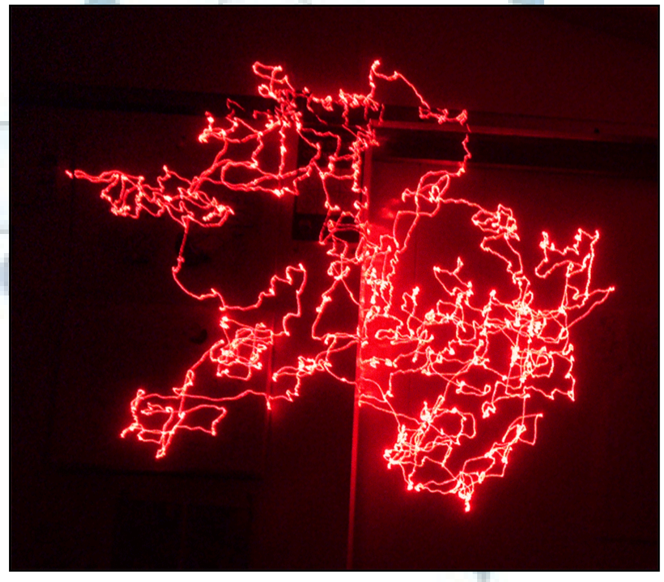
BROWNŮV POHYB PODLE LANGEVINA

Kamila Kovačíková
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 →

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

- Langevin: 2. Newtonův zákon →

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

Brownův pohyb podle Langevina

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

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

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:

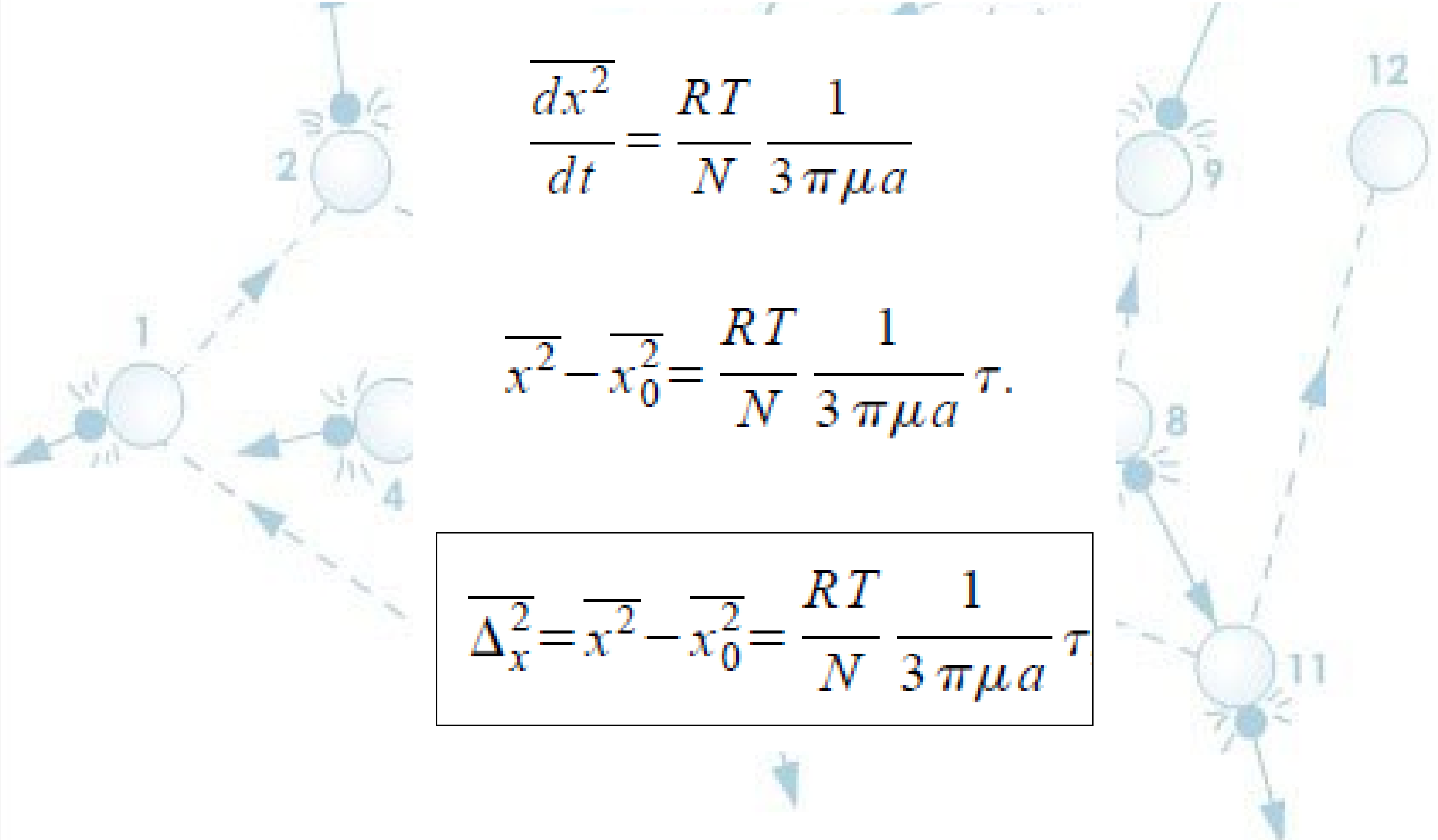
$$z = \frac{\overline{dx^2}}{dt}$$

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

řešení:

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

Brownův pohyb podle Langevina



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

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

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

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**