Interacción Coulombiana, Estorninos y Angry Birds™

Noé Jiménez, Víctor Sánchez-Morcillo,
Lluís M. García-Raffi, Juan F.R. Archilla

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

UNIVERSIDAD DE SEVILLA

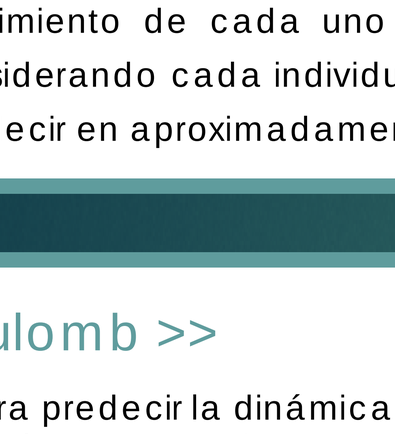
Abstract >> ¿Qué tienen en común la dinámica de un banco de peces y el movimiento de los átomos en una red cristalina? ¿El movimiento de los planetas del sistema solar y una bandada de estorninos? Todos estos sistemas presentan una dinámica compleja, ya que el movimiento de cada uno de los individuos se ve está ligado al del resto. Sin embargo, considerando cada individuo como un elemento puntual sometido a un potencial, es posible predecir en aproximadamente las trayectorias de cada elemento.

Dinámica >> La evolución de los sistemas descritos se basa en la dinámica Newtoniana, donde las fuerzas involucradas dependen de la naturaleza del potencial V_n

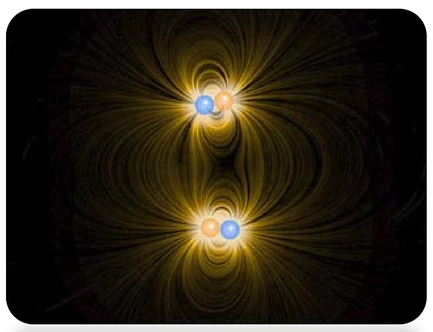
$$m_n \frac{\partial v_n}{\partial t} = \sum_n F_n = \sum_n \sum_i \frac{V_i - V_n}{\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_n}$$

Coulomb >>

- Para predecir la dinámica de partículas cargadas se puede describir la interacción mediante el **potencial de Coulomb**. Si se requiere, se pueden también incluir **potenciales de corto alcance** realísticos para distancias interatómicas cortas.



Dinámica molecular basada en potencial de Coulomb



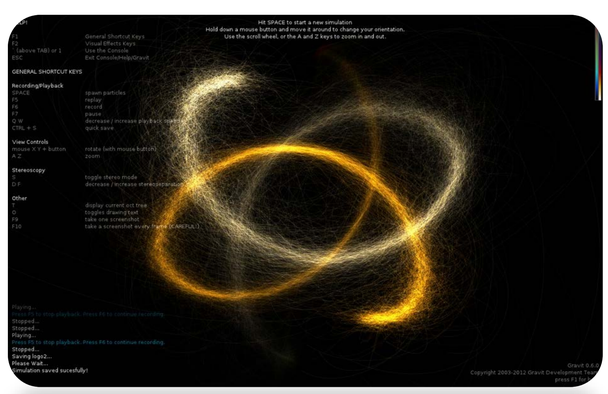
Campo de dos parejas de dipolos

- Las fuerzas de naturaleza electromagnética pueden ser **atractivas o repulsivas** dependiendo de la carga de ambas partículas

Interacción:

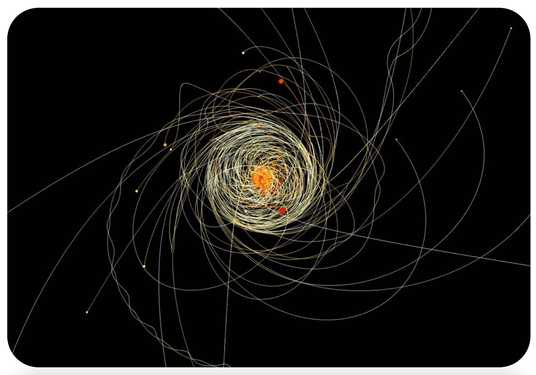
$$F_n = k \sum_i \frac{q_i q_n}{\left(\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_n\right)^2}$$

<< Gravitación



Simulación de un sistema gravitacional de 10^6 objetos

- Si consideramos un sistema de N cuerpos de masa m_n, la dinámica viene descrita por un potencial gravitatorio atractivo, en todo caso de tipo atractivo.



Órbitas descritas por interacción gravitacional

Interacción:

$$F_n = G \sum_i \frac{m_i m_n}{\left(\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_n\right)^2}$$

Agrupaciones animales >>

- La dinámica de muchos grupos de animales que mantienen una **cohesión en la agrupación**, se puede modelar aproximadamente mediante interacción entre vecinos (cercanos).

- A diferencia de los anteriores ejemplos, en el comportamiento colectivo de agrupaciones tales como **bandadas de estorninos** influyen numerosos factores de origen animal: *migración, búsqueda de alimento, depredadores*, etc.

- La interacción de estos grupos se puede modelar empíricamente mediante la suma de potenciales atractivos y repulsivos.



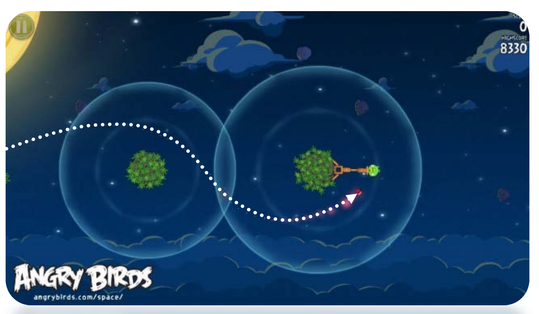
Bandada de estorninos

Interacción:

$$F_n = \sum_i \frac{1}{\left(\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_n\right)^a} - \sum_i \frac{1}{\left(\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_n\right)^b}$$

repulsión *atracción*

<< Angry Birds™



Escena de Angry Birds™ Space, donde la interacción gravitatoria gobierna las trayectorias

- Los potenciales anteriores han servido como base para la creación de aplicaciones multimedia, como es el caso del juego Angry Birds™ Space.

- Mediante una simple búsqueda web encontraremos una multitud de simuladores de sistemas de cuerpos (ver referencias).

- Desde una perspectiva docente, la ilustración del efecto de los potenciales se lleva a cabo de una motivadora e interactiva por parte del alumnado.

- La compleja dinámica de estos sistemas puede ser ilustrada en un aula de física mediante una sencilla simulación numérica de N cuerpos: Simplemente aplicando **diferencias finitas**, y conociendo las **posiciones y velocidades iniciales** se puede resolver el sistema de forma numérica.

Conclusiones >>

Pese a que la solución analítica de estos sistemas es extremadamente compleja al aumentar el número de individuos, los sistemas de ecuaciones resultantes pueden ser resueltos numéricamente de manera muy simple. Ello proporciona una poderosa herramienta, no sólo para estudiar dichos sistemas, si no para ilustrar los fenómenos físicos implicados bajo una perspectiva docente. Además, su implementación en aplicaciones multimedia y juegos por ordenador supone un potente recurso desde una perspectiva docente.

Referencias >>

- J. Schellincka, T. Whiteb "A review of attraction and repulsion models of aggregation" Ecological Modelling, Ecological Modelling 222, pp1897–1911 (2011)
- J. K. Parrish, W. M. Hamner. "*Animal Groups in Three Dimensions: How Species Aggregate*". Cambridge University Press, (1997)
- A. Procaccini et al. "Propagating waves in starling, Sturnus vulgaris, flocks under predation" *Animal Behaviour* 82 pp.759-765 (2011)
- "Gravit", a open source code project for high end gravitation simulator: http://gravit.slowchop.com/