

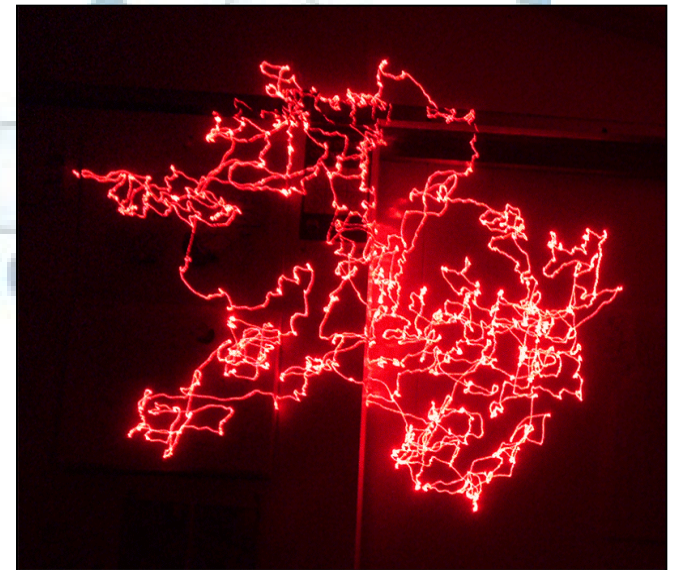
The background features a diagram illustrating Brownian motion. It shows a series of numbered particles (1 through 12) connected by dashed lines, representing their paths. Solid arrows indicate the direction of movement between particles. The particles are depicted as light blue circles with smaller blue circles and radiating lines representing collisions. The paths are irregular and non-linear, characteristic of random motion.

BROWNŮV POHYB PODLE LANGEVINA

Kamila Kovačiková
Brno 2010

Brownův pohyb podle Langevina

- Brownův pohyb
- Paul Langevin
- Langevinova rovnice



Brownův pohyb

- ustavičný neuspořádaný pohyb částic rozptýlených v kapalném/plynném prostředí
- rozměry částic ~ mikrometry
- zaznamenal r. 1827 botanik **Robert Brown**
 - náhodný pohyb pylových zrn ve vodě
- vysvětlení: **Albert Einstein** r. 1905
 - = neustálý a neuspořádaný pohyb molekul vody, které vráží do těchto zrn
- rychlost ~ T , M/m , N

Paul Langevin

- 1872 – 1946 v Paříži
- franc. fyzik 1/2 20. stol.
- magnetismus, ultrazvuk, teorie relativity (paradox dvojčat)
- Langevinova dynamika
Langevinova rovnice



Lorentz, Einstein and Langevin in 1927

Brownův pohyb podle Langevina

- Einstein: Fokker – Plackova rovnice →

$$\overline{\Delta_x^2} = \frac{RT}{N} \frac{1}{3\pi\mu a} \tau$$

- Langevin: 2. Newtonův zákon →

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = -6\pi\mu a \frac{dx}{dt} + X.$$



Brownův pohyb podle Langevina

$$\frac{RT}{2N} \quad \xi = \frac{dx}{dt}$$

$$m \overline{\xi^2} = \frac{RT}{N}$$

Pohybová rovnice: $m \frac{d^2x}{dt^2} = -6\pi\mu a \frac{dx}{dt} + X.$

$$\frac{m}{2} \frac{d^2x^2}{dt^2} - m \xi^2 = -3\pi\mu a \frac{dx^2}{dt} + Xx.$$



Brownův pohyb podle Langevina

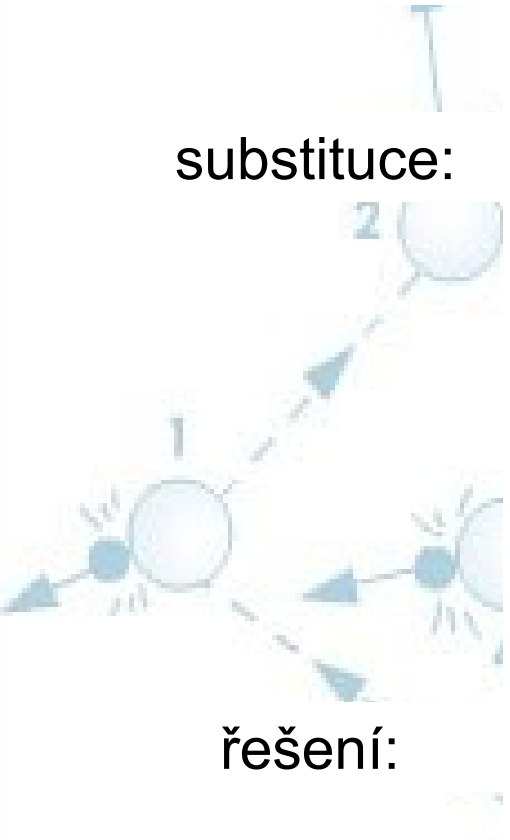
substituce:

$$z = \frac{\overline{dx^2}}{dt}$$

$$\frac{m}{2} \frac{dz}{dt} + 3\pi\mu a z = \frac{RT}{N}$$

$$z = \frac{RT}{N} \frac{1}{3\pi\mu a} + C e^{-\frac{6\pi\mu a}{m}t}$$

řešení:

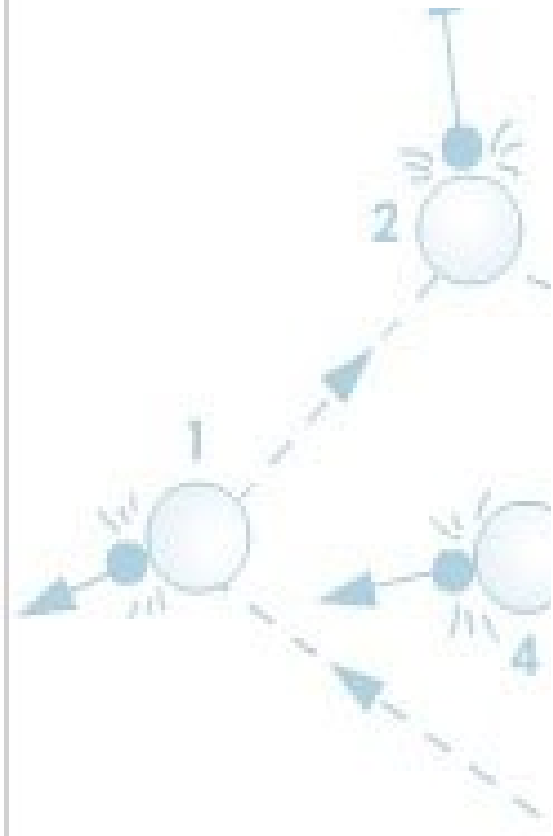


Brownův pohyb podle Langevina

$$\frac{d\overline{x^2}}{dt} = \frac{RT}{N} \frac{1}{3\pi\mu a}$$

$$\overline{x^2} - \overline{x_0^2} = \frac{RT}{N} \frac{1}{3\pi\mu a} \tau.$$

$$\Delta_x^2 = \overline{x^2} - \overline{x_0^2} = \frac{RT}{N} \frac{1}{3\pi\mu a} \tau$$



Brownův pohyb podle Langevina

Zdroje:

- **Paul Langevin's 1908 paper "On the Theory of Brownian Motion"**
["Sur la the orie du mouvement brownien," C. R. Acad. Sci. (Paris) 146, 530–533 (1908)]
- <http://www.physik.uni-augsburg.de/theo1/hanggi/History/Langevin1908.pdf>

