiantes del Master sobre "Redes"



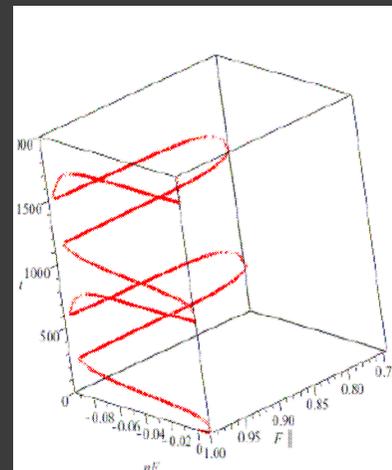
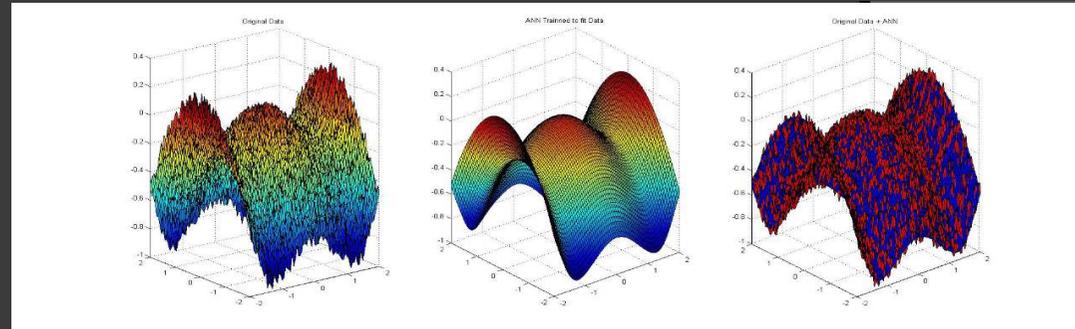
Rafael Vida (2011)

Relaciones sociales en los nodos de redes IP de una gran empresa



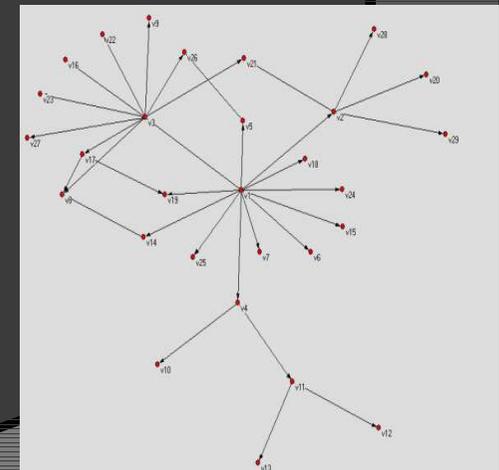
Mariano Tirado (2011)

Modelo de contagio dentro del sistema bancario



Angel Alija (2012)

Muerte neuronal en una red sometida a estimulación cíclica.



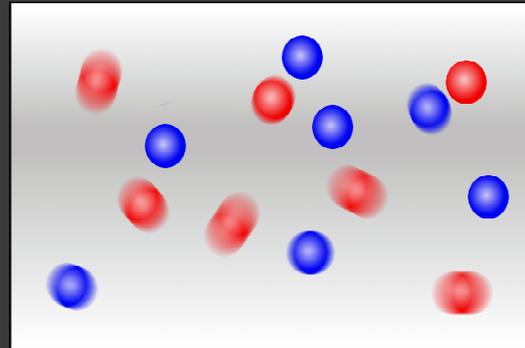
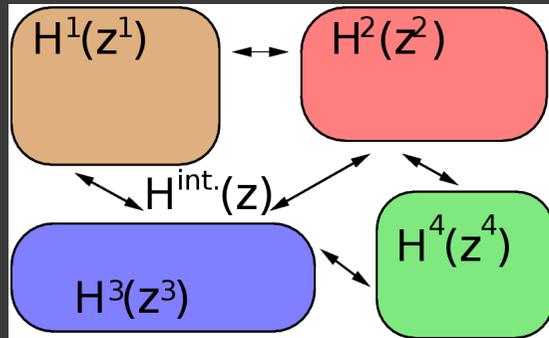
Hector Corte (2012)

Algoritmo de encontrar la mejor topología para una red neuronal

Miguel Fernandez (2012)

Crecimiento de la memoria de un autómata de conversación

Algunos resultados de los estudiantes del Master sobre “Dinámica molecular” y “Reología”

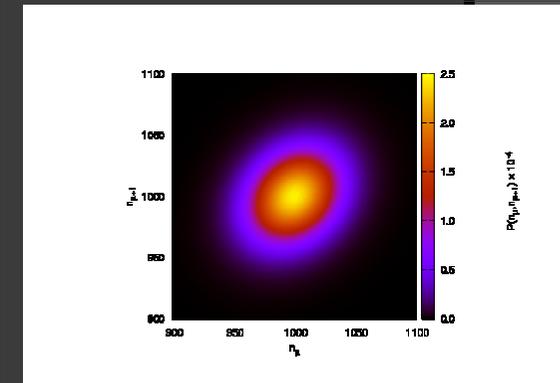
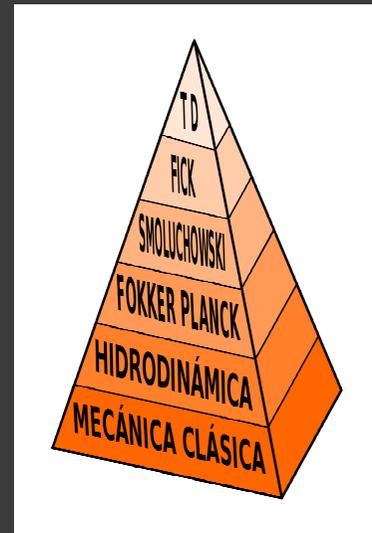


Marc Meléndez (2012)

Descripción macroscópica de la evolución dinámica de sistemas hamiltonianos a partir de las propiedades de dinámicas microscópicas.



Gotas sobre superficies de nanotubos de carbono



Jaime Arturo de la Torre (2010)

Escalas de descripción mesoscópicas y teoría del coarse-graining en dinámica browniana mediante discretización por elementos finitos.

Contacto

Para cualquier información pueden contactar con:

Emilia Crespo del Arco: emi@fisfun.uned.es
Elka Koroutcheva: elka@fisfun.uned.es
Arturo de la Torre: jatorre@bec.uned.es

Enlace a la página de Masteres de la UNED:

http://portal.uned.es/portal/page?_pageid=93,574511&_dad=portal&_schema=PORTAL