УДК 004.94:539.21

В. В. ДЕНЧУК

В. В. МАРТИНЮК

МОДЕЛЮВАННЯ БРОУНІВСЬКОГО РУХУ ЧАСТИНКИ З ВИКОРИСТАННЯМ PYTHON

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У цій роботі було розібрано, як влаштований броунівський рух з точки зору фізики та відтворено його за допомогою програмного коду на Python. Це дозволяє наочно побачити складні фізичні процеси через програмний алгоритм та графіку.

Ключові слова: фізика молекул, хаотичний рух, програмування на Python, візуалізація даних, комп'ютерні моделі.

Abstract

This work analyzed how Brownian motion works from a physics perspective and created it using Python code. This allows us to visualize complex physical processes through a software algorithm and graph.

Keywords: molecular physics, chaotic motion, Python programing, data visualization, computer models.

Вступ

Сьогодні ми часто навіть не замислюємося, наскільки важливим є рух мікроскопічних частинок у нашому повсякденному житті. Насправді саме завдяки цьому хаотичному процесу ми відчуваємо запахи в повітрі або бачимо, як фарба розчиняється у воді. Броунівський рух або браунівський рух — невпорядкований, хаотичний рух частинки під дією нерівномірних ударів молекул речовини з різних боків у розчинах. Названий на честь ботаніка Роберта Брауна, який спостерігав це явище під мікроскопом у 1827 р. Теорію броунівського руху сформулював у 1905 р. Альберт Ейнштейн[1].

Метою даного дослідження є моделювання броунівського руху частинки за допомогою генерації випадкових величин та побудова графіка її траєкторії в середовищі Python.

Результати досліджень

Броунівський рух є прикладом випадкового процесу. Якщо розглядати рух частинки у двовимірному просторі, її координати можна описати як суму випадкових приростів:

$$x_n = x_{n-1} + \Delta_x$$
$$y_n = y_{n-1} + \Delta_y \qquad (1)$$

де Δ_x, Δ_y – випадкові величини з нормальним розподілом.

Для технічної реалізації моделювання та обробки масивів даних було використано можливості бібліотеки NumPy[2]. Візуалізація отриманих результатів та побудова графіків траєкторії здійснена за допомогою інструментів бібліотеки Matplotlib[3].

Використання функції numpy.random.normal дозволило підтвердити, що розподіл зміщень Δ_x та Δ_y у відповідає закону Гаусса. Це забезпечує фізичну достовірність моделі, де ймовірність малих кроків значно вища за ймовірність різких стрибків на велику відстань. Алгоритм дозволяє отримати характерну ламану лінію, що повністю відповідає теоретичним уявленням про хаотичний рух.

Приклад програмного коду:

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

steps = 1000

x_steps = np.random.normal(0, 1, steps)
y_steps = np.random.normal(0, 1, steps)

x = np.cumsum(x_steps)
y = np.cumsum(y_steps)

plt.figure()
plt.plot(x, y)
plt.title("Броунівський рух частинки")
plt.xlabel("X")
plt.ylabel("Y")
plt.grid()
plt.show()
```

На основі наведеного вище програмного коду було згенеровано візуалізацію траєкторії броунівського руху, яка демонструє хаотичний характер переміщення частинки у двовимірному просторі на рис. 1. Лінія демонструє випадкові зміщення частинки в різних напрямках. Траєкторія має нерегулярний, ламаний характер, що свідчить про відсутність впорядкованого руху. Частинка постійно змінює напрямок свого переміщення, що є характерною ознакою хаотичного теплового руху. Графік містить координатні осі X та Y, сітку для зручності аналізу та заголовок «Броунівський рух частинки».

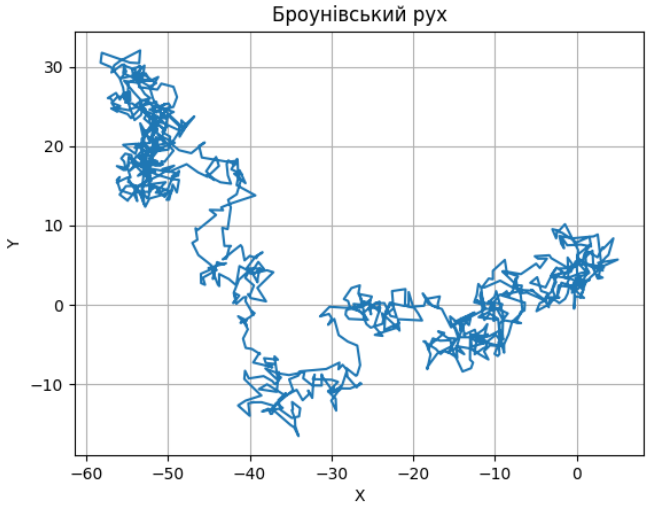

Рис.1. Траєкторія двовимірного броунівського руху частинки

Отриманий результат підтверджує, що при великій кількості випадкових кроків траєкторія частинки набуває складної, непередбачуваної форми. Незважаючи на випадковість окремих зміщень, у довгостроковій перспективі рух відповідає статистичним закономірностям нормального розподілу.

Висновки

Проведене дослідження продемонструвало, що сучасні обчислювальні методи дозволяють з високою точністю відтворити динаміку мікросвіту. Написаний на Python алгоритм дозволив не просто теоретично описати броунівський рух, а візуалізувати його хаотичну природу в реальному часі. Отримана модель траєкторії частинки повністю відповідає фізичним законам, доводячи, що поєднання фізики та коду дає можливість наочно досліджувати складні природні явища, які неможливо побачити неозброєним оком.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кучерук І. М., Горбачук І. Т., Луцик П. П. Загальний курс фізики : навч. посібник у 3-х т. — Київ : Техніка, 2006. — Т. 2 : Електрика і магнетизм.

2. McKinney W. Python for Data Analysis. – Sebastopol: O'Reilly Media, 2018. – 544 p.

3. Hunter J. D. Matplotlib: A 2D Graphics Environment // Computing in Science & Engineering. – 2007. – Vol. 9. – No. 3. – P. 90–95.

Денчук Вікторія Вадимівна – студент групи 2ПІ-25б, факультет інформаційної технології та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: vika.denchuk08@gmail.com;

Науковий керівник: ***Мартинюк Володимир Валерійович –*** канд. техн. наук, доцент кафедри загальної фізики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Denchuk Viktoriia Vadymivna – Faculty of Information Technologies and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vika.denchuk08@gmail.com;

Scientific supervisor: ***Martyniuk Volodymyr Valeriyovych*** – Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of general Physics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia