



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Interacción Coulombiana, Estorninos y Angry Birds™

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



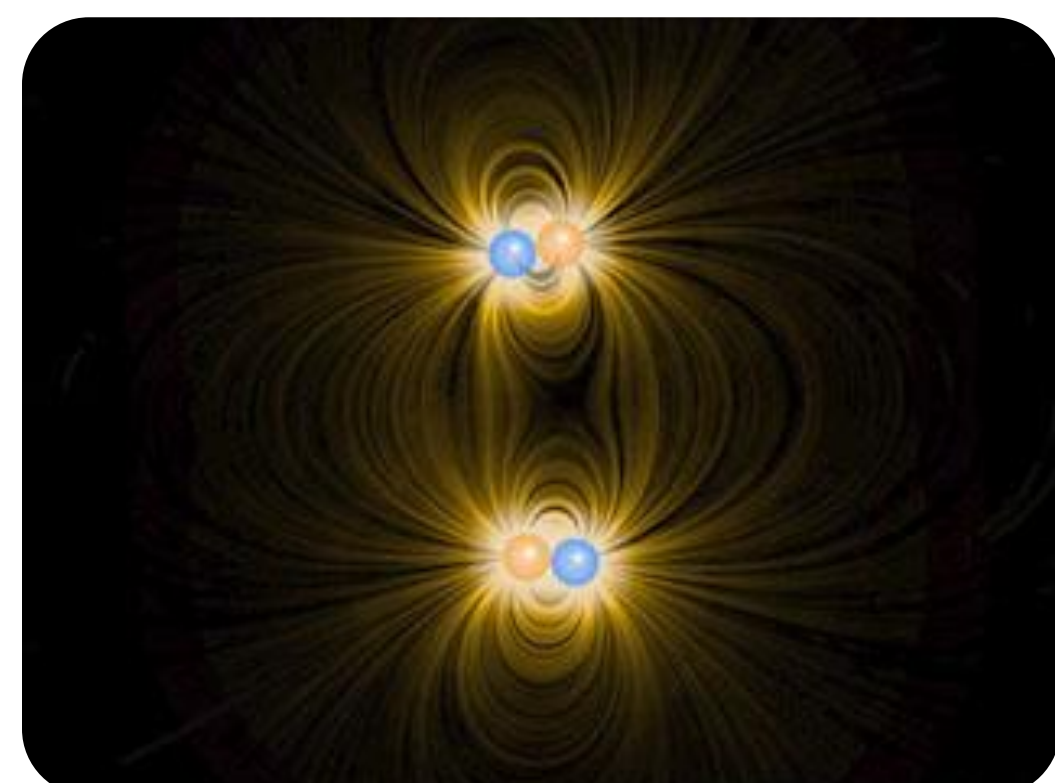
Abstract >> ¿Qué tienen en común la dinámica de un banco de peces y el movimiento de los átomos en una red cristalina? ¿El movimiento de los planetas del sistema solar y una bandada de estorninos? Todos estos sistemas presentan una dinámica compleja, ya que el movimiento de cada uno de los individuos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

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

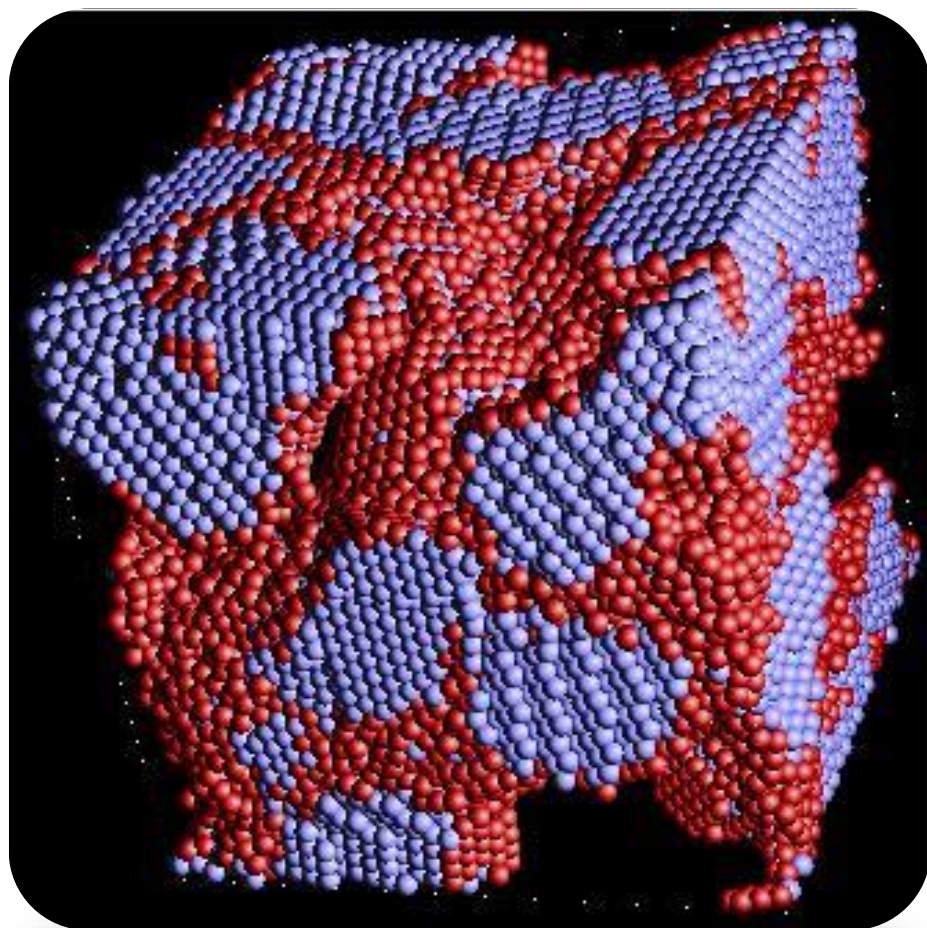
Coulomb >>

- 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.



Campo de dos parejas de dipolos

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



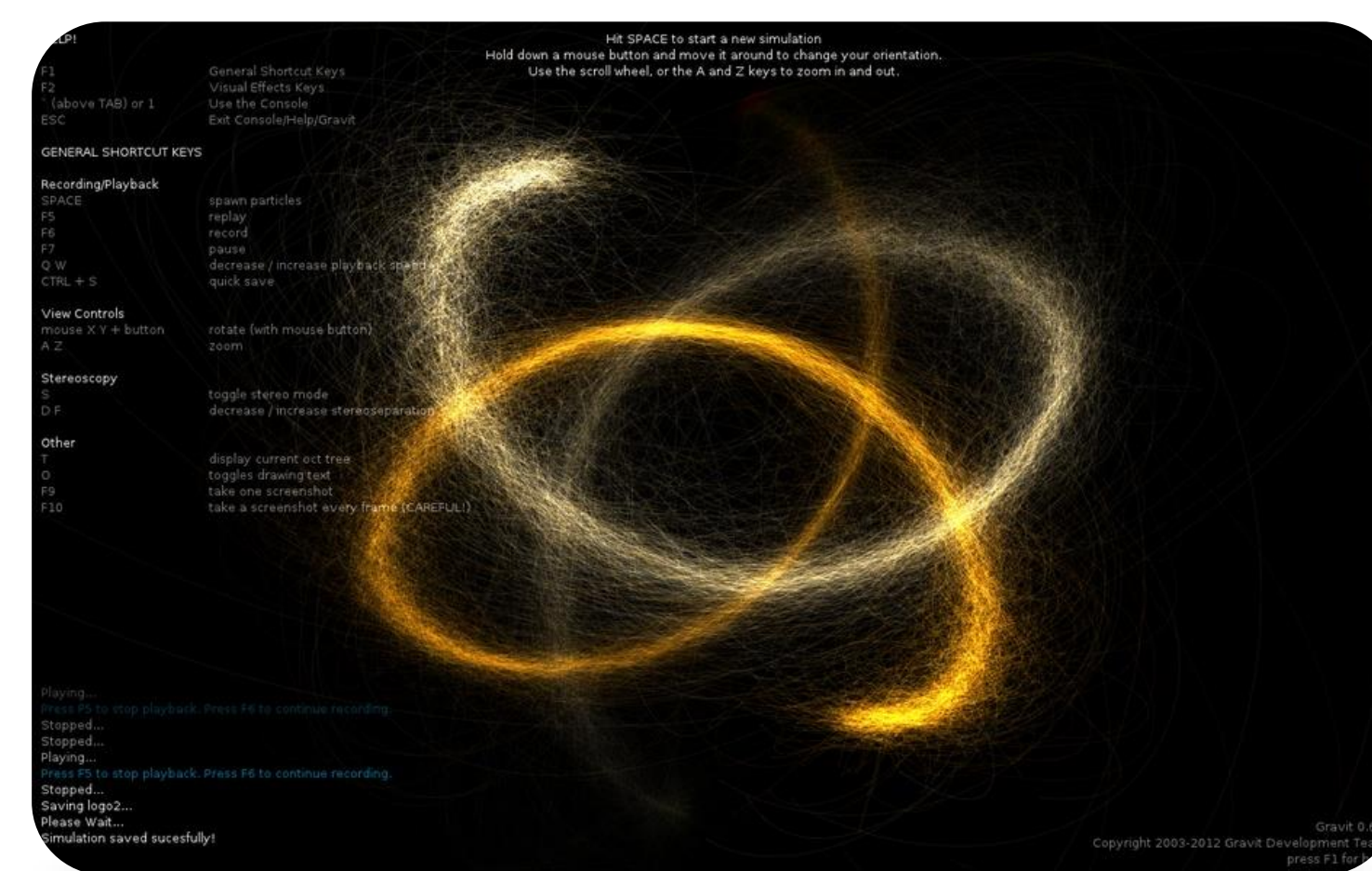
Dinámica molecular basada en potencial de Coulomb

Interacción:

$$F_n = k \sum_i \frac{q_i q_n}{|\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_n|^2}$$

<< Gravitación

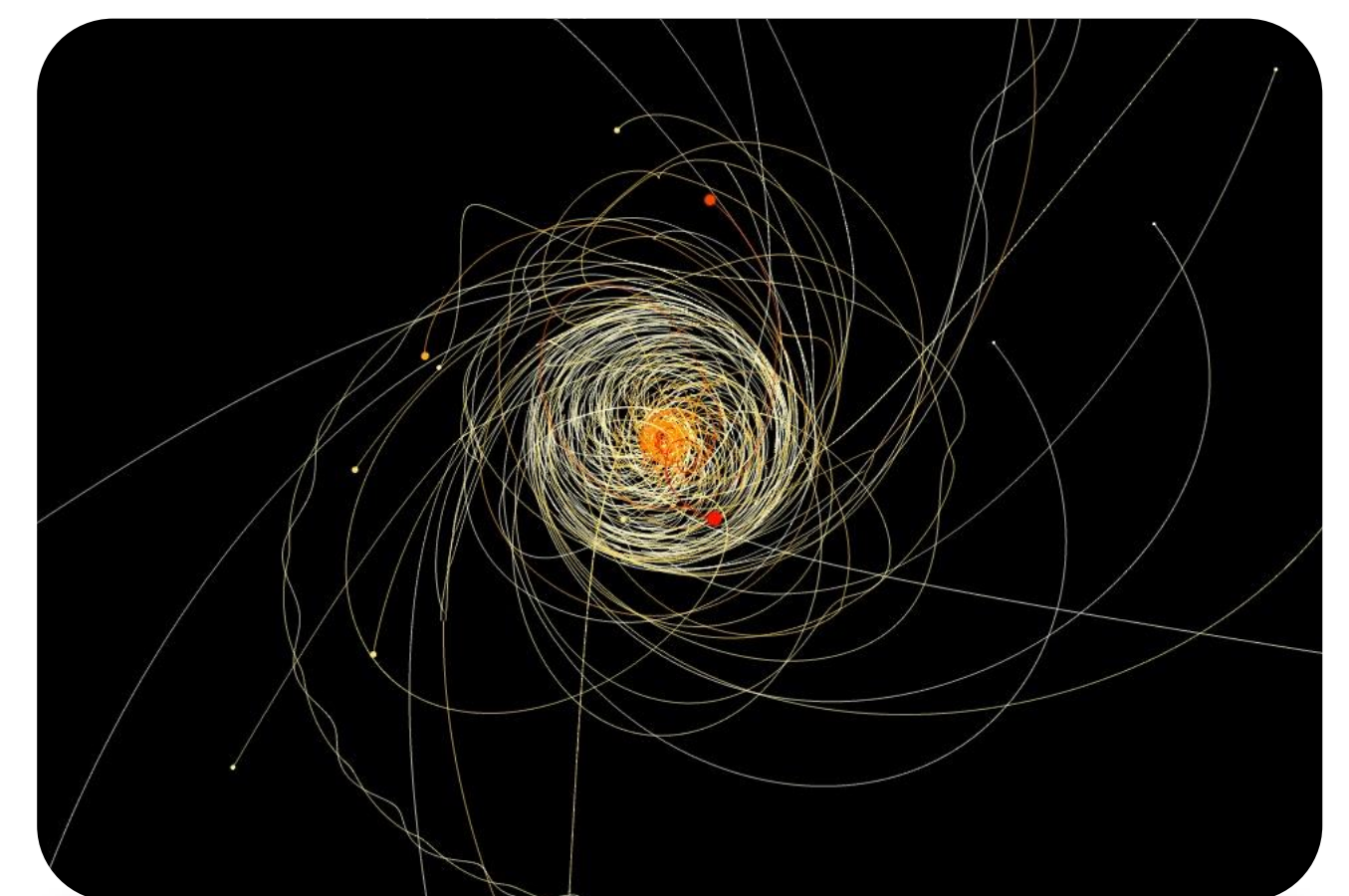
- El potencial de Coulomb, en su caso atractivo, comparte dependencia funcional con el potencial gravitatorio, lo cual da la posibilidad de incluir el caso de sistemas planetarios en un marco común.



Simulación de un sistema gravitacional de 10^6 objetos

Interacción:

$$F_n = G \sum_i \frac{m_i m_n}{|\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_n|^2}$$



Órbitas descritas por interacción gravitacional

Agrupaciones animales >>

- La dinámica de muchos grupos de animales que mantienen una **cohesión en la agrupación**, se puede modelar aproximadamente mediante interacción entre vecinos más 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 ($b < a$) [2].



Bandada de estorninos

Interacción:

$$F_n = \sum_i \frac{k_a}{|\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_n|^a} - \sum_i \frac{k_b}{|\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_n|^b}$$

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 N 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 >> En este trabajo hemos tratado de mostrar la riqueza de los sistemas de N cuerpos y como, bajo un mismo corpus teórico, podemos modelar el comportamiento de sistemas muy diversos que tiene en común su complejidad. 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 resolución numérica 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/>