

Міністерство освіти і науки України
Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка
Фізико-математичний факультет
Кафедра комп'ютерних наук

Дипломна робота
бакалавра
з теми: **“КОМП'ЮТЕРНА ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ДИНАМІКИ МЕХАНІЧНОЇ
СИСТЕМИ”**

Виконав: студент 4 курсу, KN1-B18 групи
спеціальності 122 Комп'ютерні науки
Задворний Антон Олексійович

Керівник: Федорчук Володимир Аналолійович
доктор технічних наук, професор

Кам'янець-Подільський, 2022

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. ОСОБЛИВСТІ МАС-ПРУЖИННИХ СИСТЕМ ТА СФЕРИ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ.....	5
РОЗДІЛ 2. ЧИСЕЛЬНІ МЕТОДИ РОЗВ’ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧІ КОШІ	9
2.1. Постановка задачі	9
2.2. Метод Ейлера та його модифікації	10
2.3. Розв’язування задачі Коші з використанням бібліотеки <code>scipy</code>	18
РОЗДІЛ 3. ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ПРУЖИННОЇ МОДЕЛІ ТВЕРДОГО ТІЛА.....	22
3.1. Формулювання завдання	22
3.2. Бібліотека <code>VPython 7</code>	23
3.3. Опис класів.....	24
3.3.1. Клас <code>Mass</code>	25
3.3.2. Клас <code>Spring</code>	28
3.3.3. Клас <code>Solid</code> . Створення тіла для моделювання	29
3.3.4. Клас <code>Solid</code> . Інтегрування та створення анімації	31
РОЗДІЛ 4. ОПИС СТОРЕНИХ ПРОГРАМ.....	35
4.1. Програма <code>ShapeEditor</code>	35
4.2. Програма <code>SpringModel</code>	37
ВИСНОВКИ	40
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	41
ДОДАТКИ.....	44
Додаток А. Код класу <code>Mass</code>	44
Додаток Б. Код класу <code>Spring</code>	45
Додаток В. Код класу <code>Solid</code>	46
Додаток Г. Код програми <code>ShapeEditor</code>	50
Додаток Д. Код програми <code>SpringModel</code>	55

ВСТУП

Нас оточує різноманітний і дивовижний світ механіки, який є досконало вивченим. Нам залишається лише візуалізувати взаємодію частинок, врахувавши при цьому встановлені закономірності. Серед багатьох механічних систем можливість візуалізації руху викликали кульки, з'єднані пружинами.

Системи, засновані на вивченні руху набору кульок, з'єднаних пружинами (так звані мас-пружинні системи), дуже активно використовуються в різних галузях сучасного математичного моделювання, постійно ставлячи перед їх дослідниками нові завдання. Важливою перевагою цих моделей є можливість продемонструвати основні принципи математичного моделювання: заміна складного явища або процесу набором простих схем, які потім уточнюються, розвиваються і, врешті-решт, дозволяють досягти потрібного рівня адекватності.

Прикладом такого підходу є розгляд ієрархічного ланцюжка моделей системи кулька-пружина у [23]. Ці моделі виходять одна з іншої при послідовній відмові від припущень, які ідеалізують об'єкт, що вивчається: вивчаються різні варіанти діючих на систему зовнішніх сил, змінюються точки кріплення пружини і властивості закріплення, приймається до уваги сила тертя різної природи а також нелінійність властивостей пружин. В одних випадках такі ускладнення не вносять нічого нового у поведінку системи, в інших – її властивості змінюються істотно. Шлях «від простого до складного» дає можливість поетапно вивчати все більш реалістичні моделі та порівнювати їх властивості.

Процес побудови математичної моделі дає змогу досконаліше проаналізувати та зрозуміти характеристики досліджуваного об'єкту для створення комп'ютерної візуалізації його поведінки.

Об'єктом дослідження є пружинна модель твердого тіла.

Предметом дослідження є бібліотека VPython для створення найпростіших 3D-моделей.

Мета: дослідити методи моделювання динаміки механічних систем для відображення їх динаміки у вигляді комп'ютерної анімації.

Завдання дослідження полягає у розробці комп'ютерної візуалізації механічної системи.

Робота складається з чотирьох розділів. Теоретичні аспекти дослідження розкриті у розділах 1 та 2. У розділі 1 зроблено огляд сфер застосування мас-пружинних систем. Розділ 2 містить три підрозділи, які розкривають зміст поставленої задачі, методи її математичного вирішення та реалізацію розробленої математичної моделі за допомогою бібліотеки `scipy` середовища `VPython`, що є предметом дослідження в даній роботі. Практична реалізація завдання детально описана у розділах 3 та 4. Розділ 3 присвячений візуалізації пружинної моделі твердого тіла, містить три підрозділи, в яких формулюється завдання, описуються класи та бібліотека `VPython`. Розділ 4 поділений на два підрозділи в яких описується робота створених програм `ShapeEditor` та `SpringModel`. У додатках А-Д наведено код створених класів та програм.

ВИСНОВКИ

При виконанні дипломної роботи виконані наступні завдання:

1. Проаналізовані різні чисельні методи розв'язування задачі Коши;
2. Розглянута бібліотека 3D моделювання VPython 7;
3. Розроблена програма моделювання пружинної моделі твердого тіла SpringModel та простий редактор ShapeEditor з використанням мови програмування Python;

За результатами роботи можна зробити наступні висновки:

1. Мова програмування Python та бібліотека VPython 7 придатні для створення простих інтерактивних 3D-моделей, для використання у навчальному процесі та у науковій діяльності.
2. Набір віджетів бібліотеки VPython має всі необхідні елементи, але не дуже зручний для побудови складних розвинутих інтерфейсів. Нажаль, спроби інтегрувати 3D-сцену у вікно tkinter виявилися невдалими.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Blickhan R. The spring-mass model for running and hopping // J. Biomechanics. – 1989. – Vol. 22, № 11/12. – Pp. 1217–1227. doi: 10.1016/0021-9290(89)90224-8
2. Cromer A. Stable solutions using the Euler approximations // American Journal of Physics. – 1981. – Vol. 49. – Pp. 455–459. doi: 10.1119/1.12478
3. De la Cruz S. T., Rodriguez M. A., Hernández V. Using Spring-Mass Models to Determine the Dynamic Response of Two-Story Buildings Subjected to Lateral Loads [Електронний ресурс] // Proceedings of the 15th World Conference on Earthquake Engineering, Lisbon, 2012. – Vol. 31. – Pp. 24719–24726. URL: <http://toc.proceedings.com/24574webtoc.pdf> (дата звернення 03.06.2022)
4. Differential Equation: Modeling: Example: Spring Mass [Електронний ресурс]. – URL:http://www.sharetechnote.com/html/DE_Modeling_Example_SpringMass.html 1 (дата звернення 03.06.2022)
5. Gezerlis A. Numerical Methods in Physics with Python. – Cambridge University Press, 2020. – 586 p.
6. Giovanni Moruzzi Essential Python for the Physicist. – Springer, 2020. – 304 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-45027-4>
7. GlowScript VPython and VPython 7. Documentation [Електронний ресурс] – URL:<https://www.glowscript.org/docs/VPythonDocs/index.html> (дата звернення 03.06.2022)
8. Jakobsen T. Advanced Character Physics. [Електронний ресурс] – URL: https://www.researchgate.net/publication/228599597_Advanced_character_physics (дата звернення 03.06.2022)
9. Jarrousse O. Modified Mass-Spring System for Physically Based Deformation Modeling. KIT Scientific Publishing, 2012. 222 p. [Електронний ресурс]. – URL: <https://www.ksp.kit.edu/9783866447424> (дата звернення 03.06.2022)
10. Kiusalaas J. Numerical Methods in Engineering with Python 3. – Cambridge University Press, 2013. – 422 p.
11. Kong Q., Siau T., Bayen A. Python Programming and Numerical Methods: A Guide for Engineers and Scientists. – Academic Press, 2020. – 480 p.

- 12.Landau R.H., Pбez M. J. Computational Problems for Physics with Guided Solutions Using Python. – CRC Press, 2018. – 389 p.
- 13.Linge S., Langtangen H. P. Programming for Computations – Python. Second ed. – Springer, 2020. – 224 p.
- 14.Morgan W.A., English L.Q. VPython for Introductory Mechanics: Complete Version [Электронный ресурс] – URL: <https://scholar.dickinson.edu/vpythonphysics/1> (дата звернення 03.06.2022)
- 15.Olenick R., Case D., Peping E., Spearman W. VPython Simulations in a Computational Physics Course [Электронный ресурс] – URL: <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3661.7202> (дата звернення 03.06.2022)
- 16.Philhour B. Physics through GlowScript – an Introductory Course [Электронный ресурс] – URL: <https://bphilhour.trinket.io/physics-through-glowscript-an-introductory-course> (дата звернення 03.06.2022)
- 17.Pravdin S., Ushenin K., Sozykin A., Solovyova O. Human heart simulation software for parallel computing systems // Procedia Computer Science. – 2015. – Vol. 66. – Pp. 402–41. doi: 10.1016/j.procs.2015.11.046
- 18.Schroeder D. V. Physics Simulations in Python: [Электронный ресурс]. – URL: <https://physics.weber.edu/schroeder/scicomp/PythonManual.pdf> (дата звернення 03.06.2022)
- 19.Verlet L. Computer experiments on classical fluids. I. Thermodynamical properties of Lennard-Jones molecules // Physical Review. – 1967. – Vol. 159, № 1. – Pp. 98–103. doi: 10.1103/PhysRev.159.98
- 20.Wang J. Computational modeling and visualization of physical systems with Python. – Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2015. – 475 p.
- 21.Weichen Qiu VPython – Visual Python, [Электронный ресурс] – URL: <https://engcourses-uofa.ca/wp-content/uploads/Visual-Python-VPython-ver-2.pdf> (дата звернення 03.06.2022)
- 22.Авдюшев В.А. Численное моделирование орбит небесных тел. – Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2015. – 336 с.

23. Асланов В. С., Алексеев А. В. Концепции математического моделирования механических систем и процессов. – Самара: Изд-во Самарского университета, 2017. – 128 с.
24. Вабищевич П.Н. Численные методы: Вычислительный практикум. – М.: Едиториал УРСС, 2021. – 320 с.
25. Забавникова Т.А. Масс - пружинные модели физики твердого тела в МАТЛАБ R19b и Simulink [Электронный ресурс] – URL: <https://hub.exponenta.ru/post/mass-pruzhinnye-modeli-fiziki-tverdogo-tela-v-matlab-r19b-i-simulink567> (дата звернения 03.06.2022)
26. Николаев С. Н. Нелинейная система масс-с-пружинками для моделирования больших деформаций мягких тканей // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2013, № 5 (87). – С. 88–93.
27. Поттер Д. Вычислительные методы в физике. – М.: Мир, 1975. – 392 с.
28. Страшнов Е. В., Торгашев М. А., Тимохин П. Ю. Моделирование пружин в системах виртуального окружения с помощью метода мягких ограничений // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2017. – Выпуск 3. – С. 70–78.
29. Сусликов П. И., Фроловский В. Д. Модели, методы, алгоритмы построения квазиразверток поверхностей // Евразийский Союз Ученых = Eurasian Union of Scientists. – 2015. – № 4 (13), ч. 5. – С. 54–56.
30. Канал «Let's code|Physics», плейлист “VPython for beginners” [Электронный ресурс] – URL: https://www.youtube.com/playlist?list=PLdCdV2GBGyXOnMaPS1BgO7IOU_00ApuMo (дата звернения 03.06.2022)