

Fyzikální simulace pohybu částic v náhodném prostředí

Š. Paulík, V.-A. Koropečký, V. Galda, J. Schäfer
Gymnázium Jana Keplera, SZŠ a VOŠZ Zlín,
Gymnázium Zlín – Lesní čtvrť
stepanpaulik@gmail.com, hasky32@volny.cz, galdavojta@gmail.com,
schafer0jan@gmail.com

Abstrakt:

Pokusili jsme se simulovat pohyb částice v náhodném prostředí, plném jiných, náhodně se pohybujících, částic o menší hmotnosti. V simulaci ostatní částice narážely do naší zvolené. Zkoumali jsme její pohyb v jedné až třech dimenzích, spojitě i diskrétně i při změně hmotnosti po nárazech.

1 Úvod

Pohyb částice v náhodném prostředí je problematika, kterou zaznamenal již Brown v roce 1827 pozorováním zrněk pylu ve vodě. V té době na to nebylo vysvětlení, poněvadž se počítalo pouze s deterministickými silami. Teprve později Einstein v roce 1905 vysvětlil, že je to způsobeno stochastickými silami, čímž vše objasnil. My jsme se jeho pozorování pokusili co nejvěrněji simulovat.

2 Pohyb částic

Pohyb částice se liší podle počtu dimenzí, ve kterém se pohybuje. Menší, volně pohybující částice, narážejí do naší částice náhodnou silou F s celočíselnou hodnotou. F udává vzdálenost, o kterou se částice posune.

a) V 1-rozměrném prostředí,

Zde je možnost nárazu ostatních částic pouze ze dvou stran, tedy pozorovaná částice se může pohybovat pouze po jedné ose.

b) Ve 2-rozměrném prostředí, diskrétní model

V této situaci se může pohybovat po mřížce s osami x a y . Tímto se počet možných směrů pohybu částice zvyšuje na 4.

c) Ve 2-rozměrném prostředí, spojitý model

Nyní mohou částice přicházet ze všech úhlů dostupných ve 2D prostředí, takže se pozorovaná pohybuje více náhodně. V tomto modelu jsme počítali i s možností změny hmotnosti, způsobené splynutím částic (narážející a naražené) po nárazu.

d) V 3-rozměrném prostředí, diskrétní model

V tomto prostředí se zkoumaná částice pohybuje po osách x , y , z , tedy do šesti směrů.

3 Pohyb částic – simulace

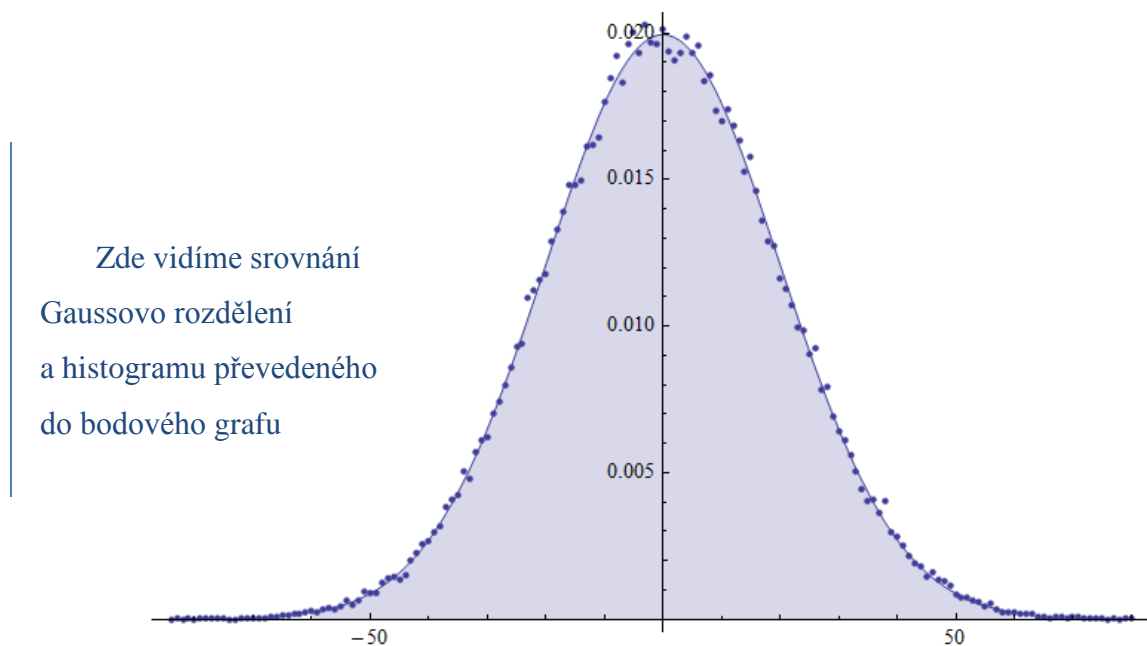
Simulace je námi vytvořena v programu Wolfram Mathematica. Pro každý případ nárazu se počítá se silou F v rozmezí -3 až $+3$. Vždy jsme simulovali pohyb 100 000 částic po 100 nárazech. Všechny modelované částice vznikaly ve stejném výchozím bodě, v bodě 0.

4 Výsledky

Histogramy zde uvádějí kolikrát (osa y) se na určité pozici (osa x) nacházela pozorovaná částice po 100 nárazech. Čím světlejší místo histogramu, tím vyšší počet ukončení trajektorie v daném bodu částic, a naopak. Směrování bylo možné jen v úhlech do π .

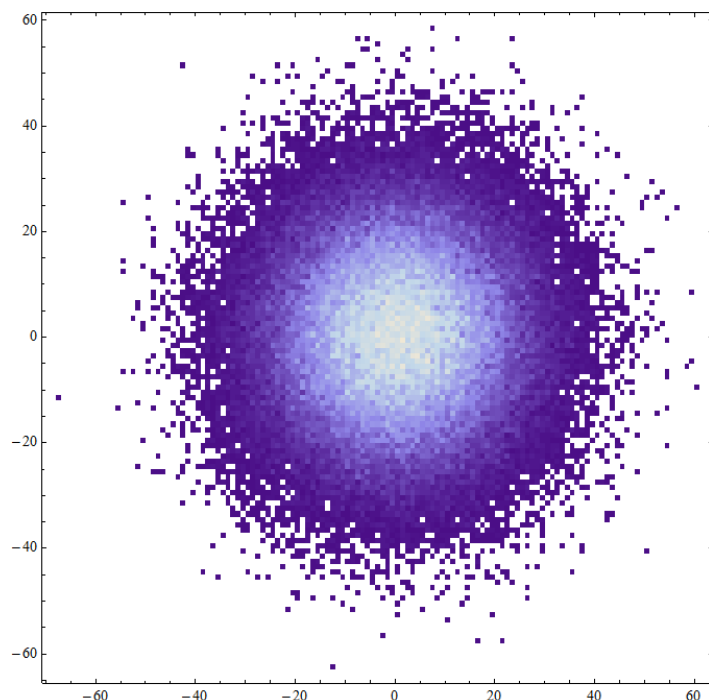
a) V 1-rozměrném prostředí

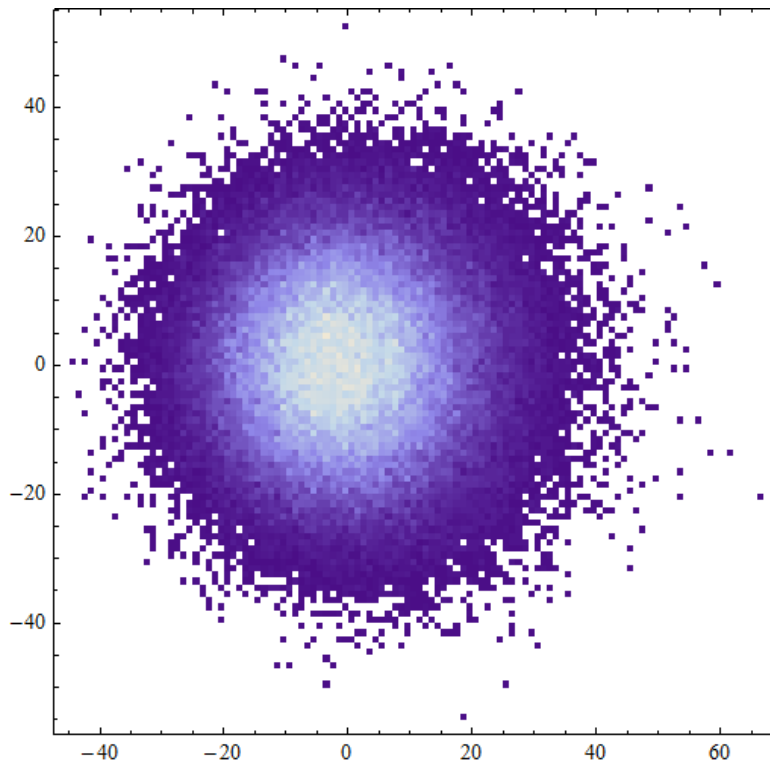
Zde jsme došli k výslednému histogramu, který je téměř ekvivalentní Gaussovu rozdělení.



b) Ve 2-rozměrném prostředí, diskrétní model

V tomto případě jsme pozorovali tendenci pozorovaných částic vzdálit se od výchozího bodu více, než u spojitého modelu. Okolo výchozího bodu jsme pozorovali v rozmezí 70-90 případů ukončení trajektorie.





c) Ve 2-rozměrném prostředí, spojitý model

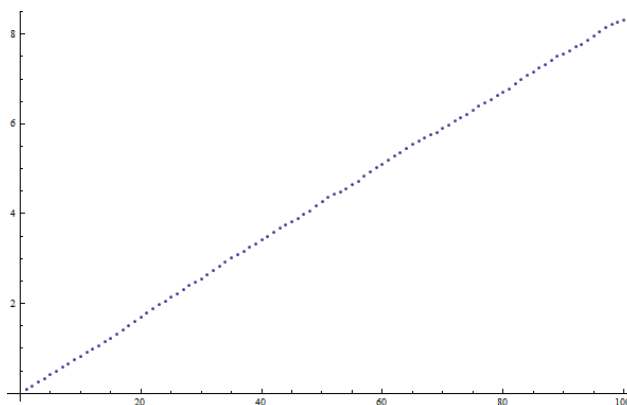
Zde jsme pozorovali naopak tendenci částic zůstat u výchozího bodu po 100 nárazech mnohem více než u disktrétního modelu. Toto se projevilo v celkově menším rozsahu histogramu. Kolem výchozího bodu byla koncentrace dokončení trajektorie v rozmezí 110 až 120 případů

d) Ve 2-rozměrném prostředí, spojitý model – změna hmotnosti a směrová paměť

Toto se chová podobně jako v předchozím případě disktrétní model x spojitý model. V případě změny hmotnosti se konec trajektorie pohybuje kolem výchozího bodu, neboť se stoupající hmotností, způsobené nabalováním ostatními částicemi, klesá podle vzorce $F=m*a$ veličina a , která pro nás v podstatě představuje, jak daleko se odrazí.

Naopak při směrové paměti (směrová paměť si pamatuje úhel předchozího odrazu) je výsledná vzdálenost od výchozího bodu největší, poněvadž od původního směru se může vychýlit pouze o $\pi/2$.

5 Difúze



Ve 2-rozměrném prostředí bez směrové paměti a změny hmotnosti jsme pozorovali difúzi, kterou jsme pak následně vyjádřili pomocí grafu. Grafem je přímka, kterou vyjadřuje obecná rovnice ve tvaru ct , kde c je konstanta a t vyjadřuje čas.

6 Závěr

Částice se vzdalovaly od výchozího bodu v závislosti na konfiguraci simulace (změna hmotnosti částice, pamatování předchozího směru a především typu modelu).

Poděkování

Poděkování za pomoc při seznamování s programem Mathematica a realizaci projektu panu Hynkovi Lavičkovi. Dále děkujeme za možnost zúčastnit se na týdnu vědy na FJFI.

Reference:

- [1] A. EINSTEIN *Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen* 1905