

УДК 53(07):004

DOI <https://doi.org/10.32782/pet-2022-2-9>

**Вадим МУЛЯР**

кандидат педагогічних наук, доцент кафедри експериментальної фізики, інформаційних та освітніх технологій, Волинський національний університет імені Лесі Українки, пр. Волі 13, м. Луцьк, Україна, 43025  
**ORCID ID:** <https://orcid.org/0000-0003-4774-3947>

**Світлана ЯЦЮК**

кандидат педагогічних наук, доцент кафедри загальної математики та методики навчання інформатики, декан факультету інформаційних технологій і математики, Волинський національний університет імені Лесі, пр. Волі 13, м. Луцьк, Україна, 43025  
**ORCID ID:** <https://orcid.org/0000-0002-8369-6060>  
**SCOPUS-AUTHOR ID:** 57221874892

**Валентина ЮНЧИК**

старший викладач кафедри загальної математики та методики навчання інформатики, заступник декана з навчально-методичної роботи факультету інформаційних технологій і математики, Волинський національний університет імені Лесі, пр. Волі 13, м. Луцьк, Україна, 43025  
**ORCID ID:** <https://orcid.org/0000-0003-3500-1508>  
**SCOPUS-AUTHOR ID:** 57218347265

**Бібліографічний опис статті:** Муляр, В., Яцюк, С., Юнчик, В. (2022). Комп'ютерне моделювання у підготовці майбутніх вчителів фізики, математики та інформатики. *Фізика та освітні технології*, 2, 61–69, doi: <https://doi.org/10.32782/pet-2022-2-9>

## КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ У ПІДГОТОВЦІ МАЙБУТНІХ ВЧИТЕЛІВ ФІЗИКИ, МАТЕМАТИКИ ТА ІНФОРМАТИКИ

У статті розкрито дидактичні можливості комп'ютерного моделювання у процесі професійної підготовки майбутніх вчителів фізики, математики та інформатики. Встановлено, що на сучасному етапі інформатизації освіти важливе місце посідають міждисциплінарні знання, нові інформаційні технології та вміння їх застосування в освітньому процесі. З огляду на це, підготовка сучасного, здатного до навчання протягом всього життя фахівця неможлива без уміння застосовувати наукові методи пізнання в освітньому процесі, здійснювати інтегроване навчання учнів. Встановлено, що розвиток фізики та інших наук відбувається в тісній єдності з розвитком методу моделювання. Моделювання в освітньому процесі одночасно виступає методом наукового пізнання, є частиною змісту навчального матеріалу різних дисциплін (предметів) та ефективним засобом їх вивчення. Особливо зросла роль в науці й освітньому процесі методу моделювання із появою комп'ютерних моделей. Використовуючи моделі, які реалізовані за допомогою програмних засобів, дослідник може змінювати відповідні параметри досліджуваного об'єкта, встановлювати функціональні залежності між відповідними величинами тощо. Поряд з тим, для оволодіння моделюванням як методом наукового пізнання студенту (учневі) недостатньо ознайомитись із поняттями моделі та моделюванням, проводити дослідження із використанням комп'ютерних моделей. Потрібно, щоб студенти (учні) були залучені до процесу створення комп'ютерних моделей. Це дозволить студентам (учням) ознайомитись з етапами побудови комп'ютерних моделей, глибше зрозуміти суть логічних відношень між оригіналом і комп'ютерною моделлю. Встановлено, що одним із інструментів створення комп'ютерних моделей на мові програмування Java є технологія JavaFX. Вона дозволяє створювати додатки з використанням візуальних ефектів, трансформації та анімації зображень, декларативного способу опису інтерфейсу за допомогою мови розмітки FXML, стилізації інтерфейсу за допомогою CSS та ін. Проілюстровано процес створення комп'ютерної моделі на основі JavaFX у лабораторній роботі «Рух молекул газу під дією сили тяжіння», яку студенти виконують при вивченні курсу «Моделювання фізичних явищ і процесів».

**Ключові слова:** JavaFX, інформаційна компетентність, моделювання, комп'ютерне моделювання, комп'ютерна модель.

**Vadym MULIAR**

*Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor at the Department of Experimental Physics, Information and Educational Technologies, Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Voli Ave., Lutsk, Ukraine, 43025*  
**ORCID ID:** <https://orcid.org/0000-0003-4774-3947>

**Svitlana YATSIUK**

*Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor at the Department of General Mathematics and Teaching Methods of Informatics, Dean of the Faculty of Information Technologies and Mathematics, Lesya Volyn National University, 13 Voli Ave., Lutsk, Ukraine, 43025*  
**ORCID ID:** <https://orcid.org/0000-0002-8369-6060>  
**SCOPUS-AUTHOR ID:** 57221874892

**Valentina YUNCHYK**

*Senior Lecturer at the Department of General Mathematics and Computer Science Teaching Methods, Deputy Dean for Educational and Methodological Work of the Faculty of Information Technologies and Mathematics, Lesya Volyn National University, 13 Voli Ave., Lutsk, Ukraine, 43025*  
**ORCID ID:** <https://orcid.org/0000-0003-3500-1508>  
**SCOPUS-AUTHOR ID:** 57218347265

**To cite this article:** Muliar, V., Yatsiuk, S., Yunchyk, V. (2022). Komp'юттерне modeliuвання u pidhotovtsi maibutnikh vchyteliv fizyky, matematyky ta informatyky [Computer simulation in the training of future teachers of physics, mathematics and informatics]. *Physics and Educational Technology*, 2, 61–69, doi: <https://doi.org/10.32782/pet-2022-2-9>

## COMPUTER SIMULATION IN THE TRAINING OF FUTURE TEACHERS OF PHYSICS, MATHEMATICS AND INFORMATICS

*The article reveals the didactic possibilities of computer modeling in the process of professional training of future teachers of physics, mathematics and computer science. It was established that at the current stage of informatization of education, interdisciplinary knowledge, new information technologies and the ability to use them in the educational process occupy an important place. The preparation of a modern specialist capable of lifelong learning is impossible without the ability to apply scientific methods of cognition in the educational process, to carry out integrated training of students. It is established that the development of physics and other sciences takes place in close unity with the development of the modeling method. Modeling in the educational process simultaneously acts as a method of scientific knowledge, is part of the content of the educational material of various disciplines (subjects) and an effective means of their study. The role of the modeling method in the science and educational process has especially increased with the advent of computer models. Using models that are implemented with the help of software, the researcher can change the relevant parameters of the object under study, establish functional dependencies between the relevant values, etc. At the same time, in order to master modeling as a method of scientific knowledge, it is not enough for a student (pupil) to familiarize himself with the concepts of model and modeling, to conduct research using computer models. It is necessary that students (pupils) be involved in the process of creating computer models. This will allow students (pupils) to familiarize themselves with the stages of building computer models, to better understand the essence of the logical relationship between the original and the computer model. It has been established that one of the tools for creating computer models in the Java programming language is the JavaFX technology. It allows you to create applications using visual effects, image transformation and animation, a declarative way of describing the interface using the FXML markup language, styling the interface using CSS, etc. The process of creating a computer model based on JavaFX is illustrated in the laboratory work "Movement of gas molecules under the influence of gravity", which students perform while studying the course "Modeling of physical phenomena and processes".*

**Key words:** JavaFX, information competence, simulation, computer simulation, computer model.

**Актуальність проблеми.** Становлення сучасної системи освіти неможливе без підготовки для неї спеціалістів нового покоління – вчителів, здатних у своїй практичній діяльності реалізувати нову освітню парадигму. Безперерв-

ний професійний розвиток учителя тісно пов'язаний із його здатністю використовувати інновації у професійній діяльності, умінням застосовувати наукові методи пізнання в освітньому процесі, здатністю здійснювати інтегро-

ване навчання учнів. Інструментом забезпечення успіху нової української школи має стати наскрізне застосування в освітньому процесі інформаційно-комунікаційних технологій, які суттєво розширяють можливості педагога щодо формування в учня важливих для нашого сторіччя інформаційних компетентностей. Важливою складовою інформаційної компетентності вчителя є його здатність будувати інформаційні моделі й досліджувати їх за допомогою засобів інформаційно-комунікаційних технологій. Учитель має формувати в учнів інформаційну компетентність, яка у галузі «Природничі науки» передбачає здатність ідентифікувати (розпізнати) та побудувати адекватні форми й моделі (схеми) довколишньої дійсності, розробляти гіпотези й перевіряти їхню достовірність шляхом дослідження, експериментування й апробації (Овчарук, 2004, с. 23). Розв'язання цієї проблеми важко уявити без використання в освітньому процесі методу моделювання, оскільки сам процес формування знань пов'язаний із перетворенням у свідомості учня (студента) одних моделей в інші, які є похідними від перших, але точнішими, з більшим наближенням до абсолютної істини (Калапуша, 2007, с. 4).

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблемі підготовки майбутніх вчителів фізики, математики та інформатики із застосуванням комп'ютерного моделювання присвячено дослідження С. Семерікова, А. Аданнікова, Р. Горбатюка, М. М'ястковської та ін. У дослідженнях П. Афанасьєва, Ю. Галатюка, Л. Калапуші, Ю. Коварського, Ю. Саурова, В. Фоменка, Д. Шодієва досліджено застосування моделей в освітньому процесі з фізики. Аналіз вітчизняних та зарубіжних досліджень показує, що на сучасному етапі інформатизації освіти на перше місце виступають саме загальнотеоретичні, фундаментальні та міждисциплінарні знання, а не технологічні, утилітарні знання та вміння із застосування нових інформаційних технологій в освітньому процесі. Ми поділяємо думку С. Семерікова про те, що фундаменталізація предметної підготовки майбутніх вчителів інформатики та фахівців у галузі інформаційних технологій є актуальною задачею сучасної вищої освіти, оскільки однією з основних особливостей інформаційного суспільства є той факт, що в ньому «покоління речей та ідей змінюються швидше, ніж покоління людей» (Семе-

ріков, 2009, с. 13). Ми згодні з Р. Горбатюком, що впровадження комп'ютерного моделювання у підготовку майбутніх фахівців є важливим чинником підвищення ефективності освітнього процесу у вищій школі. Дослідник вважає, що у процесі вивчення дисциплін із застосуванням імітаційного комп'ютерного моделювання студенти виступають суб'єктами пізнання явищ, процесів і законів природи та технологічних систем (Горбатюк, 2015). М. М'ястковська розглядає комп'ютерне моделювання як ефективний метод посилення міждисциплінарних зв'язків. На її думку, вивчення майбутніми вчителями математики та інформатики навчальної дисципліни «Основи комп'ютерного моделювання» сприяє формуванню у студентів дослідницьких вмінь, необхідних в їхній майбутній професійній діяльності, удосконаленню навичок використання програмних засобів для створення комп'ютерних моделей, поглибленню знань програмного матеріалу з математичних, фізичних та інформаційних дисциплін (М'ястковська, 2014).

**Метою статті** є дослідження проблеми підвищення ефективності освітнього процесу шляхом упровадження комп'ютерного моделювання у професійну підготовку майбутніх вчителів фізики, математики та інформатики.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Як відомо, у процесі пізнання і практичної діяльності людина широко застосовує різноманітні моделі. Створення і дослідження моделей позначається одним словом – моделювання. Основний зміст моделювання полягає в тому, щоб на результатами дослідів із моделями можна отримати потрібну інформацію про досліджуваний об'єкт, безпосереднє вивчення якого становить значні труднощі або зовсім неможливе. У наукових дослідженнях сфера застосування моделей також досить широка й багатогранна. Математика й логіка, фізика й хімія, астрономія і біологія, економіка й лінгвістика, дослідження процесів мислення та побудова на цій основі сучасних комп'ютерних систем – такий далеко не повний перелік головних напрямів використання різноманітних моделей у науці (Калапуша, 2007, с. 6).

Усі моделі, які використовує людина у процесі пізнання і практичній діяльності, можна поділити на два великі класи залежно від того, якими засобами здійснюється моделювання: а) матеріальні (речові) моделі; мислені

(ідеальні) моделі. До першого класу належать моделі, які зібрані з речових елементів, змонтованих у реально функціонуючий агрегат. Другий клас – це мислені моделі, що складаються з наочно поданих або логічно осмислених елементів, між якими існують відповідні законні зв'язки. Кожен із цих класів моделей можна поділити ще на кілька видів. Матеріальні моделі, а отже й матеріальне моделювання, поділяють на натурне, фізичне й математичне. За останні кілька десятиліть появилися нові математичні моделі, які назвали комп'ютерними. Комп'ютерна модель – це модель, яка реалізована за допомогою програмних засобів. Вона поєднує в собі властивості матеріального та мисленого математичного моделювання (Калапуша, 2007, с. 12). Комп'ютерні моделі зазвичай розрізняють за програмним забезпеченням, яке застосовується під час роботи з моделлю. Для обробки комп'ютерних моделей використовуються існуючі програмні засоби (математичні пакети, електронні таблиці, графічні редактори тощо) або розробляються оригінальні програми за допомогою мов програмування (C++, Java, Python, Delphi тощо).

Виходячи з актуальності застосування комп'ютерних моделей у науці й освітньому процесі в навчальний план підготовки бакалаврів за спеціальністю 014 Середня освіта (Фізика) у Волинському національному університеті імені Лесі Українки введено курс «Моделювання фізичних явищ і процесів». Він охоплює два змістові модулі: «Моделювання. Основи розробки додатків на мові Java» та «Комп'ютерна графіка. Створення комп'ютерних моделей».

У першому модулі розкривають поняття «модель», розглядають класифікацію моделей, ознайомлюють студентів із комп'ютерним моделюванням, розкривають суть комп'ютерного експерименту, формують вимоги до моделей, ознайомлюють із етапами побудови та дослідження моделі. Проводять огляд засобів моделювання, ознайомлюють із основами програмування на мові Java, розкривають можливості технології JavaFX для розробки настільних і мережевих додатків.

У другому модулі ознайомлюють студентів із графічними можливостями JavaFX. Розглядають компоненти відображення графічної інформації, зв'язок між натуральними координатами точки та координатами на екрані.

Важливою умовою формування професійних компетенцій, що дозволяють самостійно формувати навички комплексного застосування технології JavaFX до вирішення прикладних завдань у професійній діяльності, є лабораторний практикум з комп'ютерного моделювання фізичних явищ і процесів.

Для створення комп'ютерних моделей використовується мова програмування Java та її платформа JavaFX. Вона дозволяє розробникам проектувати, створювати, тестувати, налагоджувати і розгортати насичені клієнтські додатки як для вбудованих, так і для настільних систем. JavaFX-додаток містить форми та елементи керування. Для опису компоновки елементів управління в JavaFX застосовується мова розмітки FXML. Файли FXML-документів можна створити вручну або за допомогою інструментального засобу Scene Builder. Зовнішній вигляд інтерфейсу користувача можна змінити із застосуванням таблиць стилів CSS (Машнін, 2012).

Розглянемо можливості технології JavaFX на прикладі лабораторної роботи «Рух молекул газу під дією сили тяжіння», яку студенти виконують у межах вивчення курсу «Моделювання фізичних явищ і процесів». Перед її виконанням студенти ознайомлюються із основними етапами розробки JavaFX-додатків із використанням конструктора макетів Scene Builder, створюють проєкт *model* і головну форму графічних побудов (Муляр, 2020).

#### **Лабораторна робота. Рух молекул газу під дією сили тяжіння**

**Мета:** ознайомитися з методом опису стану системи матеріальних точок на прикладі програми моделювання руху молекул газу в прямокутній посудині, яка розміщена в однорідному гравітаційному полі.

Приклад створення додатку

**Завдання.** Задано систему, яка складається з  $N$  матеріальних точок із масами  $m_i$  ( $i = 1, 2, \dots, N$ ), які взаємодіють одна з одною внутрішніми силами. На кожну з них діє зовнішня сила. За початковими координатами  $x_i$ ,  $y_i$  та швидкостями  $v_{xi}$ ,  $v_{yi}$  визначте координати та швидкості матеріальних точок у наступні моменти часу. Побудуйте комп'ютерну модель, яка ілюструє рух молекул газу.

**Розв'язання.** Розглянемо механічну систему, яка складається з  $N$  матеріальних точок масами  $m_1, m_2, \dots, m_N$ . Основний закон динаміки:

$$m_i \frac{d^2 \vec{r}_i}{dt^2} = \vec{F}_i + \sum_{j=1}^N \vec{F}_{ij}, \quad i = 1, \dots, N,$$

де  $F_{ij}$  – внутрішня сила, що діє на  $i$ -у матеріальну точку з боку  $j$ -ї матеріальної точки;  $F_i$  – рівнодійна зовнішніх сил, що діють на  $i$ -у матеріальну точку з боку тіл, які не входять у систему.

Диференціальне рівняння другого порядку може бути представлено двома диференціальними рівняннями першого порядку. Маємо:

$$\frac{d\vec{v}_i}{dt} = \vec{a}_i, \quad \frac{d\vec{r}_i}{dt} = \vec{v}_i,$$

$$\vec{a}_i = \frac{1}{m_i} \left( \vec{F}_i + \sum_{j=1}^N \vec{F}_{ij} \right), \quad i = 1, \dots, N.$$

Знаючи зовнішні та внутрішні сили, які діють на кожен матеріальну точку, можна визначити їхнє прискорення. За координатами і швидкостями точки в момент часу  $t$  можна розрахувати координати та швидкості точки в наступний момент часу  $t + \Delta t$ .

Оскільки будь-яка механічна система – це сукупність взаємодіючих матеріальних точок, то ця модель широко використовується у фізиці й охоплює велику кількість механічних систем. Крім моделювання одновимірного та двовимірного руху матеріальної точки, цей метод дає змогу вивчити рух двох частинок, які притягуються або відштовхуються, абсолютно пружний і непружний центральні удари, абсолютно пружний і непружний нецентральні удари, рух частинки в центральній-симетричному полі іншої частинки, рух молекул газу, дифузія, рух планет навколо Сонця, рух взаємодіючих частинок в однорідному полі, рух взаємодіючих частинок у центральній-симетричному полі.

Побудуємо алгоритм моделі.

1. Задають число матеріальних точок  $N$ , їх маси  $m_i$ , координати  $x_i, y_i$  та проекції початкових швидкостей  $v_{ix}, v_{iy}$ , силове поле  $F_x = F_x(x, y)$ ,  $F_y = F_y(x, y)$ , а також крок за часом  $\Delta t$ .

2. Початок циклу за  $t$ . Надають приріст за часом: змінній  $t$  привласнюють значення  $t + \Delta t$ .

3. Визначають проекції  $F_{xi}, F_{yi}$  рівнодійної всіх зовнішніх і внутрішніх сил, які діють на кожен  $i$ -у матеріальну точку в момент  $t + \Delta t$ , і записують їх у масиви.

4. У циклі визначають координати всіх матеріальних точок, записуючи їх у масиви  $xx[i], yy[i]$ .

5. У циклі перебирають усі матеріальні точки й визначають проекції прискорення, швидкості та координати для кожної з них у момент  $t + \Delta t$ :

$$a_{xi}(t + \Delta t) = \frac{F_{xi}(t + \Delta t)}{m_i},$$

$$v_{xi}(t + \Delta t) = v_{xi}(t) + a_{xi}(t + \Delta t) \cdot \Delta t,$$

$$x_i(t + \Delta t) = x_i(t) + v_{xi}(t + \Delta t) \cdot \Delta t.$$

За аналогічними формулами обчислюють проекції на вісь  $OY$ . Результати записують у масиви  $x[i], y[i], vx[i], vy[i]$ .

6. Стирають зображення матеріальних точок у попередній момент часу  $t$ , координати яких збережені в масивах  $xx[i], yy[i]$ .

7. На екрані будують точки в наступний момент  $t + \Delta t$ , або рисують графіки чи виводять результат у числовому вигляді.

8. Повернення до операції 2. Якщо цикл за  $t$  закінчився – вихід із циклу.

Нижче наведено код програми, яка моделює рух 50 молекул газу в прямокутній посудині, яка знаходиться в однорідному гравітаційному полі.

Розміщення компонентів на формі й створення обробників подій

1. Відкрийте проєкт *model*. У меню *Файл* виберіть *Створити файл | JavaFX | EmptyFXML*, натисніть кнопку *Далі*. Дайте назву FXML-файлу *FXMLGas*, натисніть кнопку *Далі*. Встановіть прапорець *Use Java Controller* і натисніть кнопку *Далі*. Натисніть кнопку *Готово*. В результаті середовищем *NetBeans* буде згенеровано два файли – *FXMLGas.fxml* і *FXMLGasController.java*.

2. Відкрийте файл *FXMLGasController.java*. Встановіть, що клас *FXMLGasController* є розширенням класу *FXMLAllController*:

```
public class FXMLGasController extends FXMLAllController implements Initializable
```

3. Відкрийте файл *FXMLGas.fxml* у середовищі *JavaFX Scene Builder*. У меню *File* виберіть *Import | FXML*, виберіть зі списку файл *FXMLAll.fxml* і натисніть кнопку *Відкрити*. Змініть макет FXML-файлу як показано на рис. 1.

4. У меню *View* виберіть *Show Sample Controller Skeleton*. Виберіть у вікні діалогу наступний текст.

```
@FXML
private Button buttonMainPane;
@FXML
private Button buttonStart;
```

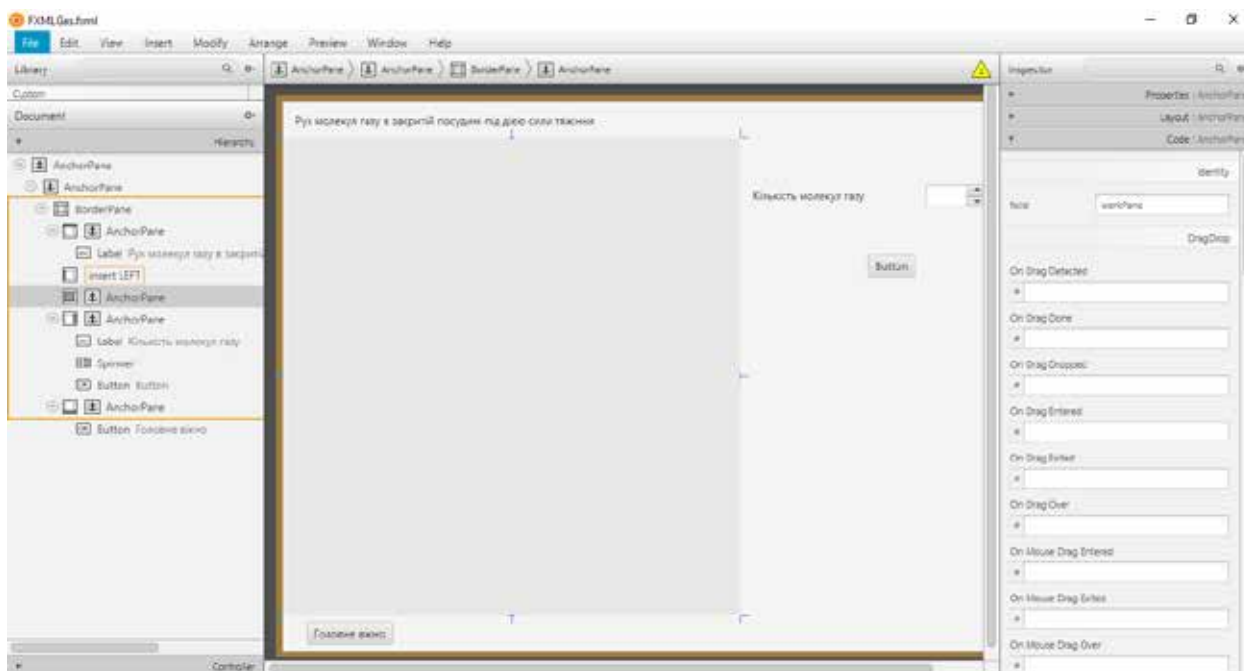


Рис. 1. Макет файлу FXMLGas.fxml у середовищі JavaFX Scene Builder

```
@FXML
private Spinner<?> spinner1;
@FXML
void buttonMainPaneOnAction(ActionEvent
event) {
}
@FXML
void buttonStartOnAction(ActionEvent event) {
}
```

Вставте виділений код в *public class FXMLGasController extends FXMLAllController implements Initializable { ...}*. Далі замініть *Spinner<?>* на *Spinner<Integer>* для змінної *spinner1*.

5. Відкрийте файл *FXMLModel.fxml* у середовищі *JavaFX Scene Builder*. Додайте в меню «Модель» *MenuItem* «Рух молекул газу під дією сили тяжіння». Далі перейдіть на вкладку *Code* і для цього компонента в полі *fx:id* установіть значення *menuItemGas*, а в полі *On Action* задайте значення *menuItemGasOnAction*.

У меню *View* виберіть *Show Sample Controller Skeleton*. У вікні діалогу виберіть наступний текст.

```
@FXML
private MenuItem menuItemGas;
@FXML
void menuItemGasOnAction(ActionEvent
event) {
}
```

Перейдіть у файл *FXMLModelController.java*. Вставте виділений код в *public class FXMLModelController extends FXMLAllController implements Initializable { ...}*. Далі помістіть у метод *menuItemGasOnAction* наступний код.

```
root.getChildren().clear();
root.getChildren().add((AnchorPane)
FXMLLoader.load(getClass().
getResource("FXMLGas.fxml")));
```

6. Поверніться у файл *FXMLGasController.java*. Внесіть зміни в метод *buttonMainPaneOnAction* за наведеним нижче.

```
@FXML
void buttonMainPaneOnAction(ActionEvent
event) throws IOException {
root.getChildren().clear();
root.getChildren().add((AnchorPane)
FXMLLoader.load(getClass().
getResource("FXMLModel.fxml")));
}
```

7. Додайте в *public void initialize(URL url, ResourceBundle rb) { ...}* наступний код.

```
SpinnerValueFactory<Integer> valueFactory1
=
new SpinnerValueFactory.
IntegerSpinnerValueFactory(40, 60, 50);
spinner1.setValueFactory(valueFactory1); //
кількість молекул газу
```

```
bottomPane.toFront();
bottomPane.setLayoutY(root.getPrefHeight()-
bottomPane.getPrefHeight());
rightPane.toFront();
rightPane.setLayoutX(root.getPrefWidth()-
rightPane.getPrefWidth());
```

8. Додайте в `public class FXMLGasController` extends `FXMLAllController` implements `Initializable` {...} наступний код.

```
private final double r = 2;
private final double dt = 0.01;
double[] m = new double[200];
double[] Fx = new double[200];
double[] Fy = new double[200];
double[] x = new double[200];
double[] y = new double[200];
double[] vx = new double[200];
double[] vy = new double[200];
double[] xx = new double[200];
double[] yy = new double[200];
Circle[] circle = new Circle[50];
int N, i, j;
double ax, ay, F, l;
// Функція Forces()
void Forces(){
for (i = 0; i < N; i++){
Fx[i] = 0;
Fy[i] = 0;
}
for (i = 0; i < N; i++){
for (j = 1; j < N; j++){
if (j != i){
l = Math.sqrt(Math.pow((x[i] - x[j]), 2) + Math.
pow((y[i] - y[j]), 2));
if (l < r) l = r;
F = -50000 * m[i] * m[j] / Math.pow(l, 2) +
500000 * m[i] * m[j] / Math.pow(l * l, 2);
Fx[i] = Fx[i] + F * (x[i] - x[j]) / l;
Fy[i] = Fy[i] + F * (y[i] - y[j]) / l + m[i] * 10;
}}}
```

9. Вставте в метод `void buttonStartOnAction(ActionEvent event)` наступний код.

```
workPane.getChildren().clear();
N = spinner1.getValue(); // кількість молекул
газу
// Початкові умови
for (i = 0; i < N; i++){
m[i] = 2;
x[i] = r+Math.random()*(workPane.
getPrefWidth()-r);
```

```
y[i] = r+Math.random()*(workPane.
getPrefHeight()-r);
vy[i] = Math.random()*30 - 30;
vx[i] = Math.random()*30 - 30;
}
```

```
// Створення масиву молекул газу
for (i=0; i<N; i++){
circle[i] = new Circle();
circle[i].setRadius(r);
circle[i].setCenterX(x[i]);
circle[i].setCenterY(y[i]);
circle[i].setVisible(false);
workPane.getChildren().add(circle[i]);
}
```

```
//Анімація руху молекул
Timeline timeline = new Timeline(
new KeyFrame(Duration.seconds(0),e -> {
Forces(); // Обчислюємо сили (Forces)
for (i = 0; i < N; i++){
xx[i] = x[i];
yy[i] = y[i];
ax = Fx[i] / m[i];
ay = Fy[i] / m[i];
vx[i] = vx[i] + ax * dt;
vy[i] = vy[i] + ay * dt;
x[i] = x[i] + vx[i] * dt;
y[i] = y[i] + vy[i] * dt;
if ((x[i] < r) || (x[i] > workPane.getPrefWidth()
- r)) vx[i] = -vx[i];
if ((y[i] < r) || (y[i] > workPane.getPrefHeight()
- r)) vy[i] = -vy[i];
}
for (i=0; i<N; i++){
circle[i].setCenterX(x[i]);
circle[i].setCenterY(y[i]);
circle[i].setVisible(true);
}
}),
new KeyFrame(Duration.seconds(0.05),e -> {
for (i=0; i<N; i++){
circle[i].setCenterX(xx[i]);
circle[i].setCenterY(yy[i]);
circle[i].setVisible(false);
}
}
});
```

```
timeline.setCycleCount(Animation.
INDEFINITE);
timeline.play();
```

10. Збережіть і виконайте проєкт. Виберіть `Модель | Рух молекул газу під дією сили тяжіння` і на екрані з'явиться вікно як наведено нижче.

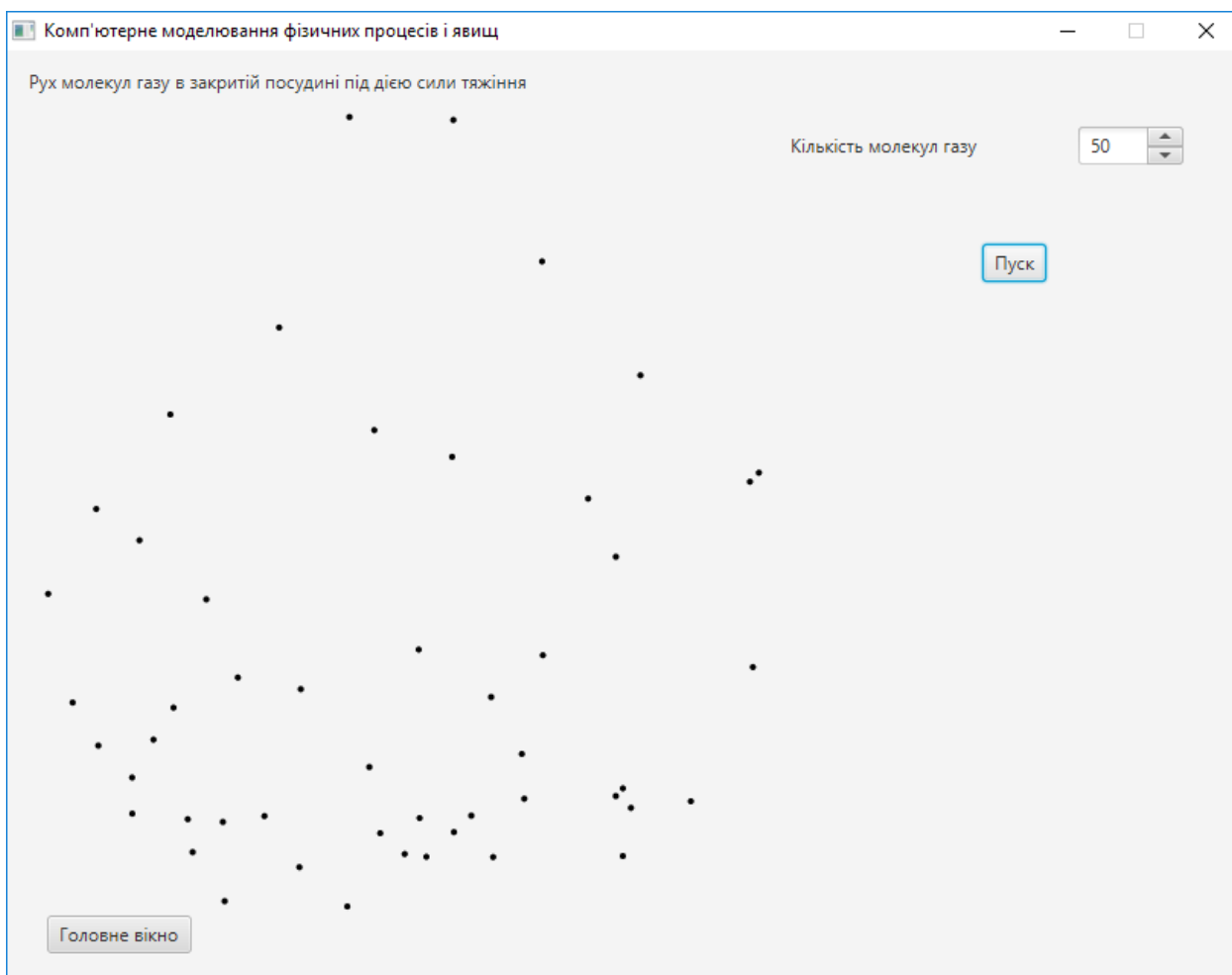


Рис. 2. Модель «Рух молекул газу під дією сили тяжіння»

У процесі виконання лабораторної роботи студенти ознайомлюються з основними етапами створення комп'ютерних моделей, основами проєктування та розробки користувацьких інтерфейсів засобами JavaFX із використанням сучасних інтегрованих середовищ програмування.

**Висновки і перспективи подальших досліджень.** Якісна підготовка фахівців потребує творчого підходу викладачів закладів вищої освіти до вибору змісту, форм, методів і засобів навчання, максимального використання досягнень сучасної інформаційних та освітніх технологій. Останні мають бути орієнтованими на оволодіння систем-

ним знанням та формування цілісної природничо-наукової та інформаційної картини світу. Генезис методу моделювання нерозривно пов'язаний з розвитком як фізики так і інших наук, тому цей метод є невід'ємним складником змісту освітніх компонент у вищій та середній школі. Ознайомлення студентів із елементами теорії моделювання дасть їм можливість осмислити суть поняття «модель», зрозуміти зміст методу моделювання, формуватиме здатність будувати та досліджувати моделі, в т. ч. і комп'ютерні. А це, в свою чергу, сприятиме підвищенню рівня підготовки майбутніх вчителів фізики, математики та інформатики.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Горбатюк Р.М. Комп'ютерне моделювання у підготовці фахівців з вищою освітою. *Ukrainian Journal of Educational Studies and Information Technology*. 2015. Vol. 1. С. 33–42.
2. Калапуша Л.Р., Муляр В.П., Федонюк А.А. Комп'ютерне моделювання фізичних явищ і процесів : навч. посіб. для студ. вищих навч. закл. Луцьк : РВВ «Волин. нац. ун-ту ім. Лесі Українки», 2007. 192 с.
3. Компетентнісний підхід у сучасній освіті: світовий досвід та українські перспективи: Бібліотека з освітньої політики. Під ред. О.В. Овчарук. К. : К. І. С., 2004. 112 с.



4. Машнин Т.С. JavaFX 2.0: разработка RIA-приложений. СПб. : БХВ-Петербург, 2012. 320 с.
5. Муляр В.П. Розробка JavaFX-додатків із використанням Scene Builder. *Комп'ютерно-інтегровані технології : освіта, наука, виробництво*. Луцьк, 2020. Вип. № 39. С. 181–189.
6. Мясковська М.О. Комп'ютерне моделювання як ефективний метод посилення міждисциплінарних зв'язків. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка*. Серія : Педагогічна. 2014. Вип. 20. С. 289–291.
7. Семеріков С.О. Фундаменталізація навчання інформатичних дисциплін у вищій школі: Монографія. *Наук. ред. академік АПН України, д. пед. н., проф. М.І. Жалдак. Кривий Ріг : Мінерал; К. : НПУ ім. М.П. Драгоманова, 2009. 340 с.*

#### REFERENCES:

1. Horbatiuk, R.M. (2015) Kompiuterne modeliuвання u pidhotovtsi fakhivtsiv z vyshchoiu osvitoiu [Computer modeling for training specialists with higher education]. *Ukrainian Journal of Educational Studies and Information Technology*. 1. 33–42 [in Ukrainian].
2. Kalapusha, L.R., Muljar, V.P., Fedonjuk, A.A. (2007) Komp'juterne modeljuвання fizychnykh javyshh i procesiv [Computer modeling of physical phenomena and processes]: navch. posib. dlja stud. vyshhykh navch. zakl. Lucjk: RVV «Vezha» Volyn. nac. un-tu im. Lesi Ukrajinjky [in Ukrainian].
3. Kompetentnisnyj pidkhd u suchasnj osviti: svitovyj dosvid ta ukrajinsjki perspektyvy [Competency approach in modern education: world experience and Ukrainian perspectives]: Biblioteka z osvithoji polityky (2004). Pid red. O.V. Ovcharuk. K.: K.I.S. [in Ukrainian].
4. Mashnyn, T.S. (2012) JavaFX 2.0: razrobotka RIA-prylozheni [JavaFX 2.0: Developing RIA Applications]. SPb.: BKhV-Peterburh [in Ukrainian].
5. Mular, V.P. (2020) Rozrobka JavaFX-dodatkov iz vykorystanniam Scene Builder [Development of JavaFX applications using Scene Builder]. *Kompiuterno-intehrovani tekhnologii: osvita, nauka, vyrobnytstvo*. Lutsk. 39. 181–189 [in Ukrainian].
6. Miastkovska, M.O. (2014) Kompiuterne modeliuвання yak efektyvnyi metod posylennia mizhdystyplinarnykh zviazkiv [Computer modeling as an effective method of strengthening interdisciplinary connections]. *Zbirnyk naukovykh prats Kamianets-Podilskoho natsionalnoho universytetu imeni Ivana Ohienka*. Serii: Pedagogichna. 20. 289–291 [in Ukrainian].
7. Semerikov, S.O. (2009) Fundamentalizatsiia navchannia informatychnykh dystsyplin u vyshchii shkoli [Fundamentalization of the teaching of informatics disciplines in higher education]: Monohrafiia. Nauk. red. akademik APN Ukrainy, d. ped. n., prof. M.I. Zhaldak. Kryvyi Rih: Mineral; K.: NPU im. M.P. Drahomanova [in Ukrainian].