

Tömegjelenségek: Emberi kollektív viselkedés statisztikus fizikája

Vicsek Tamás

Munkatársak:

Czirók András, Farkas Illés, Néda Zoltán. és Dirk Helbing

Emberfolyamok spontán kialakulása



Körmozgás (Kaba kő, Mekka)



Kollektív cselekvés: Mexikói hullám



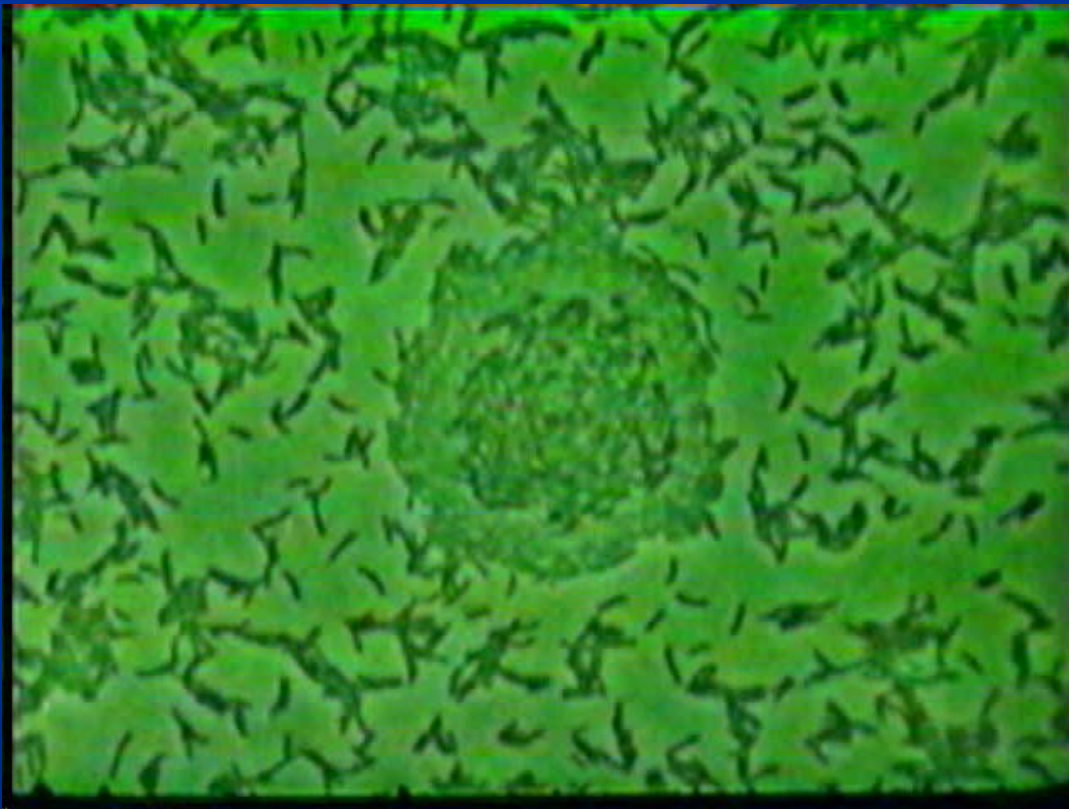
A KOLLEKTÍV VISELKEDÉS STATISZTIKUS FIZIKÁJA

A kollektív viselkedés: tipikus a sok hasonló egységet tartalmazó élő rendszerekben

Fő jellemzője: a sok egység együtt nagyon másképp viselkedik, mint egyenként.

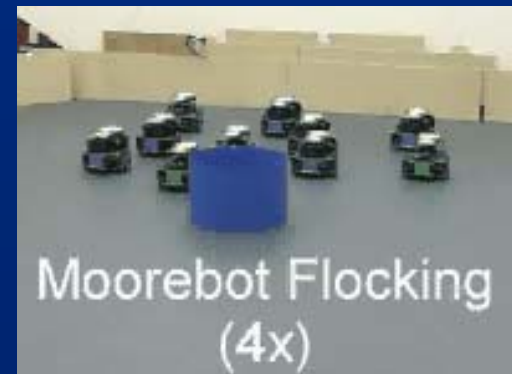
Főbb típusai: (fázis) átmenetek, mintázat/hálózat képződés,
szinkronizáció*, csoportos mozgás**

Univerzalitás: nagyon különböző rendszerekben hasonló jelenségek



baktériumtelep

robotok

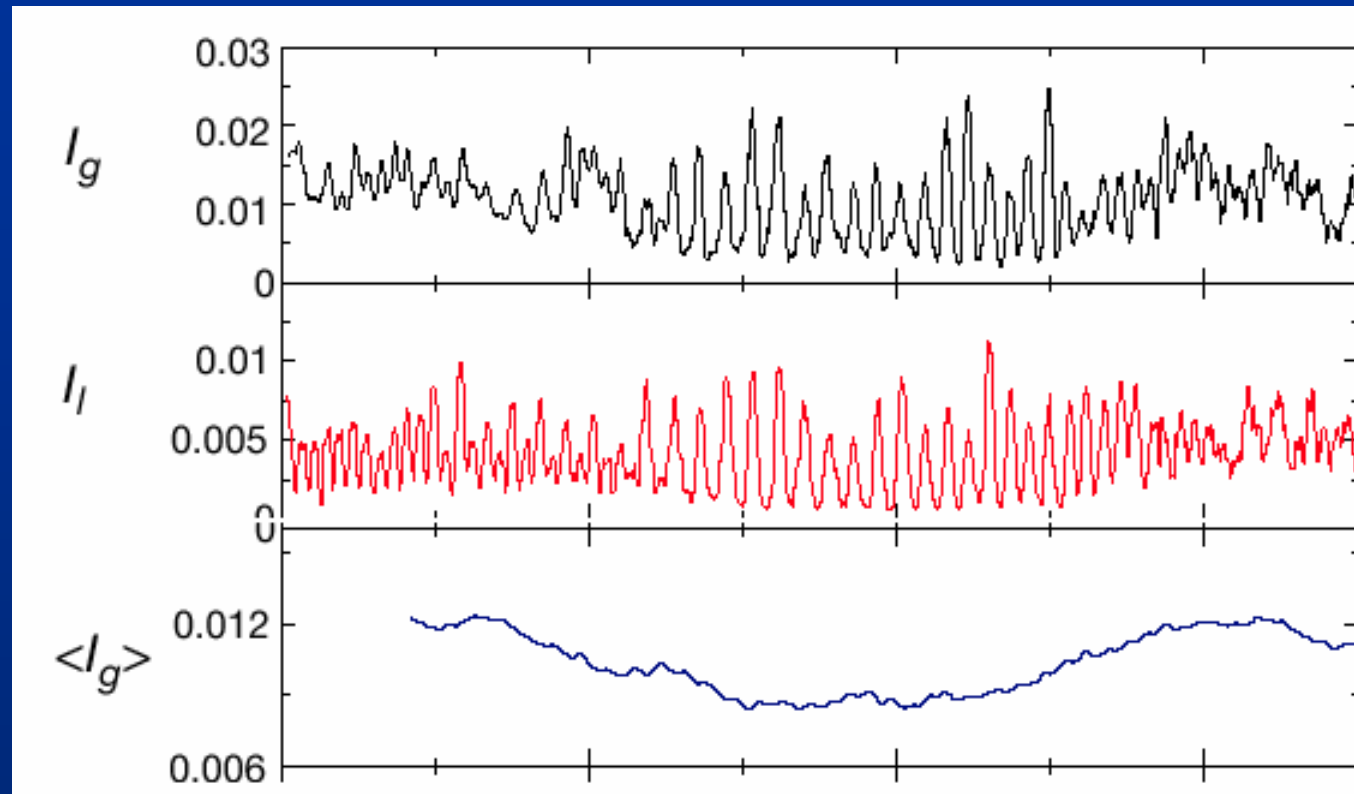


Vastaps: emberi viselkedés szinkronizációja



Vastaps: kvantitatív analízis

Periódusidő
duplázódását
az elmélet is
alátámasztja



Idő \rightarrow



Mexikói hullám:

emberek térbeli és időbeli rendeződése

Kb. 12 m/sec sebességgel halad, 10 m széles



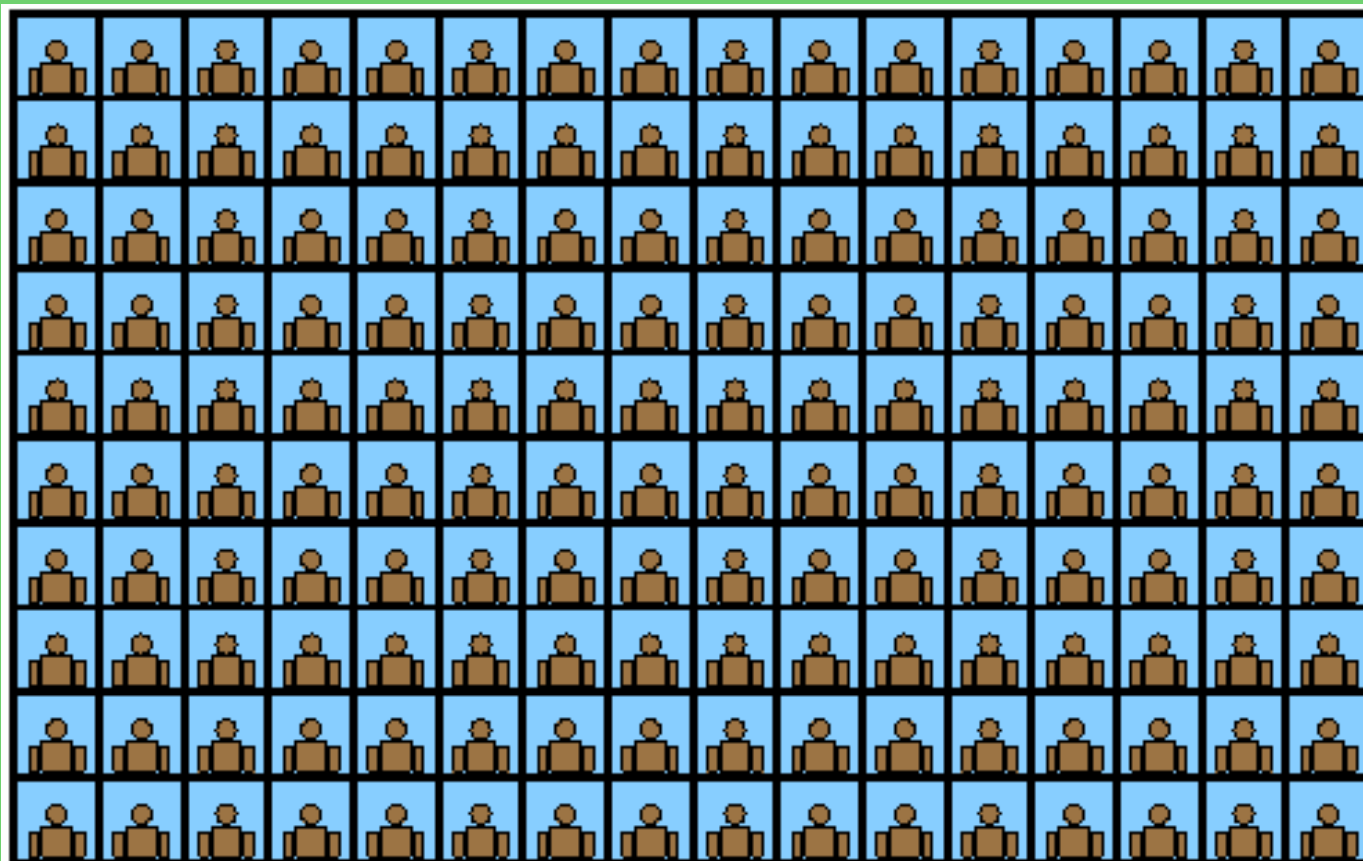
A megértés új eszköze: a modellezés

- Modell: objektumok és szabályok összessége
- Számítógépes szimuláció: ezen szabályok „futtatása” a számítógépben
- Megértés (gyakorlatias definíció): ha a modell alapján a kísérletek eredményei értelmezhetők, megjósolhatóak

Szimuláció: gerjeszhető közegek modellje

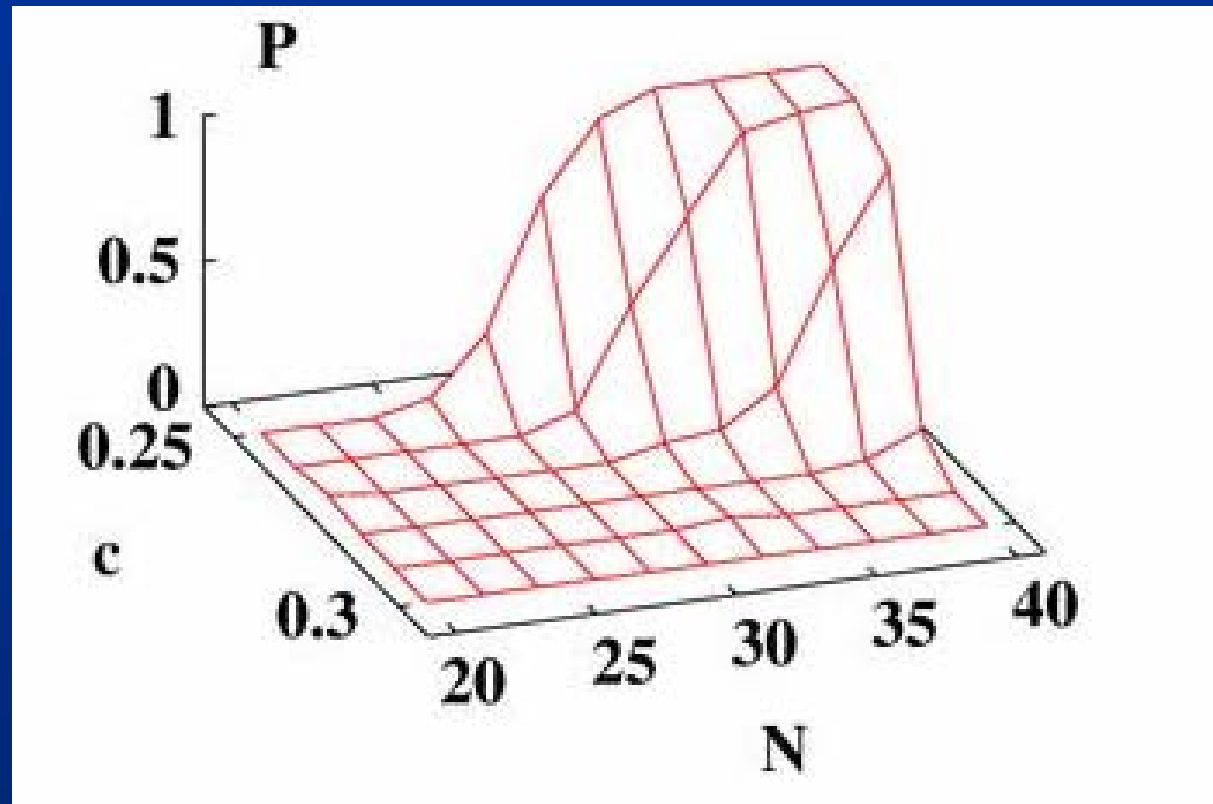
egy inaktív

és 5 aktív ill.nem gerjeszhető állapot



Eredmények

Hullám beindításának valószínűsége

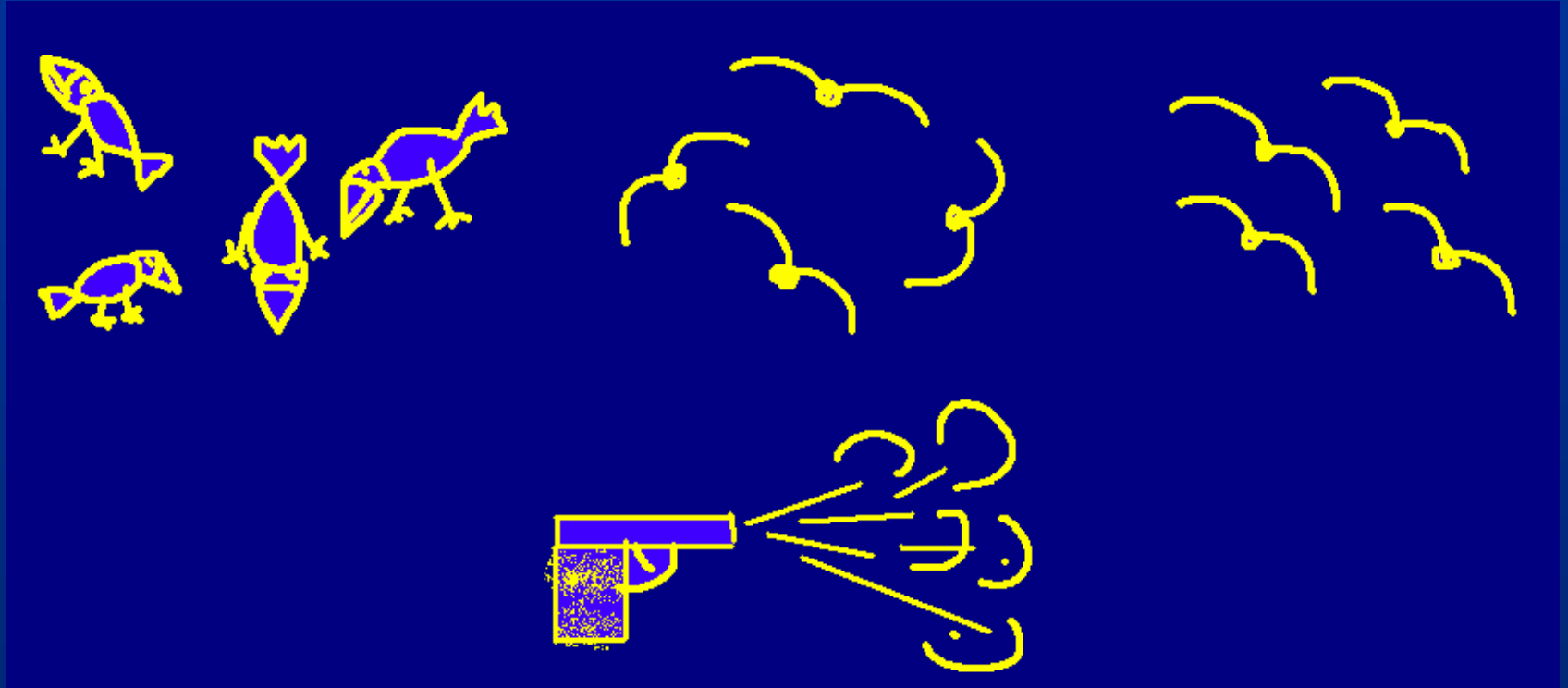


Indítók száma

Izgalmi állapotok terjedése egyéb körülmények között

Kollektív *mozgás*

Amikor a madárcsapat felrebben ...



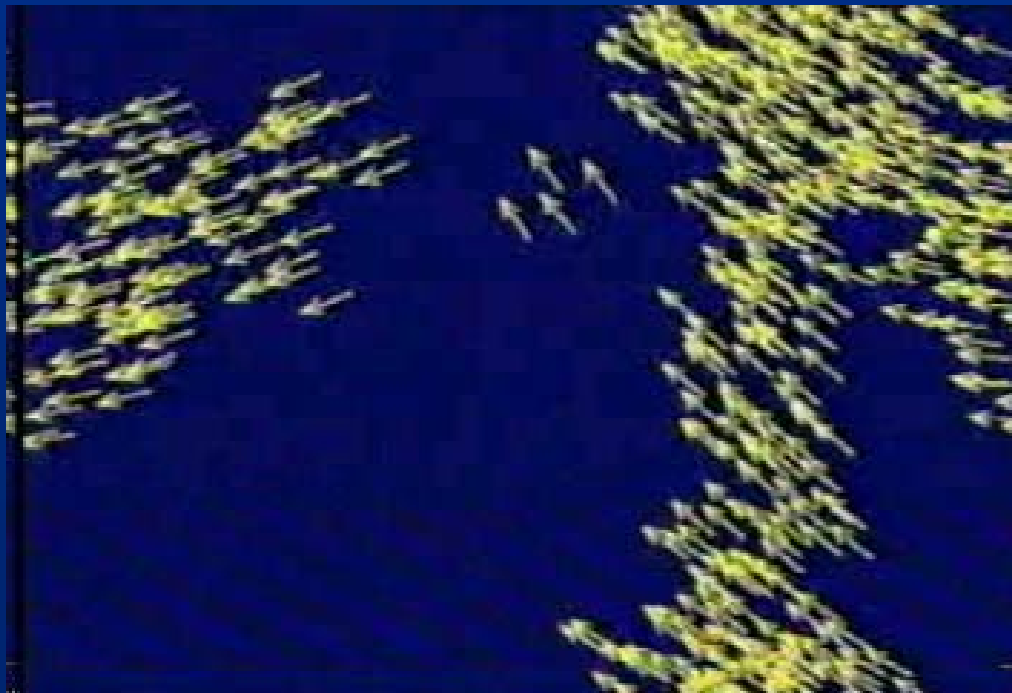
„Kövesd a szomszédod” szabály. Sebességek rendeződése
perturbációk jelenlétében

Kérdés: milyen stabil mozgási minták alakulnak ki?

Madárcsapat szimulációja



A „lassított
felvételen”
látszik, hogy a
rendeződés
oka a mozgás



Embercsoportok mozgása

Mozgásegyenletek megoldása sok „részecskére” amelyek „ember-szerűen” hatnak egymás mozgására

Kölcsönhatás: fizikai, pszichológiai, szociológiai
– ezek erőkkkel kifejezhetők

i -edik gyalogos mozgásegyenlete

$$m_i \frac{dv_i^\rho(t)}{dt} = m_i \frac{v_i^0(t) e_i^{\rho_0}(t) - v_i^\rho(t)}{\tau_i} + \sum_{j \neq i} f_{ij}^\rho + f_{iW}^\rho \quad ,$$

$$f_{ij}^\rho = \left[A_i \exp\left[\frac{r_{ij} - d_{ij}}{B_i}\right] + \kappa g(r_{ij} - d_{ij}) \right] h_{ij}^\rho + \kappa g(r_{ij} - d_{ij}) \Delta v_{ji}^t t_{ij}^\rho \quad ,$$

“szociális”, rugalmas tasztási és surlódási erők ($g(x)$ nulla, ha $d_{ij} > r_{ij}$, egyébként x).

Csoportos (követéses) mozgás aránya p

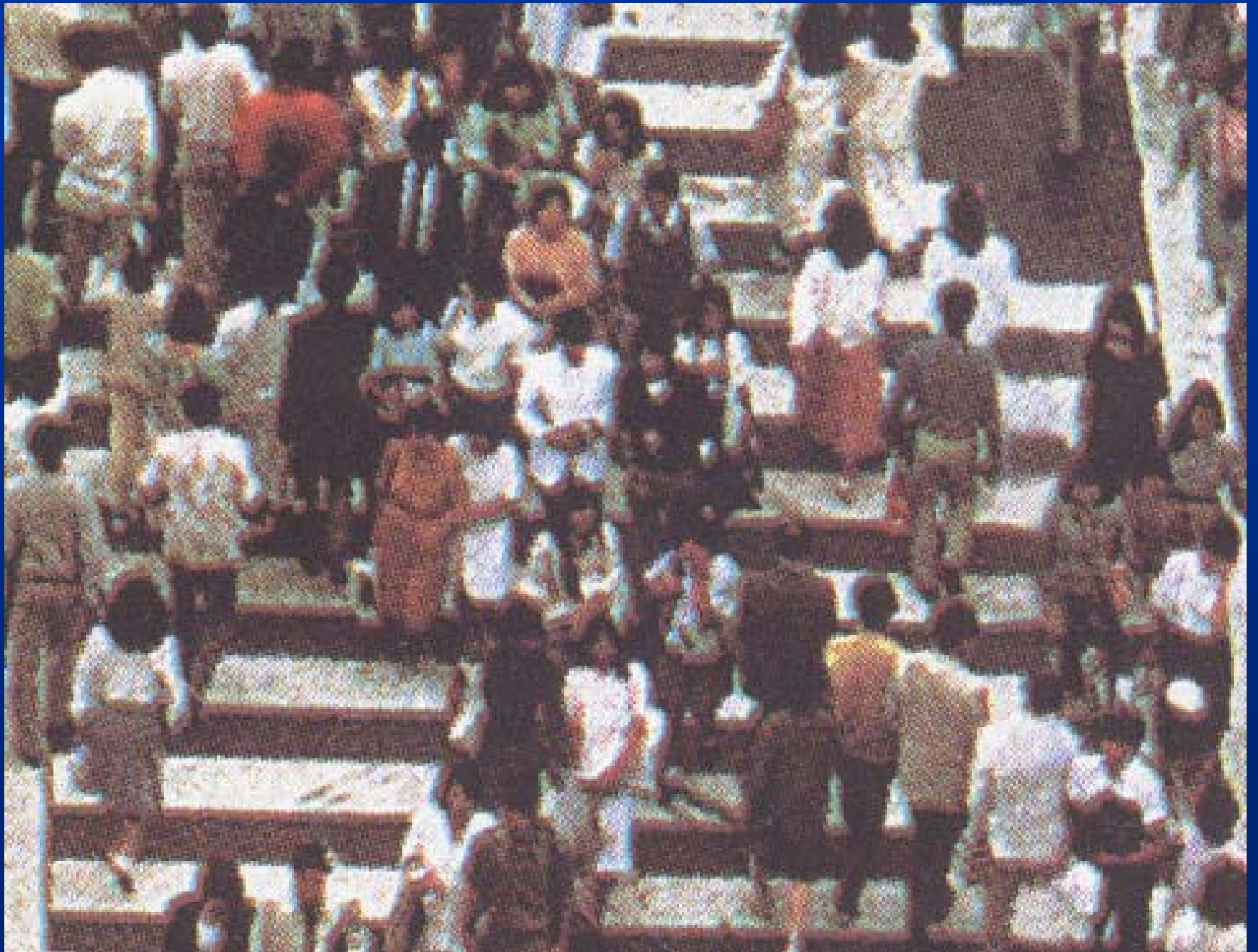
$$e_i^{\rho_0}(t) = N \left[(1 - p_i) e_i^\rho + p_i \langle e_j^{\rho_0}(t) \rangle_j \right] ,$$

where $N(\underline{\rho}) = \underline{\rho} / \|\underline{\rho}\|$ denotes normalization of $\underline{\rho}$.

Embercsoport „kristály”



Szembenhaladó emberek



Emberek folyosón

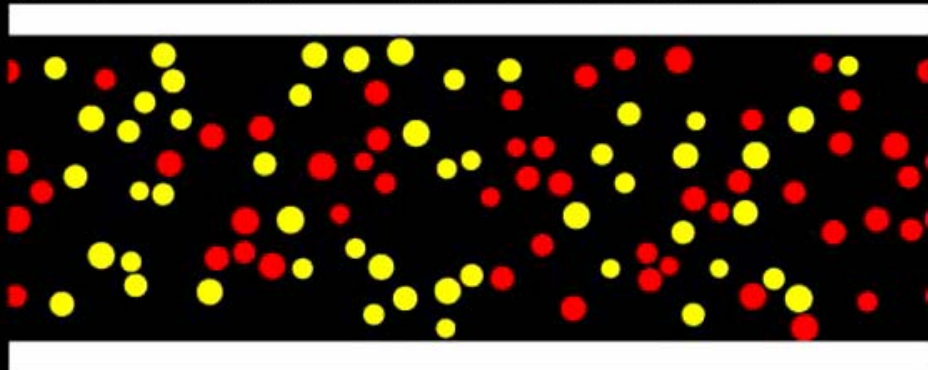


- Spontán rendeződés
sorokba

- Tumultus
(rendezetlenség
térben és időben)



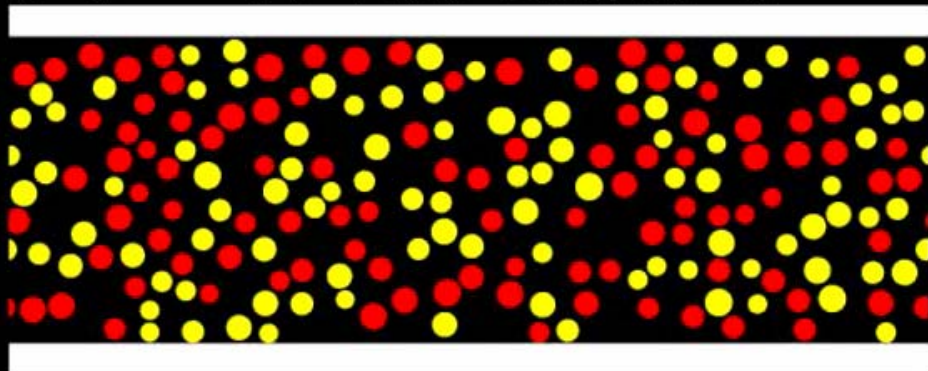
$t=0$ $N=100$ $\Theta=0$



1 $E(t)$

0

$t=0$ $N=200$ $\Theta=0$



1 $E(t)$

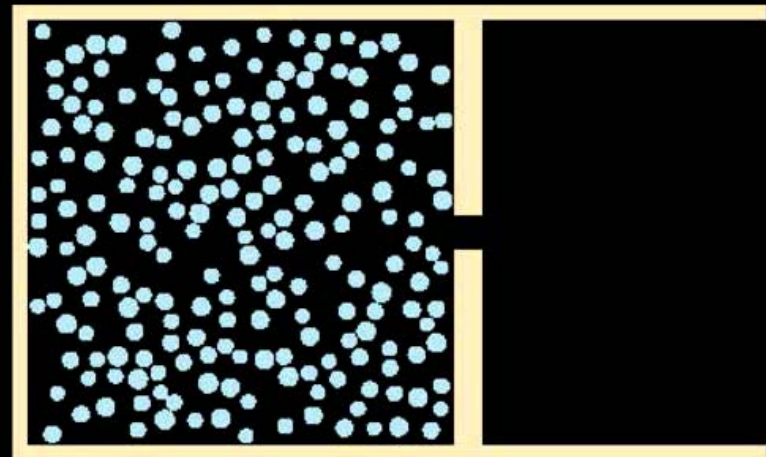
494
GUATEMALA: STADIUM
DURATION: 3.12
SHOT: OCTOBER 16-17,
1996
SOUND: NATURAL/SPANISH
SEE SCRIPT FOR RESTRIX



Pánik

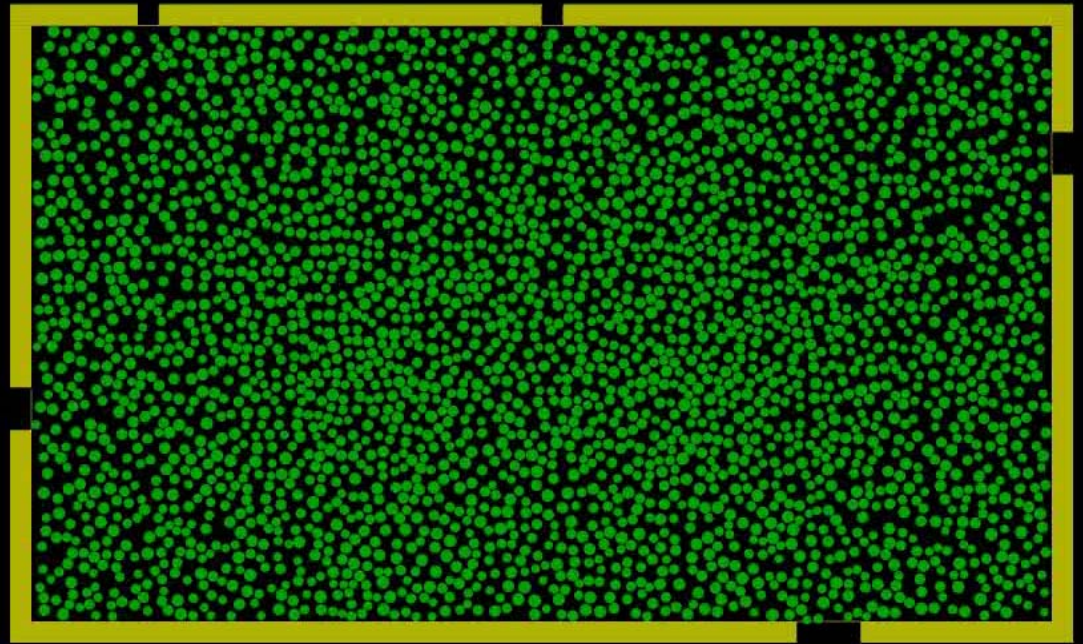
- Menekülés egy szűk kijáraton keresztül
- Az ajtónál a fizikai erők dominálnak!

$t = 0$
 $N = 200$
 $v_0 = 5$

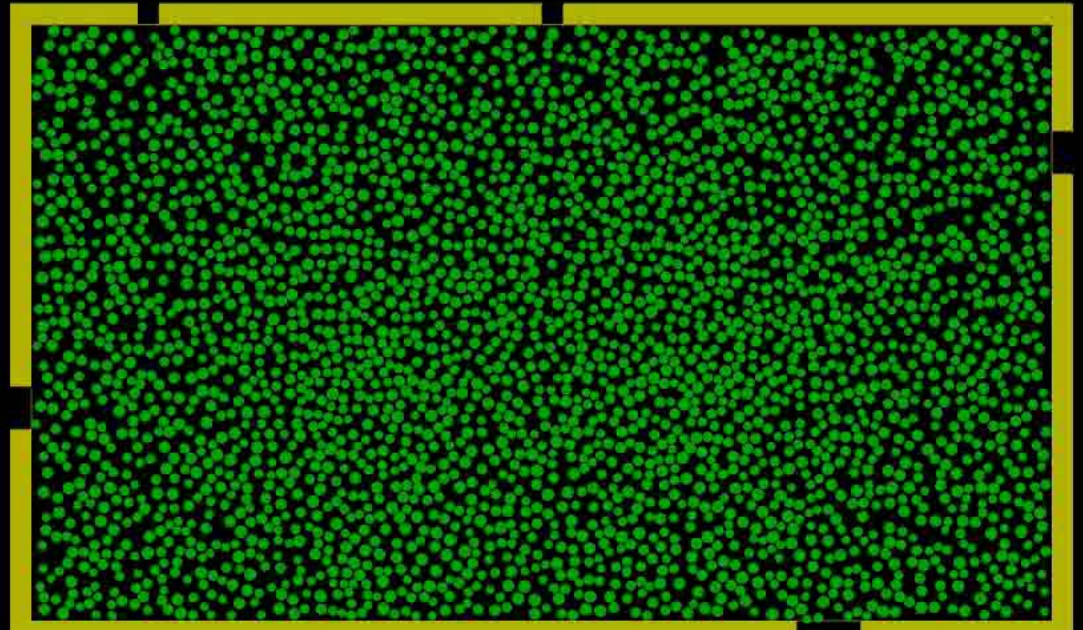


$N = 3000$

Pánik:
bonyolultabb
esetek



$N = 3000$

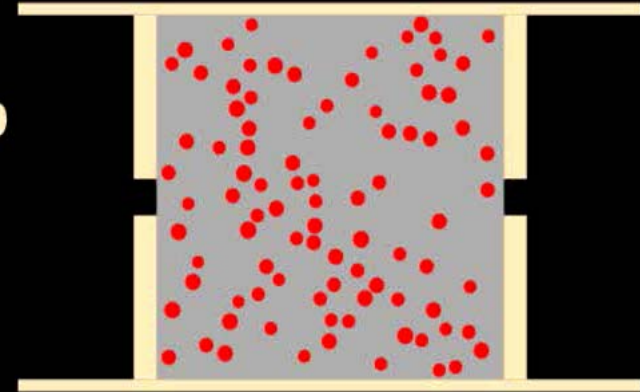


Pánikhelyzet szimulációja

Menekülés sötét helyiségből

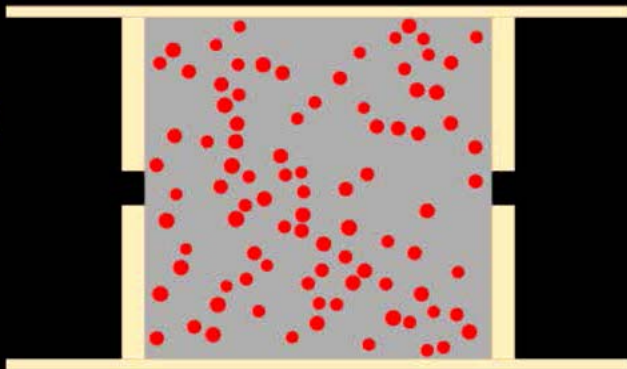
Teljes „fejetlenség”

$t = 0$
 $N_{in} = 90$
 $V_0 = 5$



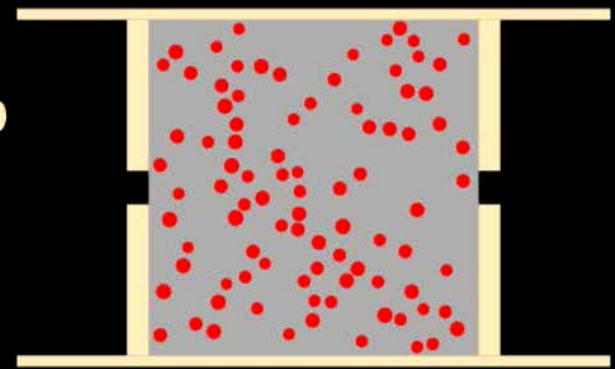
Részleges követés

$t = 0$
 $N_{in} = 90$
 $V_0 = 5$



teljes követés

$t = 0$
 $N_{in} = 90$
 $V_0 = 5$



<http://angel.elte.hu/~vicsek>

Köszönet a társkutatóknak az együttműködésért

Vonatkozó honlapok:

http://

www.mindentudas.hu

angel.elte.hu/~vicsek

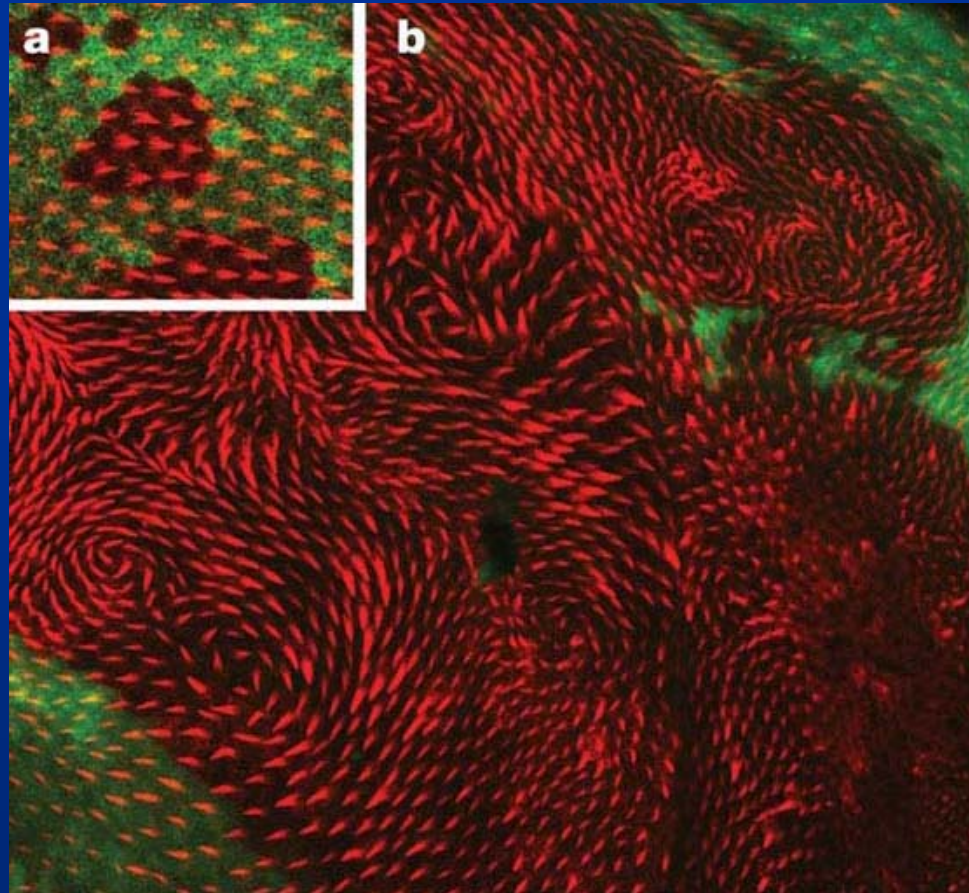
www.kfki.hu/chemonet/hun/olvaso/fraktal/fraktal.html

www.artpool.hu/veletlen/seta/kaosz.html

Amőbák aggregációja



What is displayed in this experimental picture?



Directions of prehairsts on the wing of a mutant fruitfly (the gene responsible for global directionality is kicked out, while the one enforcing local alignment is operational)

Pánikhelyzet szimulációja

Menekülés sötét helyiségből

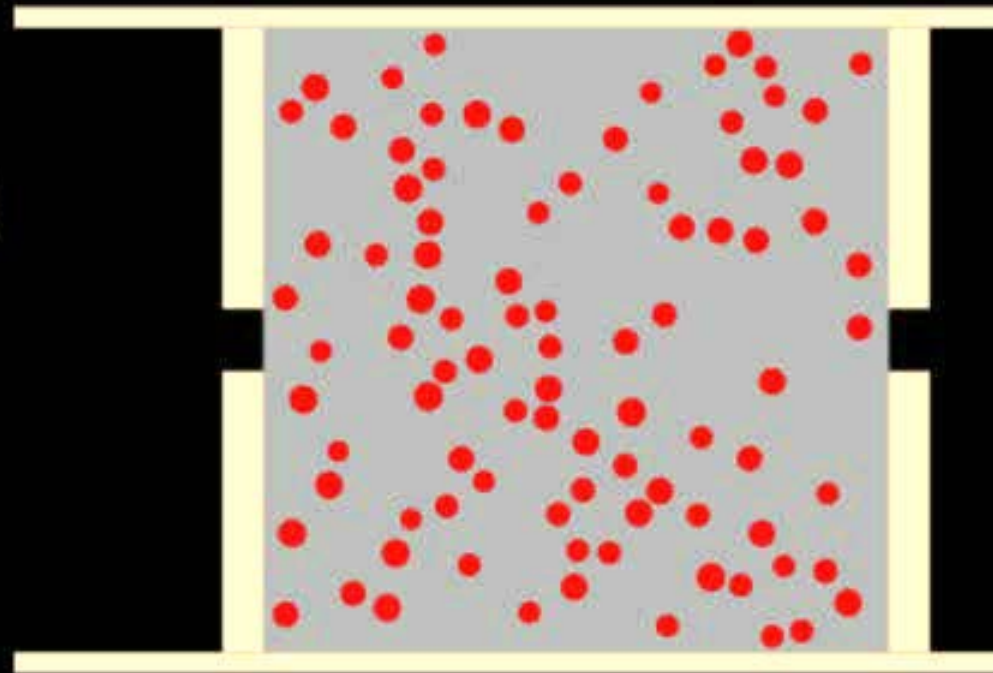
Teljes „fejtelenség”

részleges követés

teljes követés

Optimális?

$t = 0$
 $N_{in} = 90$
 $V_0 = 5$



KONCEPCIÓK

Fluktuációk által hajtott mozgás :

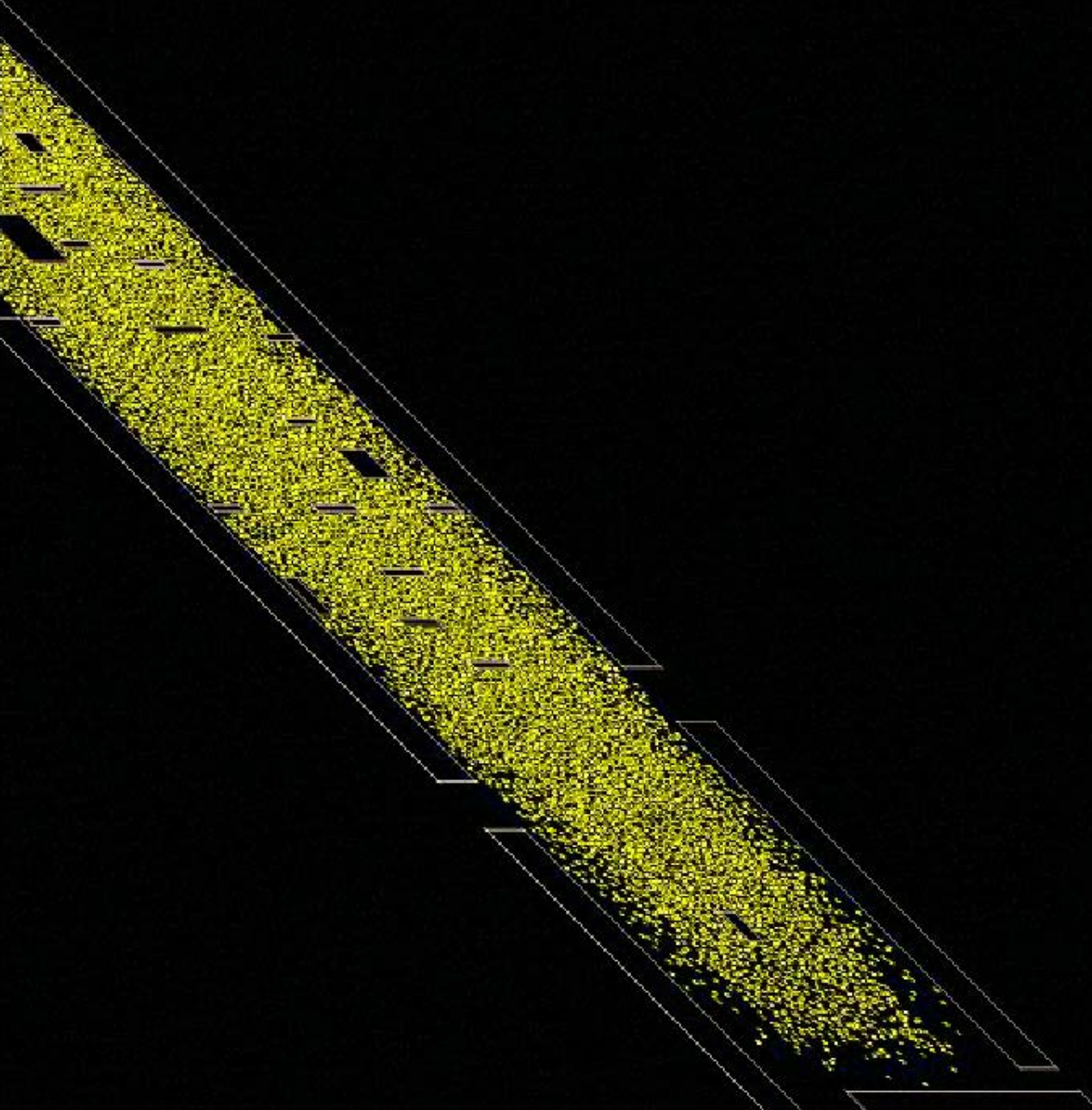
- kilincskerék elv, alkalmazás: molekuláris motorok

Szinkronizáció: ritmusos viselkedés összehangolódása

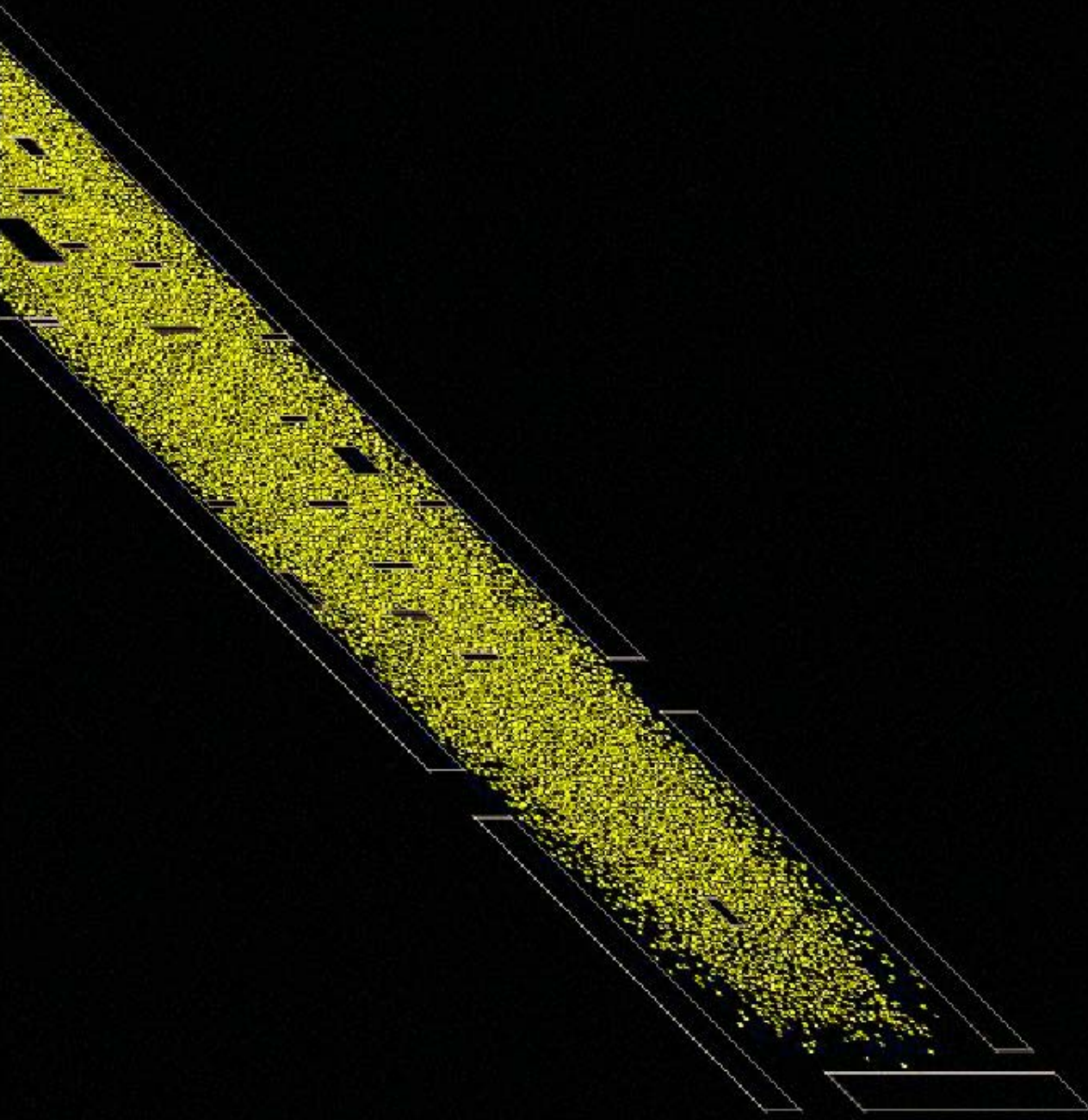
Kollektív mozgás:

- fázisátalakulás rendezetlenből rendezettbe
- alkalmazás: rajzás (sejtek, élőlények), szegregáció, pánik

Brüsszeli
rockfesztivál
helyszíne:
Pánik



**Brüsszeli
rockfesztivál
helyszíne:
Rendezett
eltávozás**



Spiral waves produced by amoebae *Dictyostelium Discodeum*

