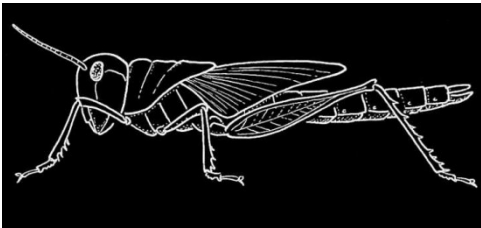


Modelowanie zjawisk kolektywnych

Dynamika kolektywna

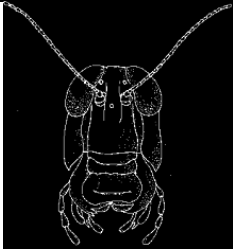
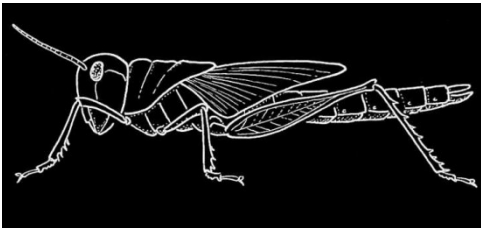
dr hab. Piotr Fronczak



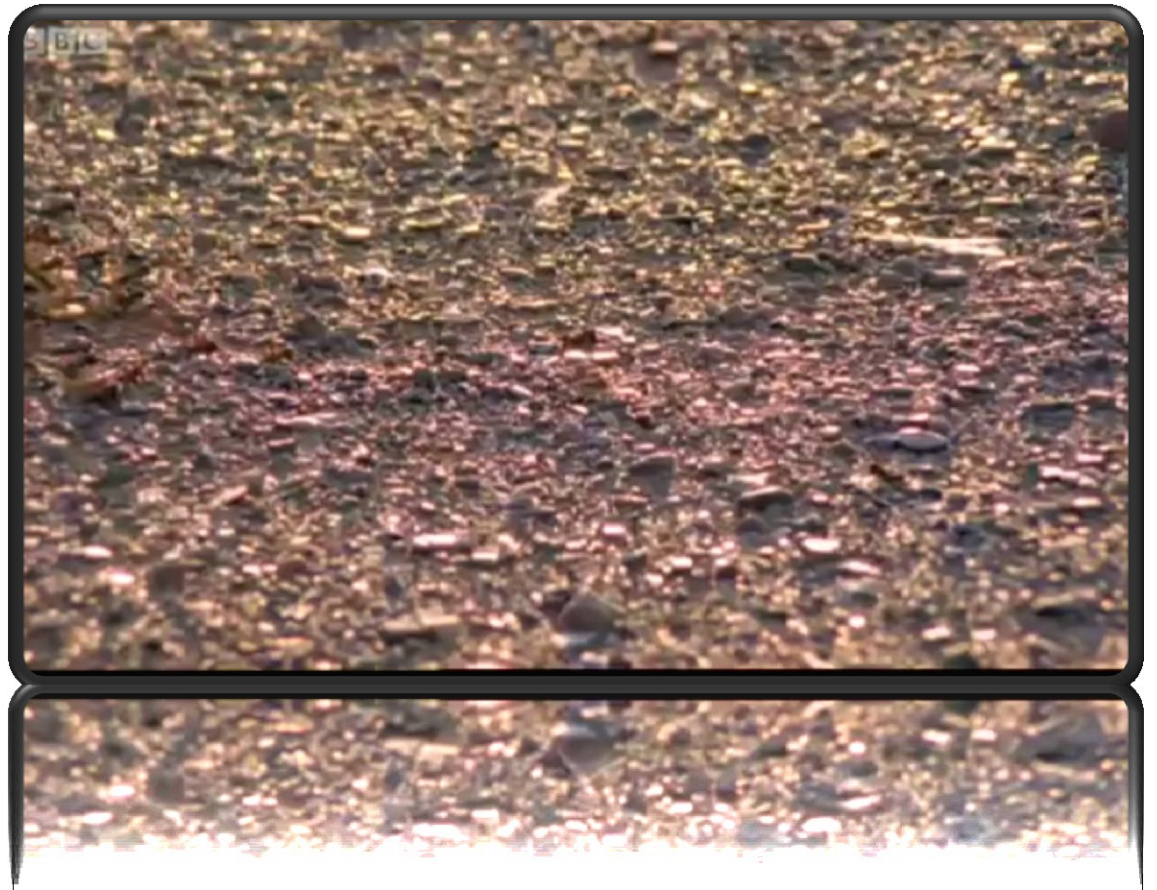


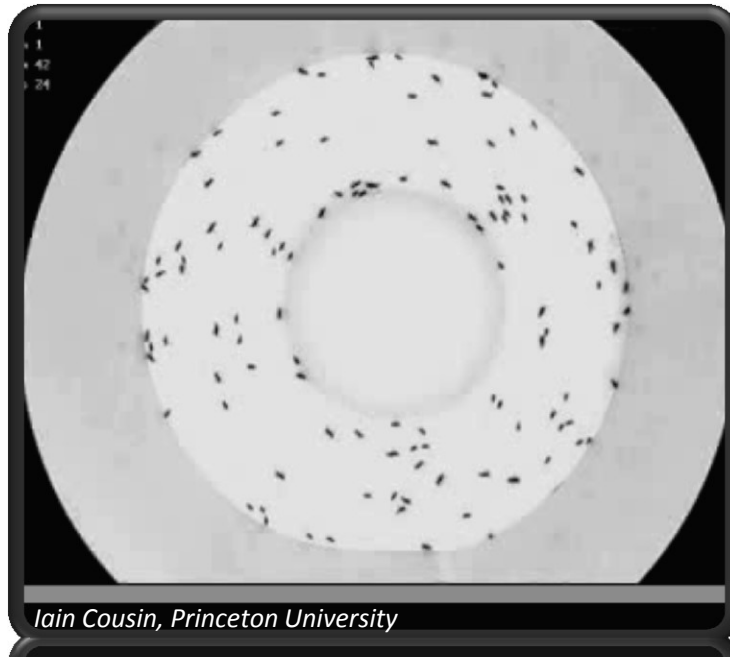
Szarańcza wędrowna
(*Locusta migratoria*)



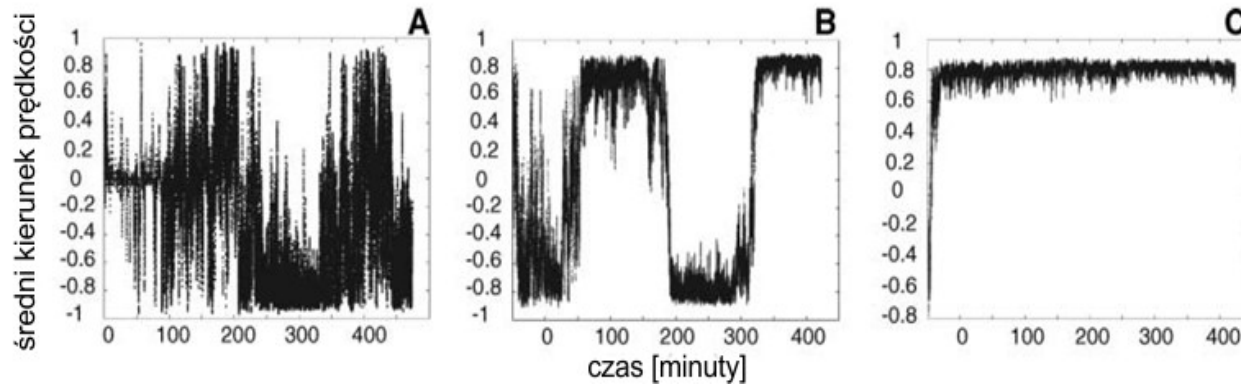


Szarańcza wędrowna
(*Locusta migratoria*)

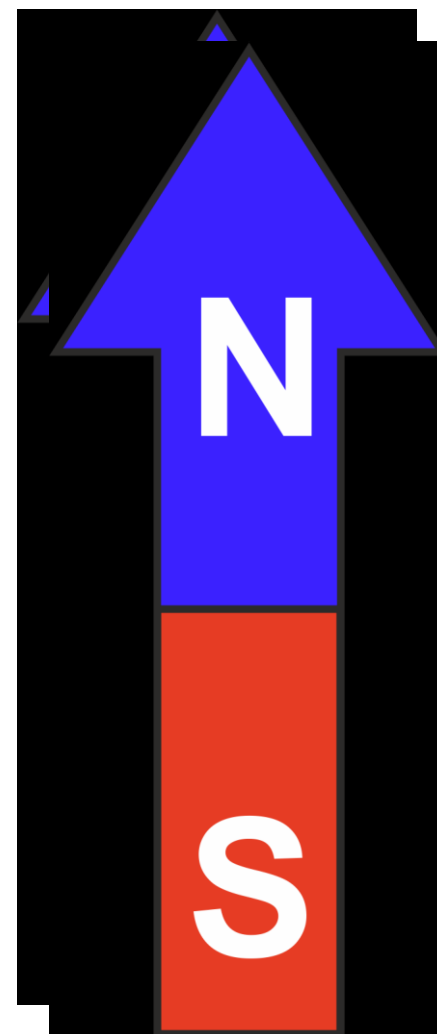
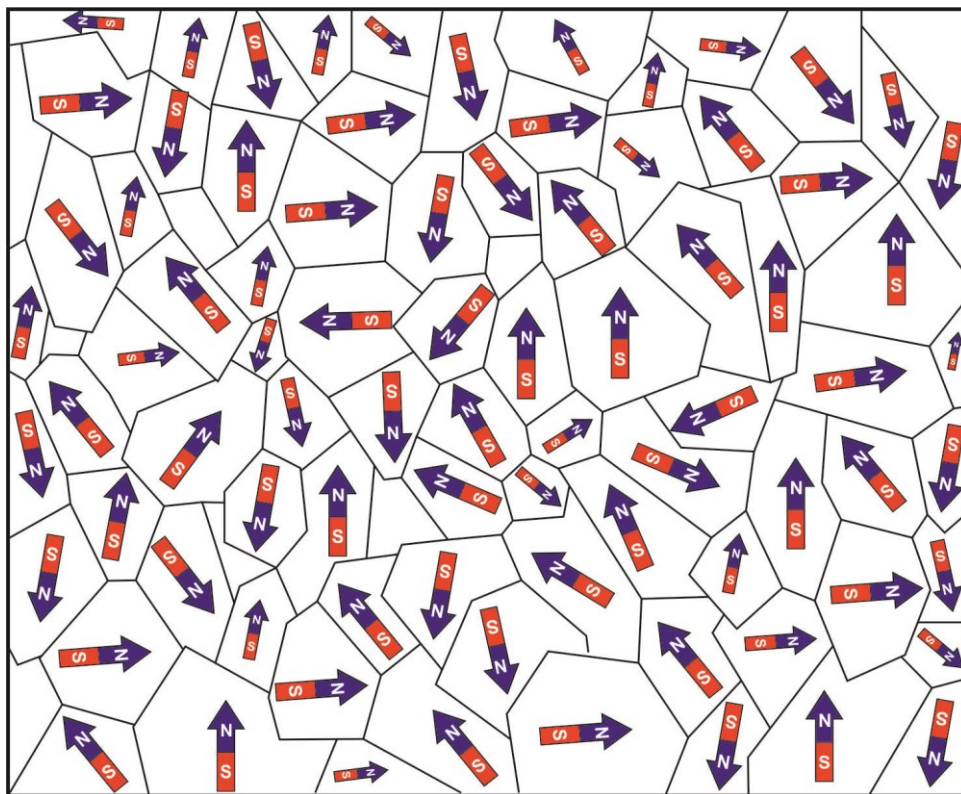




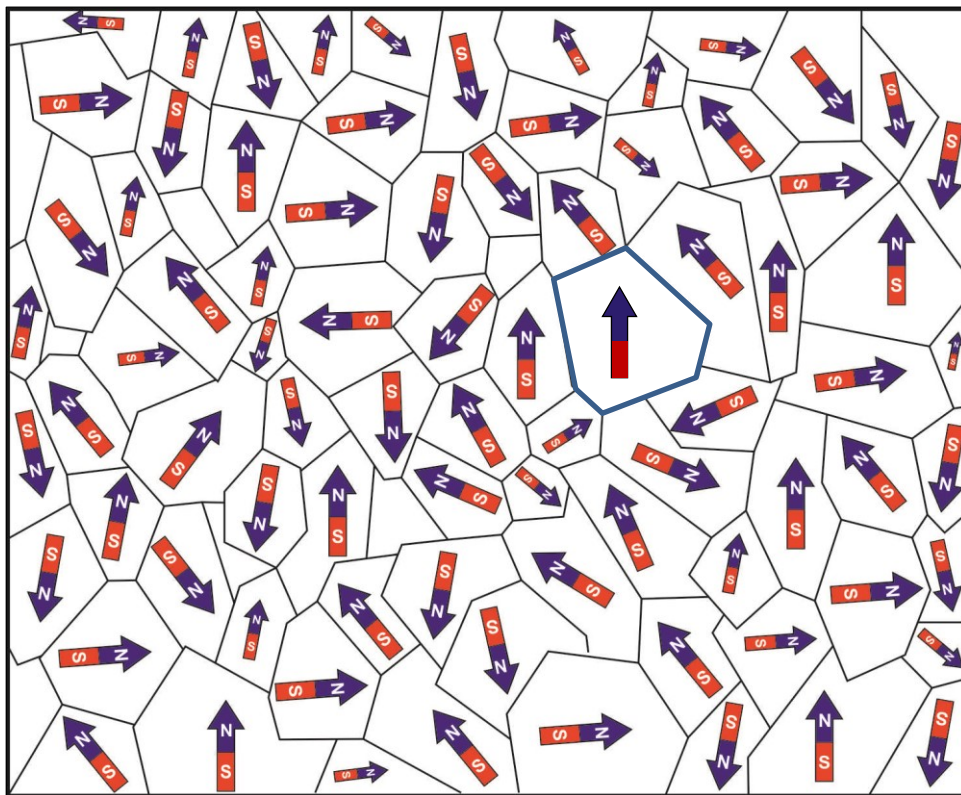
Iain Cousin, Princeton University



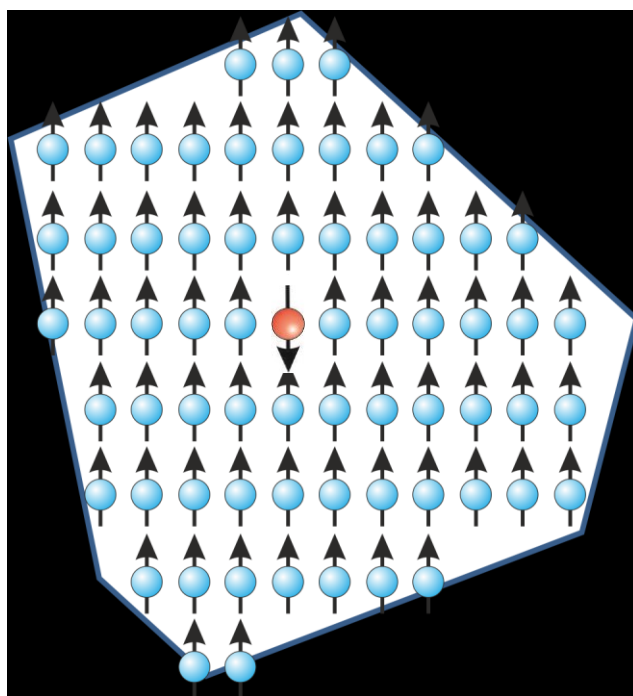
Ferromagnetyk

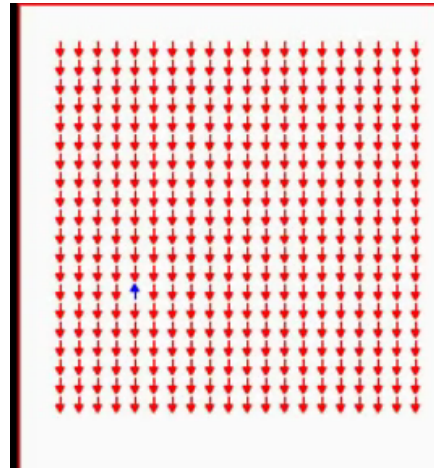


Ferromagnetyk

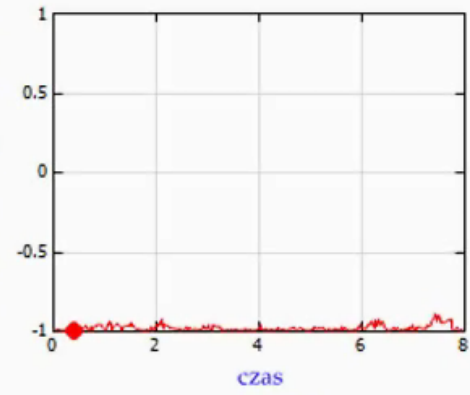


Ferromagnetyk

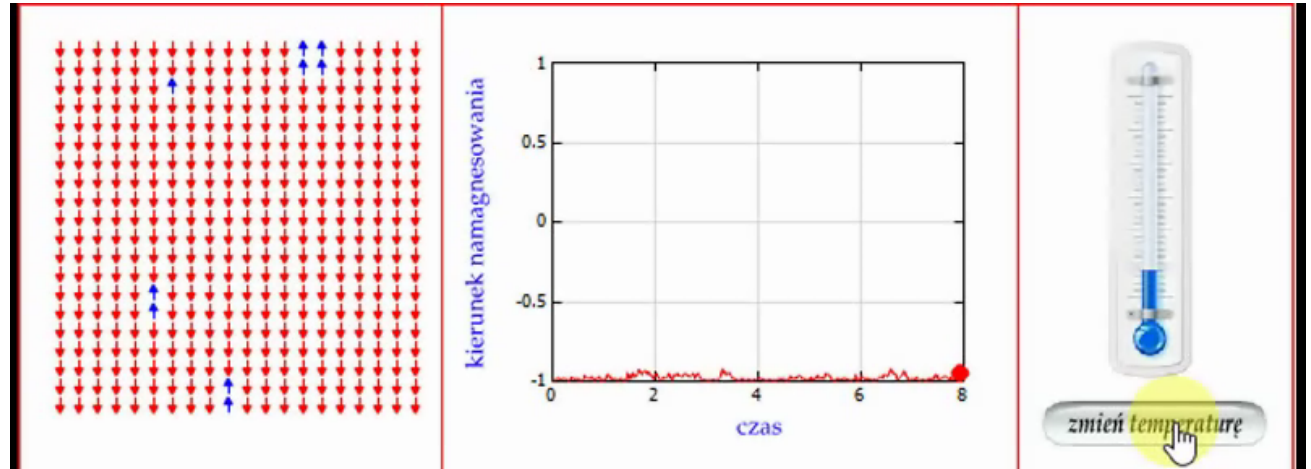


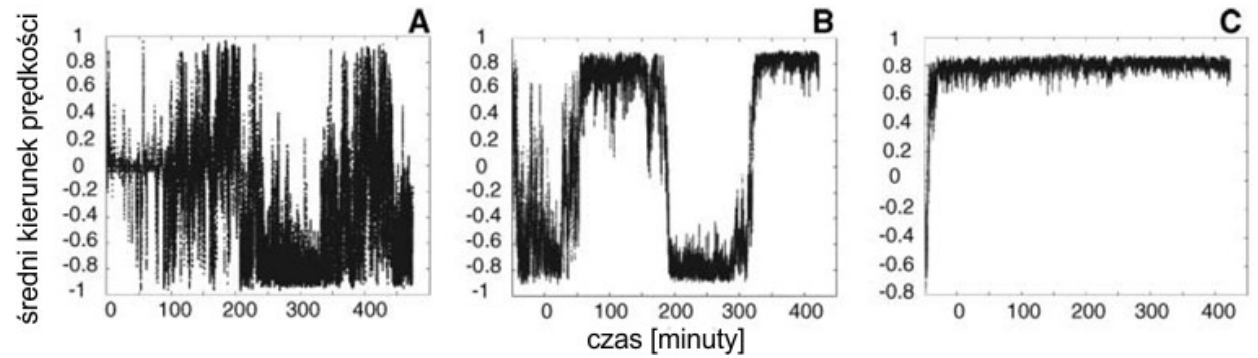
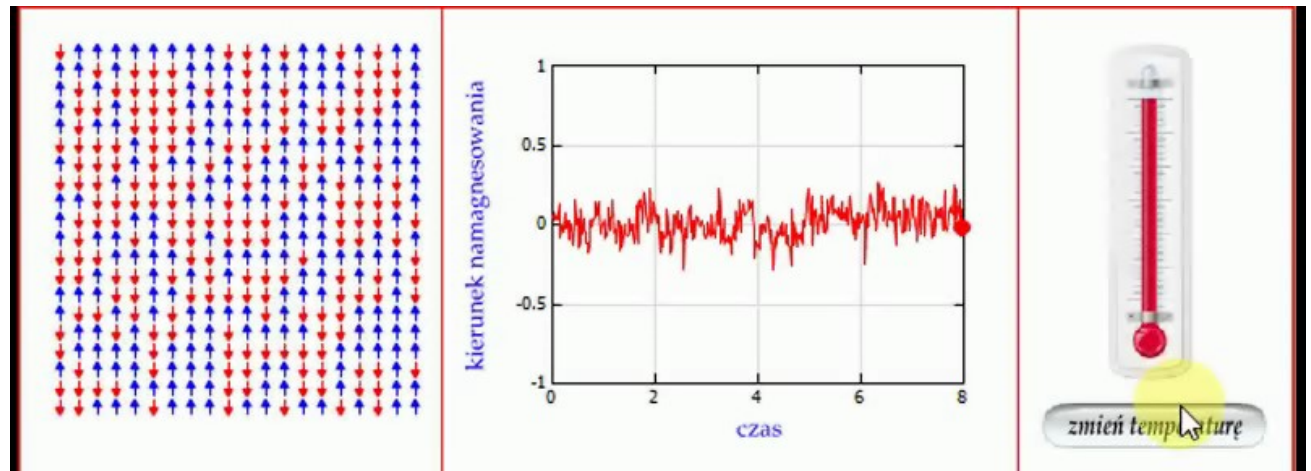


kierunek namagnesowania



zmięń temperaturę

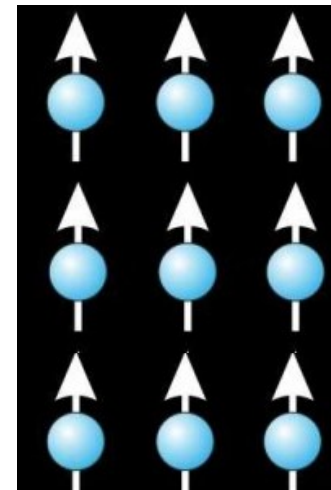
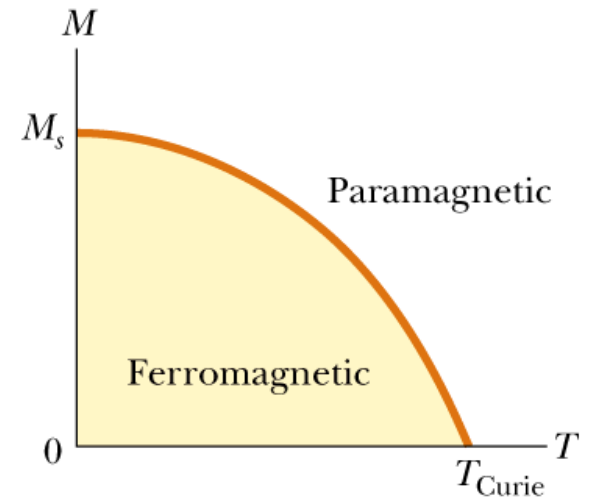






Ernst Ising

(10 maja 1900 – 11 maja 1998)

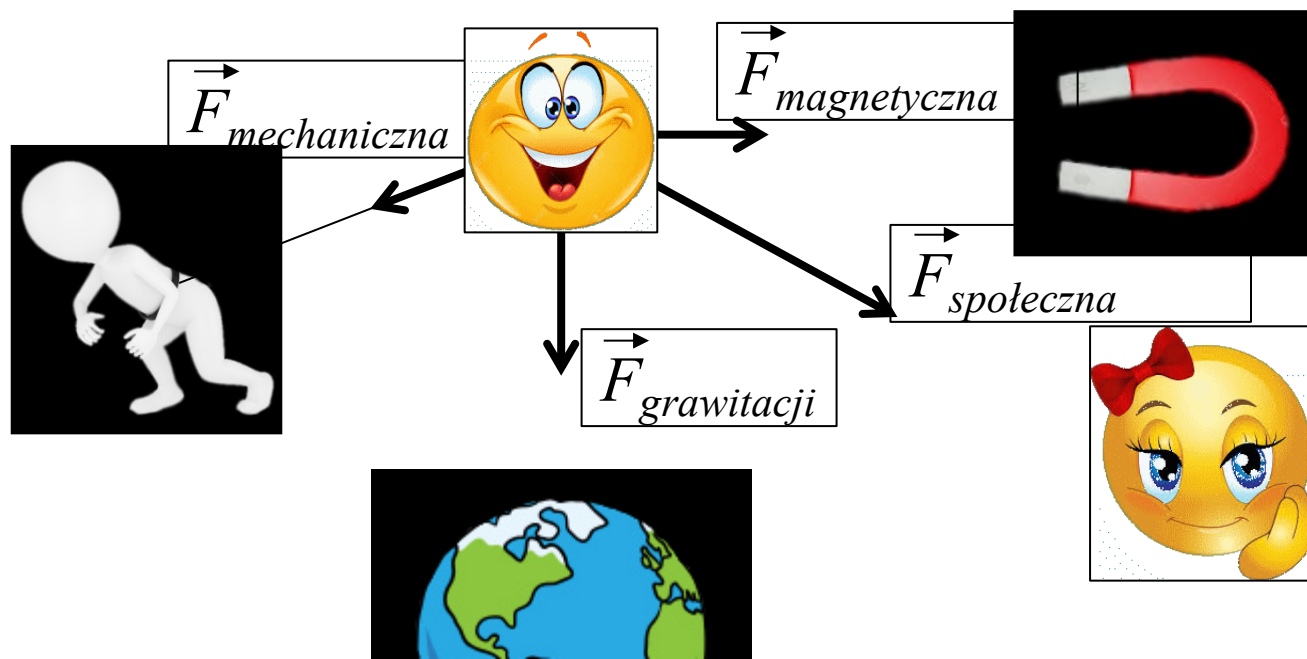




II zasada dynamiki Newtona

$$m * \vec{a} = \vec{F}_{graw} + \vec{F}_{magn} + \vec{F}_{mech} + \vec{F}_{społ} + \vec{F}_{los}$$

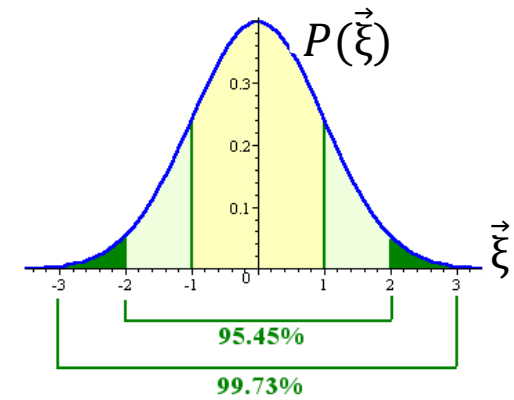
Przyspieszenie ciała jest proporcjonalne do wypadkowej sił działających na ciało.

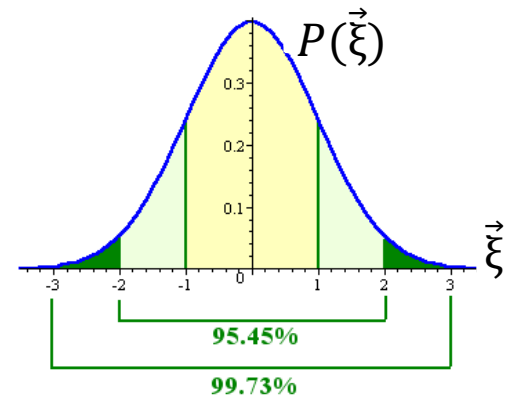


Siła stochastyczna

$$\vec{F}_{los} = A\vec{\xi}(t)$$

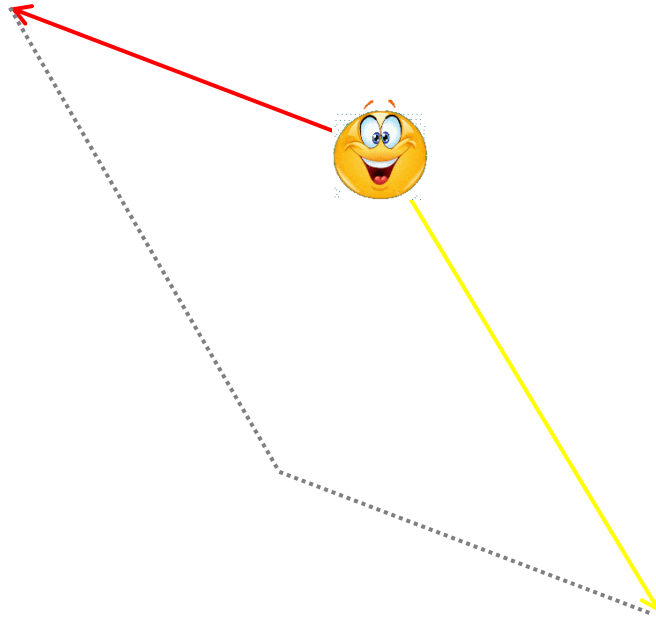
Rozkład normalny

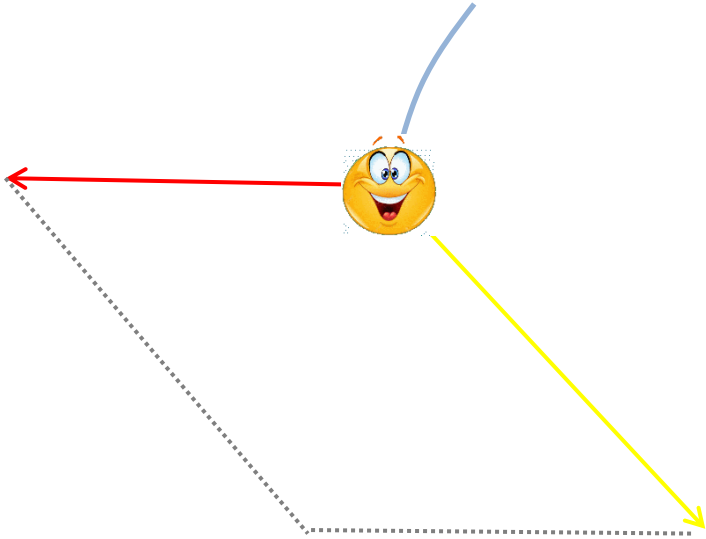


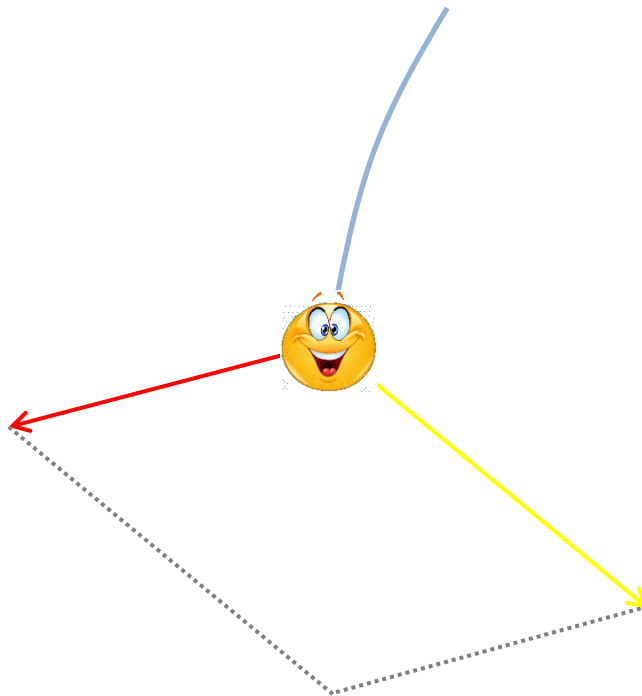


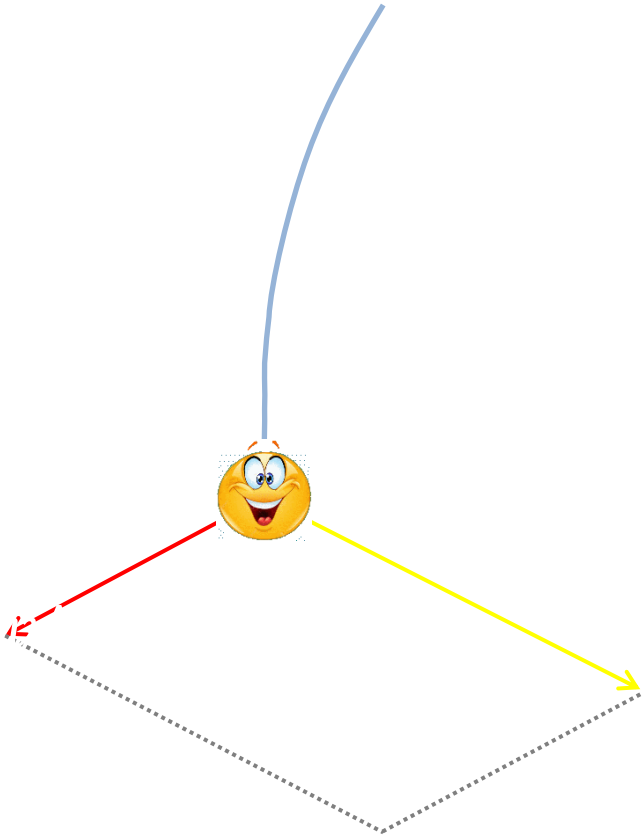
$$\frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t} \approx \vec{v}$$
$$\frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \approx \frac{\vec{F}(t)}{m}$$

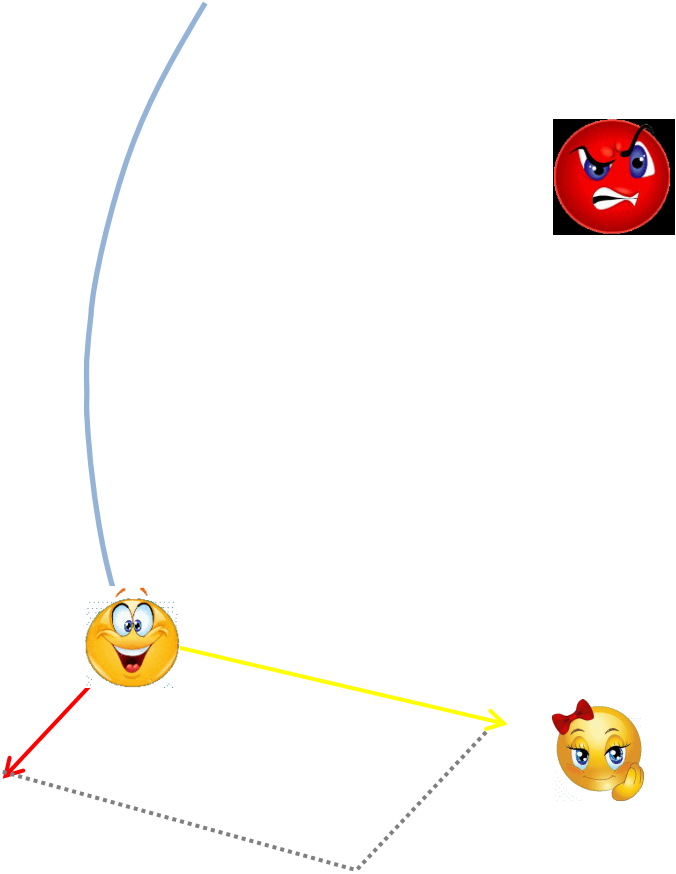
$$\vec{x}_{t+1} = \vec{x}_t + \Delta \vec{x} = \vec{x}_t + \vec{v} \Delta t$$
$$\vec{v}_{t+1} = \vec{v}_t + \Delta \vec{v} = \vec{v}_t + \frac{\vec{F}_t \Delta t}{m}$$

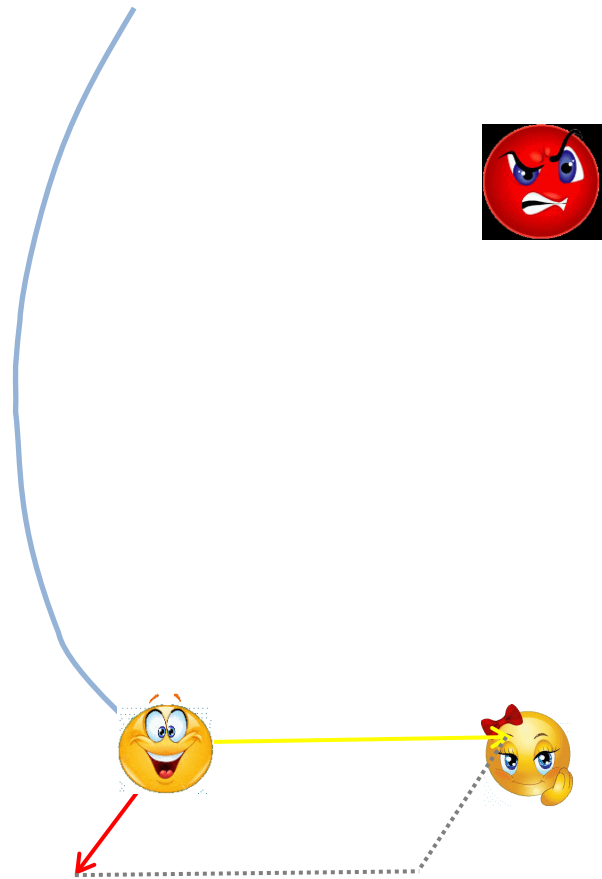


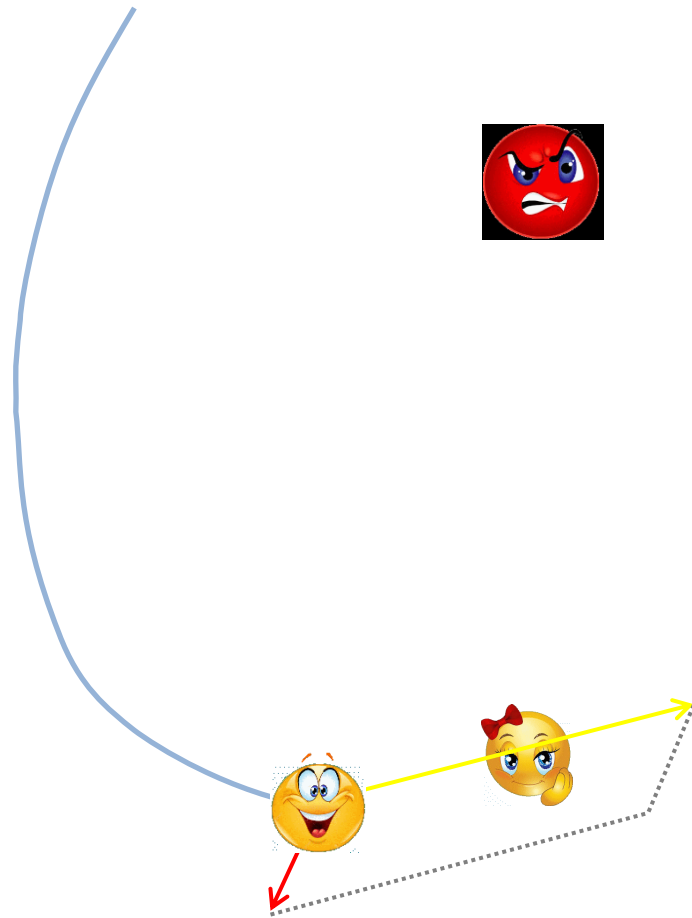


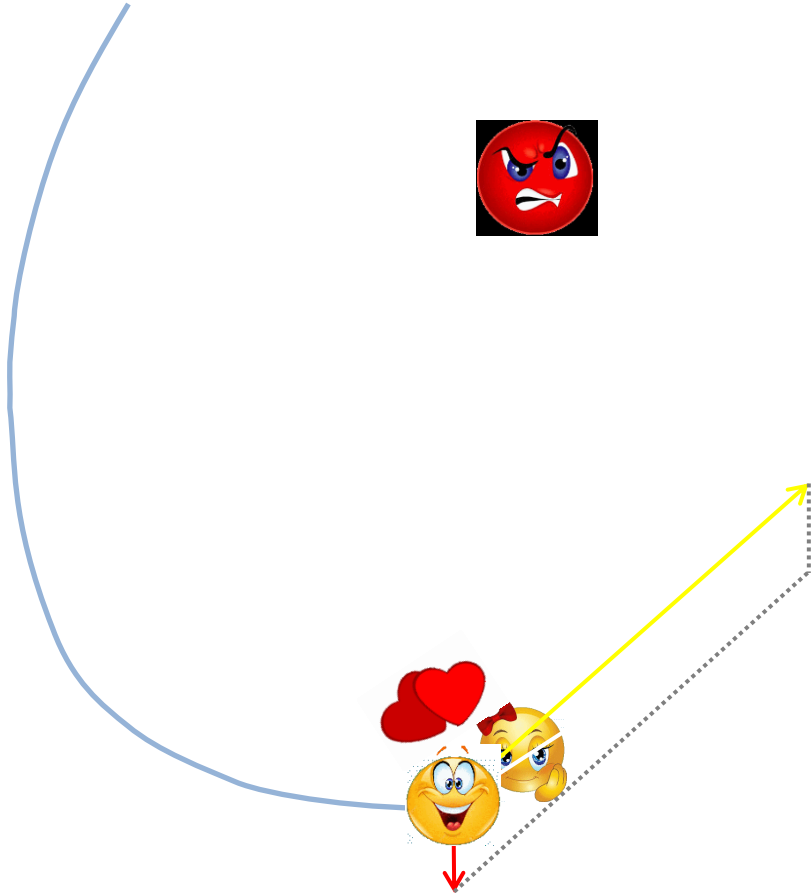












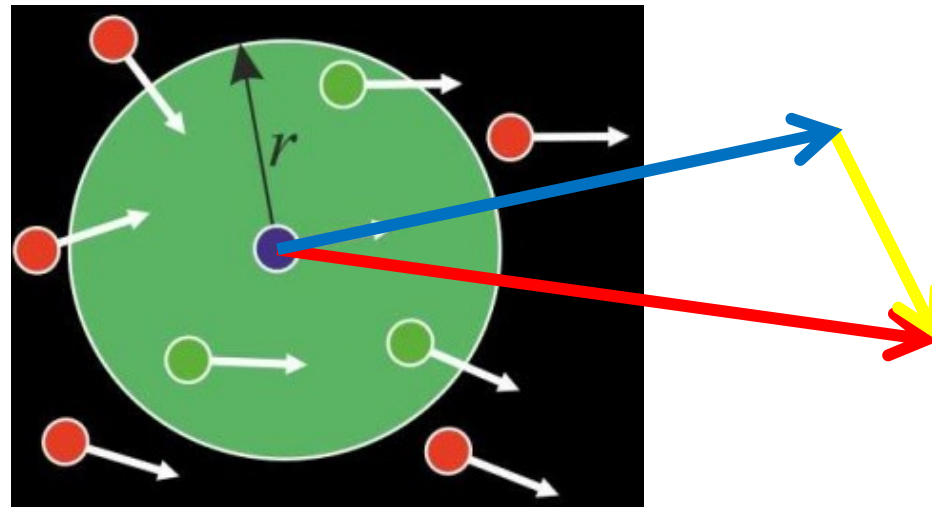


Iain Cousin, Princeton University



Iain Cousin, Princeton University

Model Vicseka

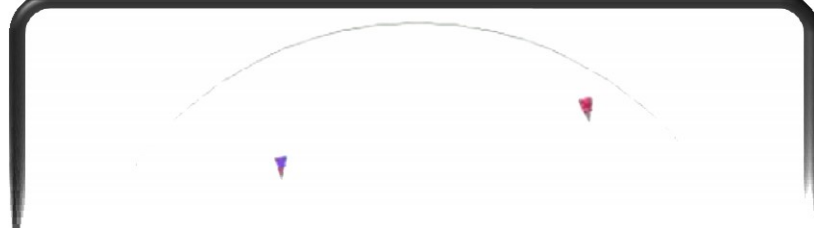
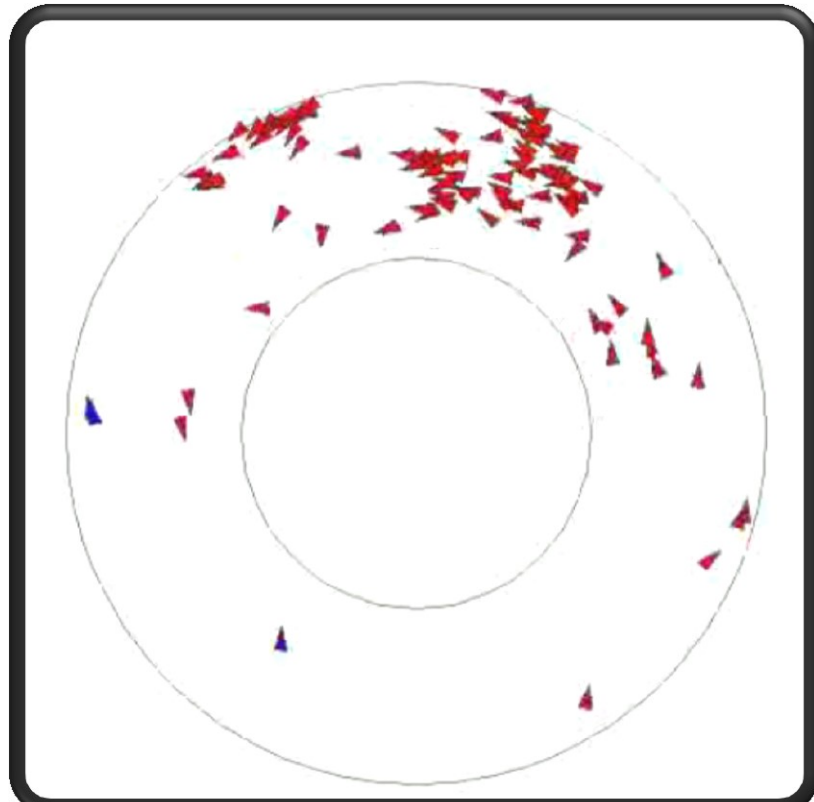


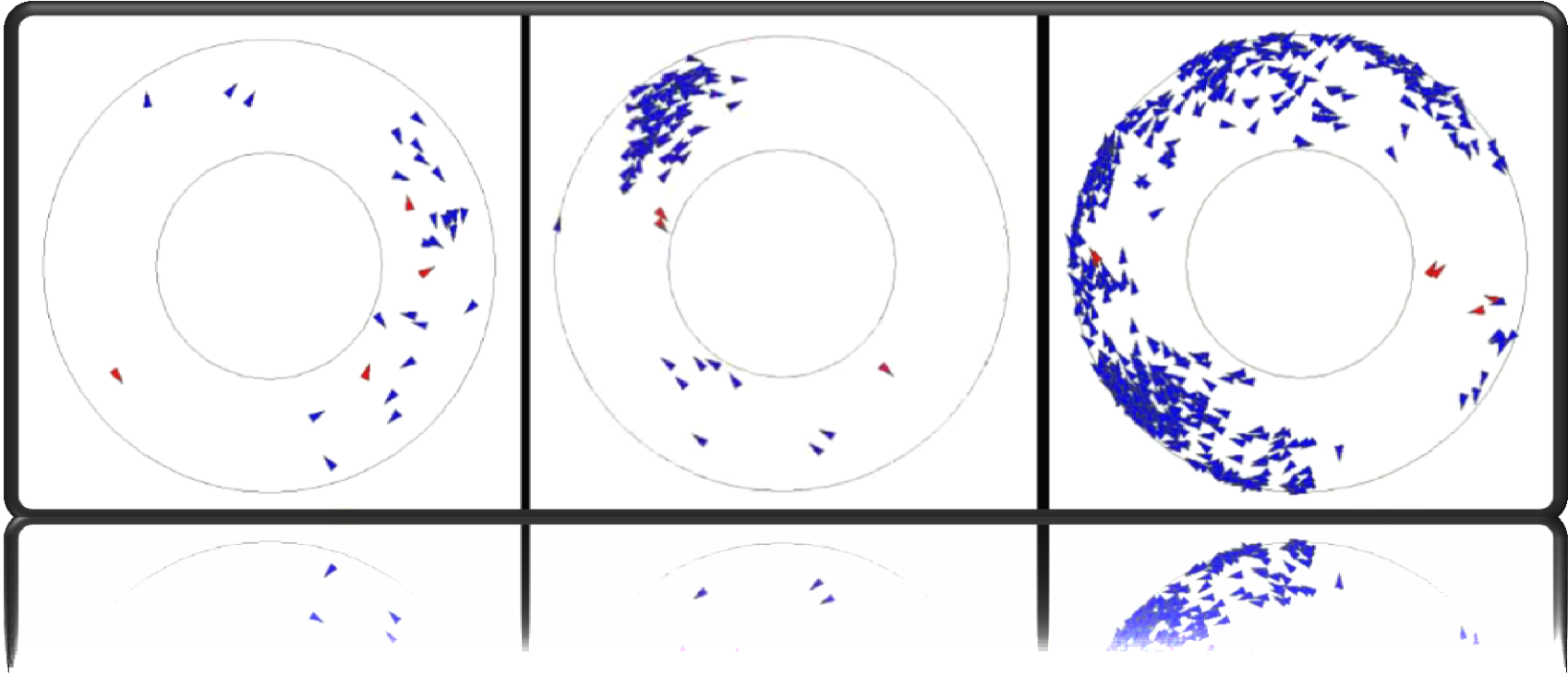
$$\vec{F}_{\text{porz\u0105dkuj\u0105ca}} \sim \langle \vec{v} \rangle_{\text{s\u0105siad\u00f3w}} - \vec{v}_{\text{moja}}$$

średni wektor prędkości moich sąsiadów

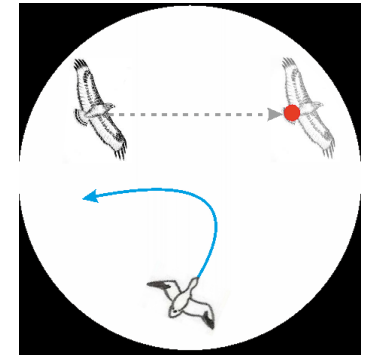
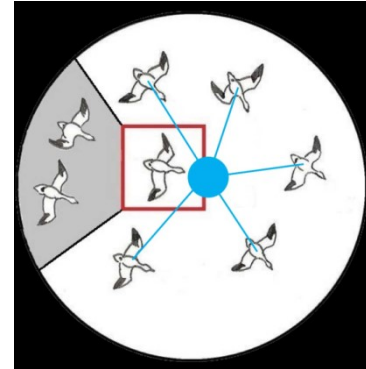
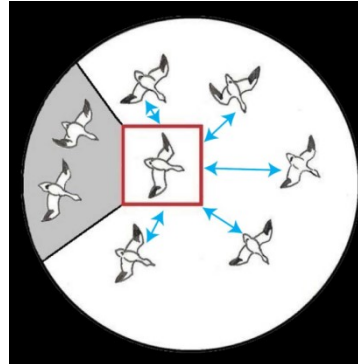
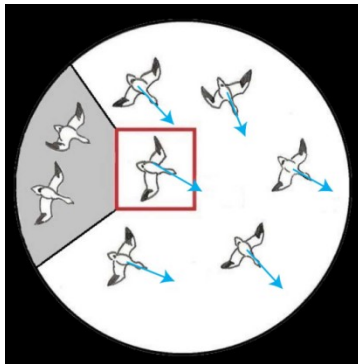
wektor mojej prędkości

$$m * \vec{a} = \vec{F}_{\text{porz\u0105dkuj\u0105ca}} + \vec{F}_{\text{los}}$$



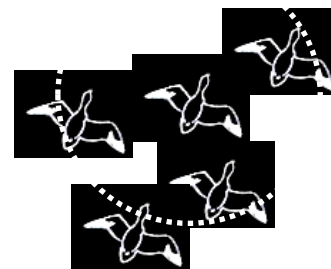
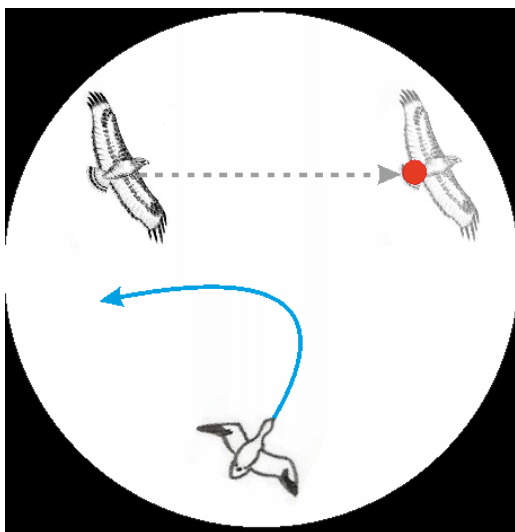


Model Reynoldsa

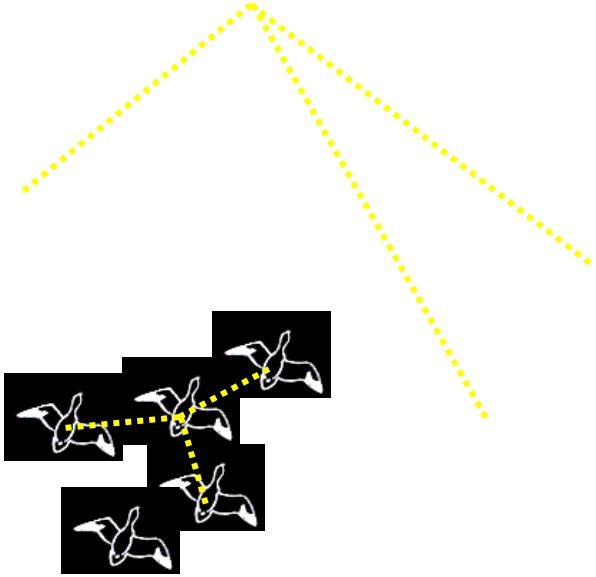
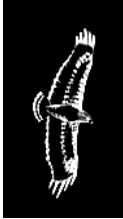
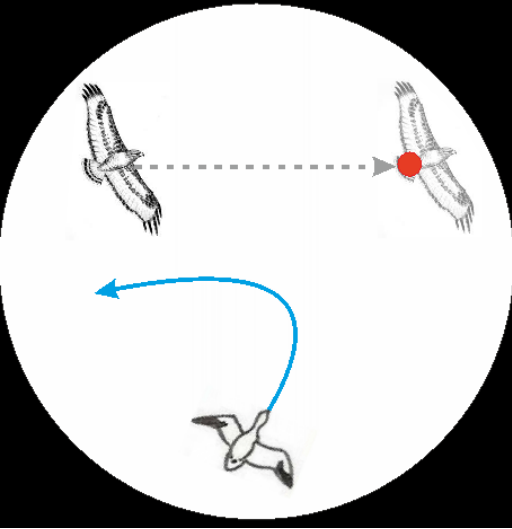


$$m * \vec{a} = \vec{F}_{\text{porządkująca}} + \vec{F}_{\text{separująca}} + \vec{F}_{\text{spajająca}} + \vec{F}_{\text{drapieżnika}}$$

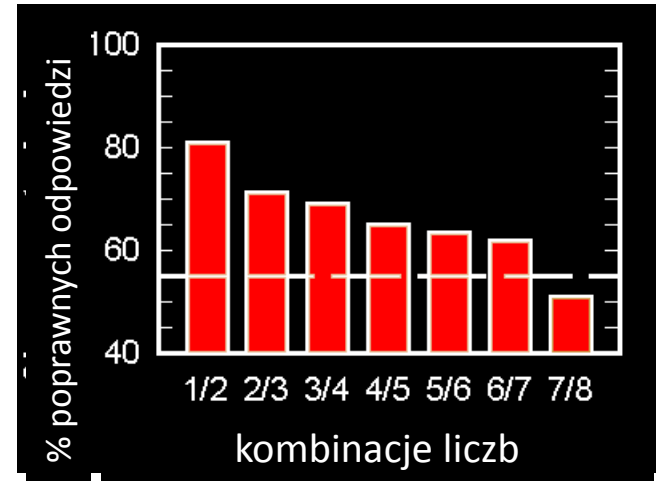
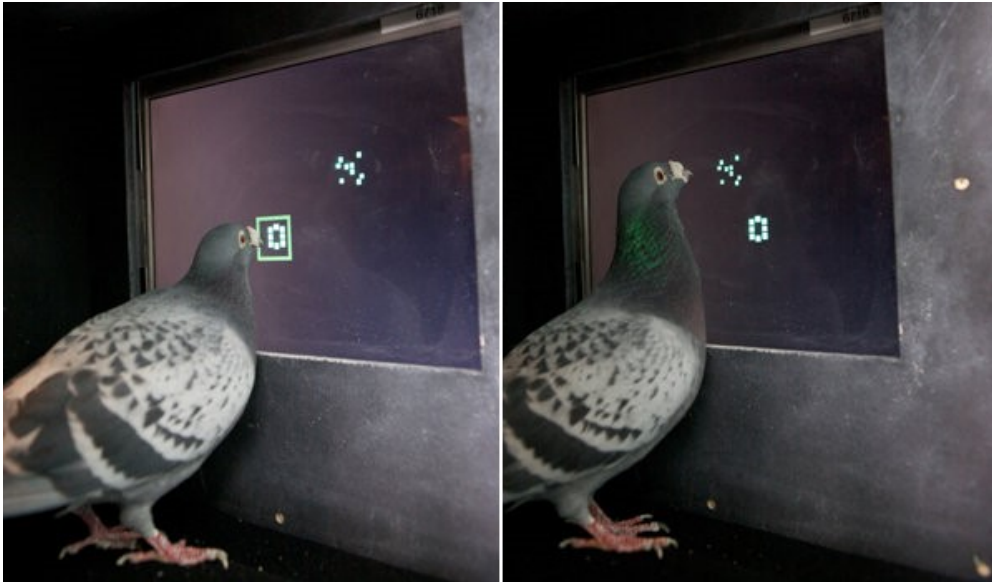
Siła separująca od drapieżnika



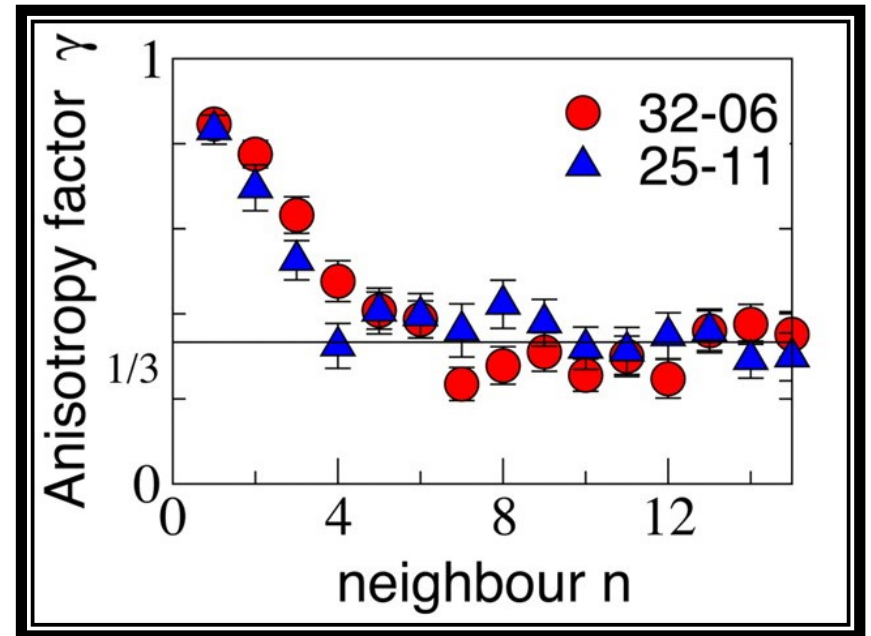
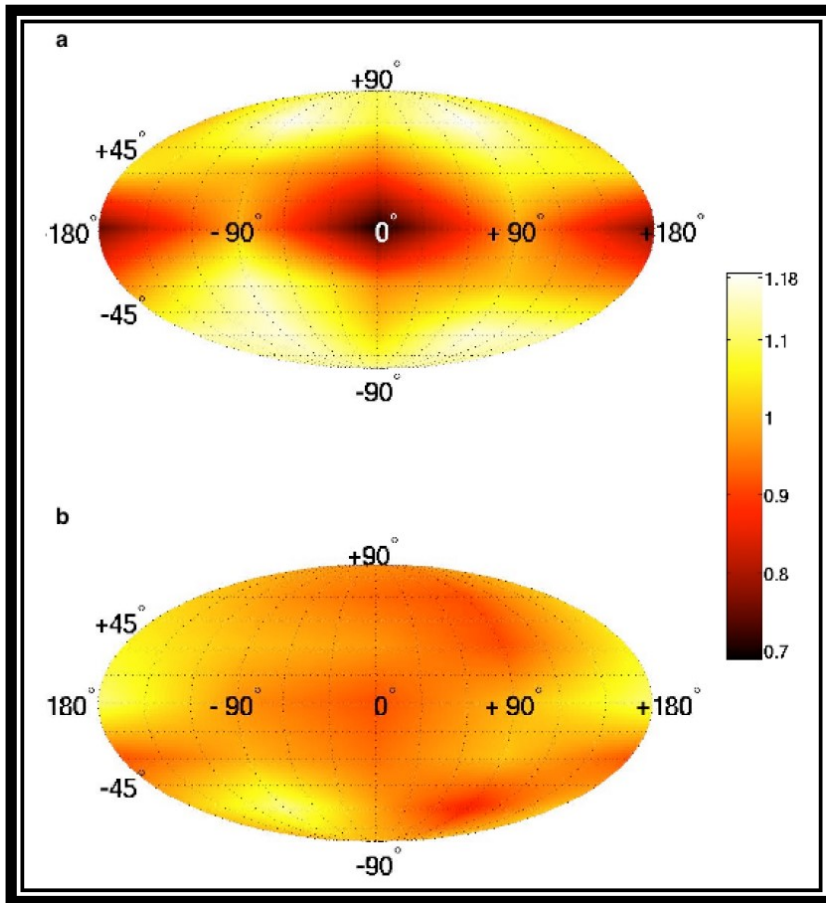
Siła separująca od drapieżnika



Czy ptaki umieją liczyć?



Emmerton, J. & Delius, J. D. (1993) in H. P. Zeigler & H.-J. Bischof (Eds.) *Vision, brain, and behavior in birds* (pp. 377-390). Cambridge, MA: MIT Press.



M. Ballerini et. al.

Interaction ruling animal collective behavior depends on topological rather than metric distance: Evidence from a field study

Proc. Nat. Acad. Sci. vol. 105 (4) 1232-1237 (2008)

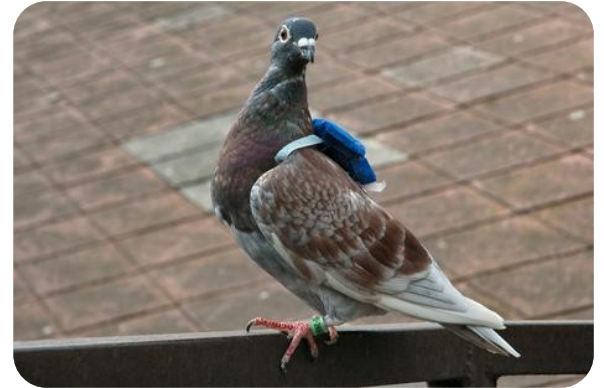
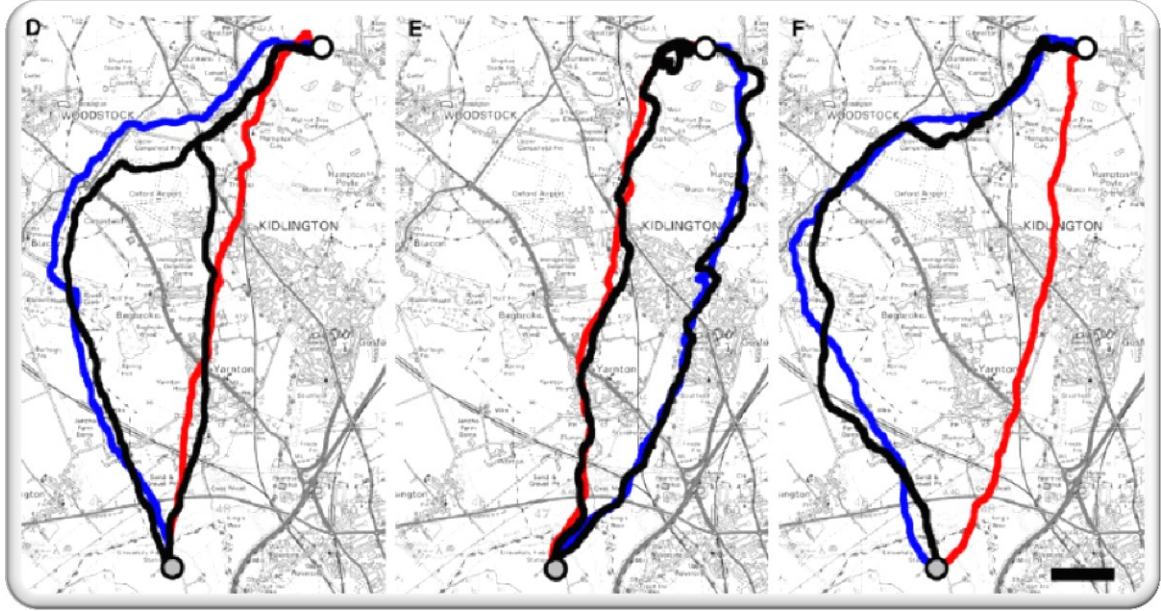
Kto tu dowodzi?

Dostęp do dwóch rodzajów informacji:

- własne doświadczenie (ptasi kompas)
- kierunek reszty grupy

Dwie hipotezy integracji tych informacji:

- Mądrość tłumu – średnia powinna prowadzić do poprawy wydajności nawigacyjnej.
- Przywództwo - jedna lub niewielka liczba zwierząt przyjmuje wiodącą rolę.



Model podejmowania decyzji w parach współnawigujących gołębi domowych

Dwa osobniki X i Y startują z pozycji $x(0)$ i $y(0)$. Oddziałują na nie dwie siły:

(1) predyspozycja do lotu ku swojemu celowi $-xe^{-\frac{x}{r_A}}$

Osobniki znajdujące się dalej od celu niż r_A są słabiej do niego przyciągane z powodu trudności w postrzeganiu celu. Na osobniki bliższe niż r_A oddziałuje malejąca, ale pozytywna siła przyciągania, modelująca rosnący stopień "komfortu" związany z malejącą odległością do celu .

(2) predyspozycja do lotu w kierunku aktualnego położenia partnera $(x - y)e^{-\left(\frac{x-y}{\sqrt{2}r_B}\right)^2}$

Siła lokalna, silnie zanikająca, gdy osobniki stracą siebie z oczu

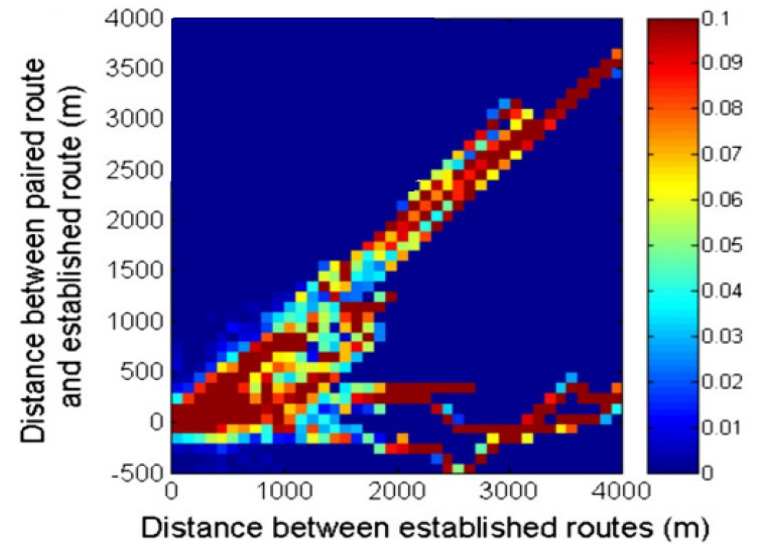
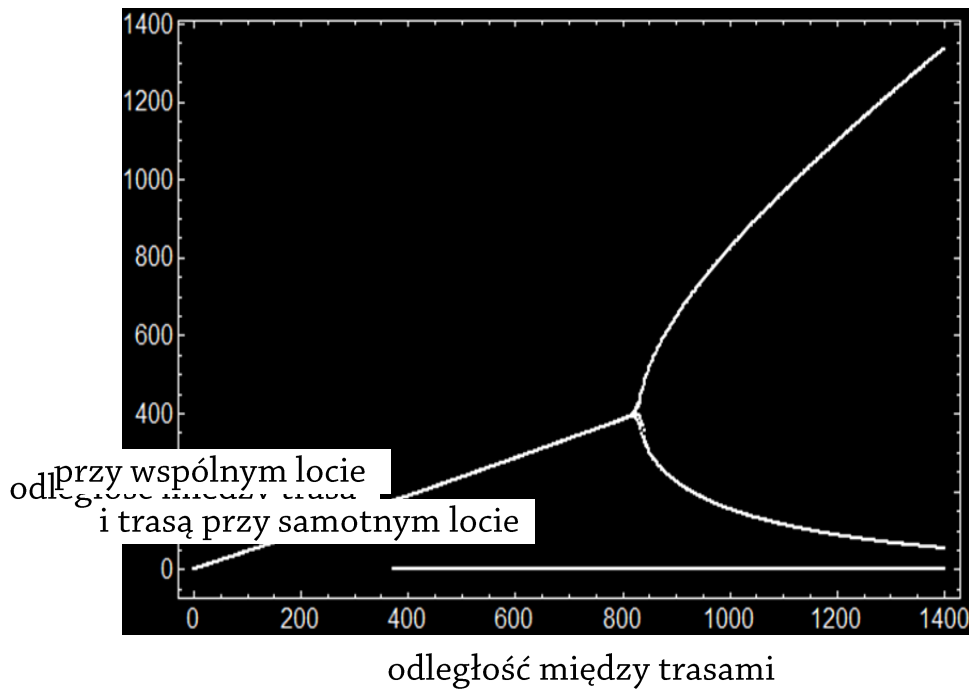
Parametry r_A i r_B oszacowane z danych eksperymentalnych

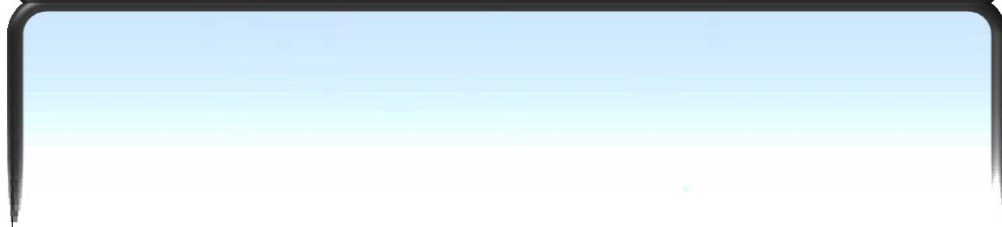
$$\frac{dx}{dt} = -xe^{-\frac{x}{r_A}} - \alpha(x - y)e^{-\left(\frac{x-y}{\sqrt{2}r_B}\right)^2}$$

$$\frac{dy}{dt} = -(d - y)e^{-\frac{d-y}{r_A}} - \alpha(y - x)e^{-\left(\frac{x-y}{\sqrt{2}r_B}\right)^2}$$

Trajektorie ptaków, gdy lecą samotnie: $X - 0$, $Y - d$

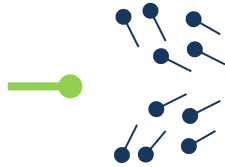
α – parametr wolny określający stosunek amplitud obu sił



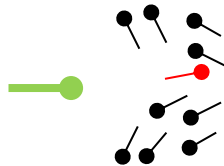


Stabilność ewolucyjna

Skoordynowany ruch całego stada prowadzi do dezorientacji drapieżnika



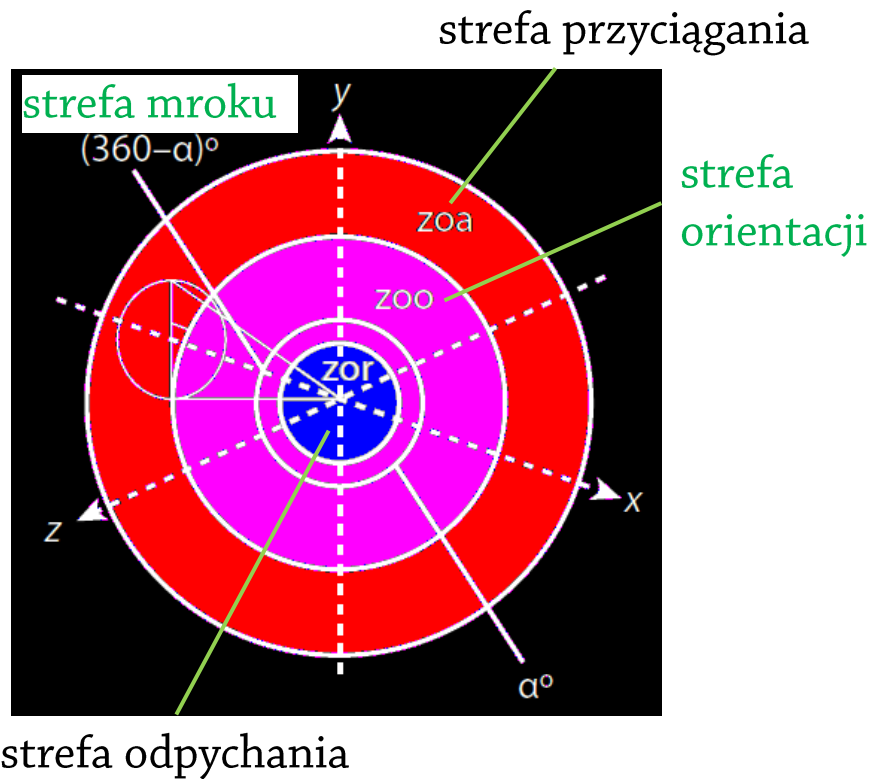
Najlepsza strategia dla pojedynczego osobnika - najszybsza ucieczka od drapieżnika



Dylemat pasożytnictwa społecznego

Powstające struktury nie są ewolucyjnie stabilne

Ewolucja strategii



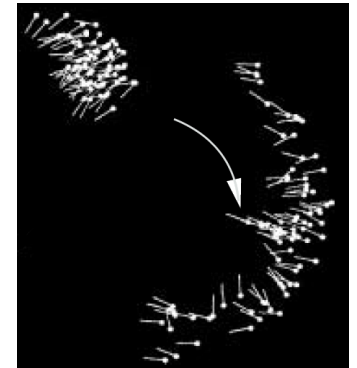
SYMULACJA

1. N osobników. Każdy z losowym zestawem parametrów z_a, z_o, z_r, α . Zasięg widzenia stały $\alpha\pi z_a^2 = const$
2. Stabilizacja (formowanie stada).
3. Wprowadzenie drapieżnika. Polowanie na najbliższą ofiarę. Gdy odległość $< z_r$, to ofiara eliminowana i atak na następną.
4. Rozmnażanie pozostałych osobników z mutacją parametrów.
5. Powrót do punktu 2.

WYNIKI

$$\alpha \approx 280^\circ \pm 30^\circ$$

$$\alpha_{real} \approx 300^\circ$$



A. J. Wood, G. J. Ackland

Evolving the selfish herd: Emergence of distinct aggregating strategies in an individual-based model
Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences 274, 1637-1642.

