

## КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В ПРОЦЕСІ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ФІЗИЧНИХ ЗАДАЧ

**Мельник Юрій Степанович,**

*старший науковий співробітник відділу біологічної, хімічної та фізичної освіти  
Інституту педагогіки НАПН України, кандидат педагогічних наук.*



**Анотація.** У статті розкрито сутність методу комп'ютерного моделювання. Здійснено аналіз інтерактивних середовищ розв'язування фізичних задач із застосуванням відповідних моделей. Розроблено алгоритм конструювання моделей у різноманітних комп'ютерних проектних середовищах.

**Ключові слова:** алгоритм розв'язування задач, інтерактивне навчальне середовище, фізичні задачі, комп'ютерне моделювання, конструктор віртуальних експериментів, педагогічне програмне забезпечення, старша школа.

**Р**озв'язування фізичних задач є невід'ємною складовою навчально-виховного процесу, що сприяє засвоєнню знань про стан навколишнього середовища, сферу застосування фізичних законів, цілісність наукової картини світу, формуванню фундаментальних понять, використанню здобутих знань для пояснення природних явищ і процесів, усвідомленню експериментальних і теоретичних методів наукового пізнання, виявленню ставлення до ролі фізичних знань у житті людини, суспільному розвитку, техніці, становленню сучасних технологій.

Інформатизація системи освіти й упровадження сучасних інформаційних технологій у навчальний процес надають особливої значущості проблемі розроблення комп'ютерно орієнтованих способів розв'язування задач, що спричинено наповненням курсу фізики математичними методами відображення й опрацювання інформації, задачним підходом до навчання, візуалізацією моделі задачної ситуації, активним втручанням суб'єкта навчальної діяльності в динаміку «екранної події» (інтерактивна взаємодія), опрацюванням результатів обчислювальних, експериментальних та дослідницьких задач, здійсненням автоматизованого експерименту на базі засобів інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ), використанням інформаційно-довідкової підтримки тощо.

Одним із таких способів є комп'ютерне моделювання фізичних явищ і процесів. Застосування комп'ютерних моделей дає змогу управляти «поведінкою» об'єктів на екрані монітора, змінюючи початкові умови задачі, спостерігати за перебігом досліджуваних процесів, графічно представляти функціональні залежності між фізичними величинами та ін.

Дослідженню дидактичних функцій методу моделювання присвячені праці О. Глобіна [1], В. Дмитрієва [2], Л. Зоріної, Л. Калапуші, В. Попковича, М. Солонухіна та ін. Вагомий внесок у розвиток комп'ютерного моделювання здійснили такі зарубіжні й вітчизняні вчені як Е. Бурсіан, А. Верлань, Х. Гулд, Дж. Ендрюс, М. Жалдак [3], В. Лапінський [1], Р. Майер, Р. Мак-Лоун, С. Поршнев [6], О. Самарський, Я. Тобочник, О. Хуторова [8], О. Шарова [9] та ін.

Науковці стверджують, що набуття навичок побудови і дослідження моделей сприяє підвищенню ефе-

ктивності розв'язування задач, розвитку предметного, логічного і системного мислення [7, с. 37].

У процесі розв'язування задач моделі виконують функції конкретизації, схематизації, побудови наочно-образу, абстрагування, узагальнення тощо. Різні види моделей слугують з'ясуванням змісту задачі, її аналізу, розв'язуванню, дослідженню вірогідності результату. Являючи матеріалізовані опори мислення, вони (моделі) значною мірою визначають і скеровують мисленнєві операції учнів. Тому моделі є основним засобом розв'язування задач, а моделювання — основною формою діяльності під час їх розв'язання [1, с. 17].

Акцентуючи увагу на важливості моделювання в процесі навчання фізики, учений Л. Калапуша дослідив можливості математичного моделювання під час розв'язування задач з механіки, обґрунтував відмінність між моделями-задачами й моделями до задач [5, с. 4].

Під моделлю розуміють мисленнєву або матеріально реалізовану систему, що відображає або відтворює об'єкт дослідження. У процесі її вивчення здобувається нова інформація про нього [10].

Моделювання є методом теоретичного і практичного опосередкованого пізнання, де дослідник замість безпосереднього об'єкта вибирає або створює подібний допоміжний — модель, досліджує її, а здобуту інформацію екстраполює на реальний предмет вивчення. Основний смисл моделювання полягає в тому, щоб за результатами дослідів з моделями можна було б здобути шукану інформацію про досліджуваний об'єкт, безпосереднє вивчення якого ускладнено.

Моделювання в навчальному процесі з фізики має ту специфічну особливість, що воно водночас є навчальним змістом, методом наукового пізнання й ефективним засобом її вивчення [5, с. 20].

Дидактично обґрунтована система різних типів задач, спрямованих на встановлення і поступову активізацію зв'язків між фізичними поняттями, сприяє формуванню такої моделі предметної галузі у семантичному просторі суб'єкта навчання, яка найбільш точно відображає існуючі зв'язки між матеріальними об'єктами фізичної реальності і дає змогу розв'язувати практичні задачі різного рівня складності. У такий спосіб формуються ключові й предметні компетентності з фізики, здатність розв'язувати життєво важли-

ві завдання, аналізувати і діяти з розумінням фізичної картини світу.

Методологічний аспект розв'язування компетентісно орієнтованих задач полягає у моделюванні задачної ситуації, що потребує побудови відповідної теоретичної моделі. Теоретична модель розв'язування задач ґрунтується на застосуванні таких наукових методів пізнання: аналіз, синтез, ідеалізація, абстрагування, порівняння, аналогія та ін. Як правило, вона містить три компоненти: фізичний, математичний та графічний (рис. 1).

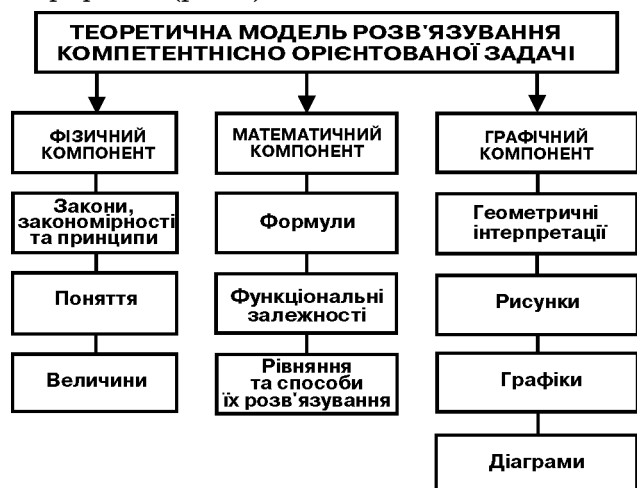


Рис. 1. Теоретична модель розв'язування компетентісно орієнтованих задач

Фізичний компонент містить закони, закономірності, принципи, поняття та величини. Математичний — представлено у формулах, відповідних геометричних відображеннях, функціональних залежностях, рівняннях та способах їх розв'язування. Графічний — це інтерпретація об'єкта і предмета задачі в рисунках, графіках, діаграмах тощо.

Комп'ютерна модель — це опис або зображення досліджуваного об'єкта відповідно до можливостей певної програми, у якій інтегруються особливості матеріального і мисленнєвого моделювання [5, с. 12].

За навчальним змістом такі моделі можна умовно поділити на статичні моделі-схеми задачної ситуації з фрагментарною анімацією, мультиплікаційні моделі-імітації фізичних явищ і процесів та роботи механізмів, інтерактивні моделі-графіки, відеосюжети проблемних фізичних ситуацій, конструкторські тощо.

Під час розв'язування фізичних задач комп'ютерна модель постає як спосіб узагальнення задачної ситуації шляхом логічно впорядкованого подання навчальної інформації в специфічній формі, що дає змогу будувати динамічні наочні ілюстрації фізичних явищ і процесів, відображених в умові, візуалізувати спрощену модель певного природного явища, варіювати часовий масштаб подій, моделювати різноманітні задачні сценарії, які складно реалізувати безпосередньо. Розбудовуючи логічну структуру комп'ютерних моделей і вивчаючи можливість їх формалізації, виявляють основні чинники, що впливають на експериментальні об'єкти, досліджують реакцію фізичної системи на зміни параметрів і початкових умов.

Визначимо типи фізичних задач, у процесі розв'язування яких доцільно застосовувати метод комп'ютерного моделювання. До них належать ті, які немо-

жливо розв'язати без використання специфічних обчислювальних засобів, наданих у відповідному педагогічному програмному забезпеченні (визначення площі криволінійної трапеції, довжини дуги кривої, значення визначеного інтегралу, апроксимація функціональної залежності та ін.), потребують швидкого опрацювання результатів експерименту, виконання графічних побудов складних функціональних залежностей, а також демонстраційно-аналітичного (аналіз поведінки функції на різних інтервалах її області визначення — рівняння стану реальних газів, сила міжмолекулярної взаємодії, радіоактивний розпад та ін.) та демонстраційно-навчального характеру (інтерпретація складних функціональних залежностей шляхом їх графічного представлення — фігури Ліссажу, потужність й енергія коливальних процесів, інтерференційні й дифракційні явища та ін.).

Процес комп'ютерного моделювання має циклічний характер, до основних етапів якого належать: формулювання задачі на основі певного фізичного явища і її якісний аналіз; побудова моделі й перевірка її відповідності визначеним законам і закономірностям; виявлення основних елементів й актів взаємодії створеної системи; формалізація; побудова алгоритму й написання програми; планування й проведення віртуальних експериментів; розв'язування задачі й інтерпретація розв'язку; дослідження вірогідності отриманого результату. З метою побудови моделі певного фізичного процесу потрібно здійснити постановку задачі, визначити вхідні дані й вихідні змінні, виокремити статичні й динамічні величини, розв'язати задачу в загальному вигляді, побудувавши відповідну математичну модель, надати значення статичним змінним, на основі створеної математичної моделі побудувати комп'ютерну модель, враховуючи діапазон зміни цих значень.

Створена модель є структурним елементом фізичних знань, що здобуваються в процесі відповідної навчально-пізнавальної діяльності. Тому учень, як її суб'єкт, має володіти алгоритмом засвоєння і відтворення знань про модель, а саме: її назва, означення та виявлення суттєвих ознак; виокремлення досліджуваного реального об'єкта або явища; з'ясування типу моделі (ідеальна, матеріальна, матеріалізована); усвідомлення елементів абстрагування й ідеалізації; визначення основ відповідної фізичної теорії; застосування в процесі розв'язування задач.

Практична реалізація методу комп'ютерного моделювання здійснюється в специфічних навчальних середовищах. Середовище комп'ютерного моделювання розв'язування фізичних задач — це інтерактивне освітнє середовище, застосування якого дає змогу управляти навчальною діяльністю учнів й оволодівати навичками моделювання. У такому середовищі здійснюється засвоєння нової інформації й набуття навичок розв'язування обчислювальних й експериментальних задач.

Головним завданням інтерактивного середовища комп'ютерного моделювання розв'язування фізичних задач є вивчення основних природних явищ, оволодіння фундаментальними поняттями, законами й теоріями класичної й сучасної фізики, методами наукового дослідження, набуття прийомів розв'язування задач з використанням компонентів новостворених систем моделювання.

Моделювання процесу розв'язування задач у таких середовищах передбачає побудову відповідного алгоритму: вивчити умову задачі й визначити відомі величини; з'ясувати наявність у середовищі відповідних моделей; ввести вхідні дані; якщо описати фізичні явища і процеси відомими моделями неможливо, то побудувати нові; поєднати відповідні елементи моделей-схем; кожному блоку математичної моделі поставити у взаємну відповідність множини одиниць вимірювання фізичних величини; здійснити обчислення; дослідити вірогідність отриманого результату.

Комп'ютерні інтерактивні моделі — це схеми, графіки, імітації процесів й експериментів, задачі, ігри, вхідні параметри яких задаються користувачем, а протікання процесів здійснюється на основі фізичних законів. Використовуючи їх, учень змінює відповідні параметри досліджуваних процесів, визначає їх екстремальні значення, встановлює функціональні залежності тощо, що дає змогу складати й розв'язувати обчислювальні, експериментальні та дослідницькі фізичні задачі.

Комп'ютерне моделювання в процесі розв'язування задач, імітація фізичних процесів, явищ або ідеалізованих задачних ситуацій здійснюється в середовищі різноманітних навчальних комп'ютерних програм. Розглянемо деякі з них.

### 1. Interactive Physics

Однією з найпопулярніших є Interactive Physics, розроблена американською фірмою MSC Working Knowledge (російська версія — Жива фізика). Програма є проектним навчальним середовищем, яке є зручним і потужним інструментом вивчення фізики в школі. Користувач може створювати власні моделі фізичних явищ, здійснювати обчислення й автоматично відображати досліджувані процеси у вигляді анімацій, графіків, таблиць, діаграм тощо.

Наприклад, розглянемо модель руху тіла, кинутого під кутом до горизонту, що створена в середовищі «Жива фізика». В арсеналі учня під час роботи з програмою є низка різноманітних можливостей — відображення векторів і значень фізичних величин, побудова графіків і зміна параметрів моделі (рис. 2).

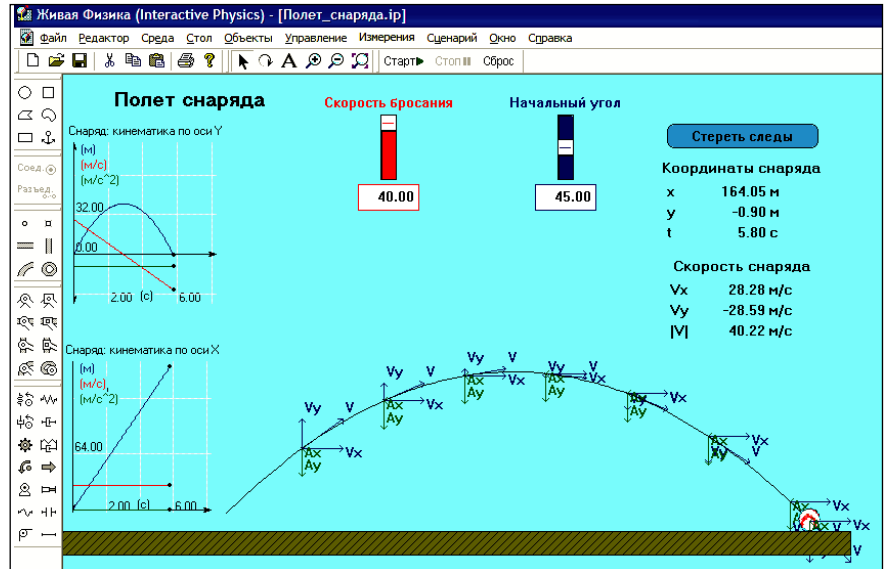


Рис. 2. Комп'ютерна модель руху тіла, кинутого під кутом до горизонту

Рух тіл, кинутих під кутом до горизонту, можна розглядати як результат накладання двох одночасних прямолінійних рухів уздовж осей  $Ox$  і  $Oy$ , направлених паралельно й перпендикулярно поверхні Землі. Розв'язування задач такого типу зручно розпочинати із знаходження проєкцій вектора початкової швидкості на осі координат і складання відповідних рівнянь. Тіло, кинуте під кутом до горизонту за відсутності опору повітря й невеликої початкової швидкості, летить по параболі й час руху вздовж осі  $Ox$  дорівнює часу руху вздовж осі  $Oy$ , оскільки обидва рухи здійснюються одночасно.

Склавши повну систему кінематичних рівнянь, що описують рух, і перевіривши кількість невідомих (має дорівнювати кількості рівнянь), розв'язуємо її відносно шуканих величин.

Використовуючи комп'ютерну модель руху тіла, кинутого під кутом до горизонту (див. рис. 2), розв'яжемо таку задачу.

**Задача.** Снаряд вилітає із ствола гармати зі швидкістю  $v_0$ , направленою під кутом  $\alpha$  до горизонту. Нехтуючи опором повітря, визначити: а) горизонтальну дальність польоту снаряда; б) його швидкість та координати в будь-який момент часу; в) кут падіння; г) початковий кут стрільби, при якому дальність польоту снаряда найбільша; д) побудувати графіки залежностей проєкцій кінематичних величин, що характеризують рух снаряда, від часу; е) визначити його координати при куті нахилу ствола

гармати до горизонту  $\alpha$  й швидкості польоту  $v$ .

Дослідимо вплив величини початкового кута розташування ствола гармати на дальність польоту снаряда. Якщо його рух розпочинається з поверхні Землі, то максимальна дальність польоту досягається, як відомо, при величині кута рівній  $45^\circ$ .

Самостійна експериментальна перевірка отриманих результатів посилить пізнавальний інтерес учнів, наближає процес розв'язування задачі до наукового дослідження.

Для закріплення навчального матеріалу з теми «Рух тіла під дією сили тяжіння», можна використовувати модель, представлену на рис. 3.

Рух тіла у цьому випадку описується такими фізичними величинами:

$$\alpha = 0^\circ; v_{0y} = -6 \text{ м/с};$$

$$v_x = v_{0x} = 250 \text{ км/час} = \text{const};$$

$$v_y = v_{0y} + gt; h = 200 \text{ м};$$

$$S = 400 \text{ м та ін.}$$

Використовуючи фізичний конструктор «Жива фізика», можна самостійно моделювати різноманітні природні явища, змінюючи початкові параметри їх протікання, що дає змогу засвоювати основні фізичні закони, інтерактивно моделювати рух у гравітаційному, електростатичному, магнітному та інших полях, впроваджувати абстрактні ідеї й теоретичні конструкції — наприклад, досліджувати напруженість електростатичного або магнітного полів.

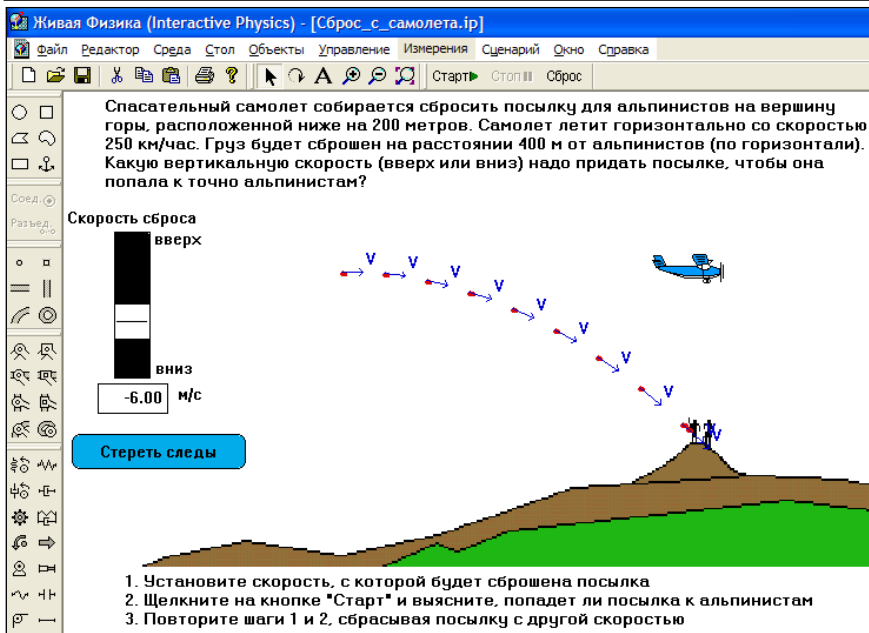


Рис. 3. Комп'ютерна модель руху тіла, кинутого горизонтально

Комплект програми містить бібліотеку комп'ютерних експериментів (віртуальна фізична лабораторія) із різних тем («Закон збереження енергії», «Закон збереження імпульсу» тощо).

Розглянемо модель руху тіла похилою площиною під дією постійної сили (рис. 4).

Застосувавши комп'ютерну модель руху тіла похилою площиною під дією постійної сили, можна визначити роботу, яку вона виконує, зміну потенціальної енергії тіла, встановити функціональну залежність між роботою, силою та переміщенням, знаючи масу тіла, кут на-

хилу площини, коефіцієнт тертя, переміщення й швидкість підйомника, визначити роботу сили й потенціальну енергію тіла в будь-який момент часу тощо.

Сформулюємо задачу, яку можна розв'язати за допомогою представленої моделі.

**Задача.** Тіло масою  $m=2$  кг піднімають похилою площиною вгору, нахил до горизонту якої складає  $\beta=30^\circ$ . Яка робота підйомача на шляху 2 м і як змінилася потенціальна енергія тіла, якщо відомо, що воно рухалося із швидкістю 1 м/с? Коефіцієнт тертя дорівнює  $\mu=0,5$ ;  $g=10$  м/с<sup>2</sup>.

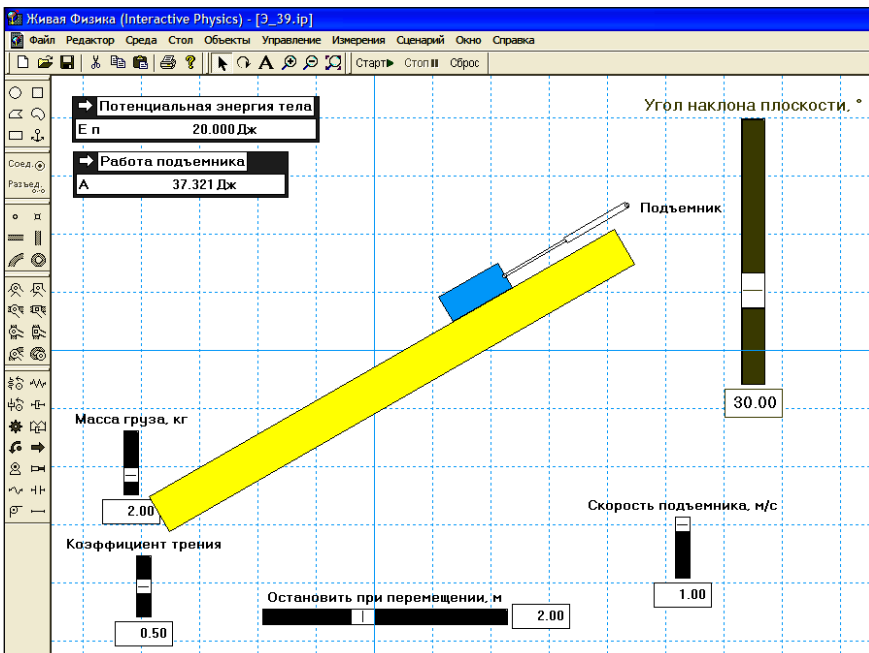


Рис. 4. Комп'ютерна модель руху тіла похилою площиною під дією постійної сили

**Відповідь.** З вікна програми знаходимо, що  $A=37,321$  Дж;  $E_{\text{п}}=20$  Дж.

Зафіксувавши переміщення тіла, можна знайти роботу підйомача й потенційну енергію тіла в будь-який момент часу.

## 2. Crocodile Physics

Серед зарубіжних навчальних продуктів особливий інтерес викликає програма «Конструктор віртуальних експериментів. Фізика». У світі вона відома під назвою «Crocodile Physics» (<http://www.crocodile-clips.com>).

Конструктор віртуальних експериментів — це програма-симулятор, застосування якої дає змогу моделювати різноманітні задачні ситуації і здійснювати віртуальні експерименти. Розв'язуючи задачі з розділів «Електрика», «Рух і сили», «Хвильові явища» та «Оптика», можна детально вивчати основні фізичні процеси. Інтерфейс програми уніфіковано із способами управління інтерактивною дошкою.

Нижче наведено різноманітні можливості програми «Crocodile Physics»: демонстрація природних явищ (біля 50 покрокових навчальних уроків і 150 прикладів-моделей); комп'ютерне моделювання фізичних процесів; можливість варіювання умови задачі; наявність потужного інструментарію, що дає змогу змінювати значення фізичних величин; автоматична побудова графіків; використання бібліотеки елементів відомих моделей з відповідними рекомендаціями; самостійне моделювання; збереження створених колекцій.

Застосування бібліотеки відомих віртуальних моделей, побудова анімованих графіків у режимі реального часу, індивідуальна й гнучка система постановки експериментів перетворює даний конструктор у потужну віртуальну фізичну лабораторію, комп'ютерне моделювання в середовищі якого дає змогу учням самостійно виявляти функціональні залежності між фізичними величинами, представляти їх у графічному вигляді з подальшим поясненням причин отриманих закономірностей. Візуалізація навчального матеріалу сприяє ефективному засвоєнню інформації, а можливість самостійної роботи — розвитку творчих й дослідницьких навичок.

Програмою передбачено можливість потематичного розв'язування

задач. Досить докладно прописана покрокова діяльність користувача з інтерактивними посиланнями на кожному етапі. Операційні дії в середовищі кожного тематичного розділу здійснюються в повноекранному режимі за допомогою кнопок управління «Пауза» і «Перезавантаження». Елементи, що використовуються в папці «Елементи» і представлені у вигляді піктограм. Після виконання інструкції стрілка покадрового переходу змінює колір. Робота з елементами певного розділу передбачає можливість їх вибору, обертання, зміни розташування, розмірів, маси та інших фізичних параметрів. Підвісивши курсор до вибраного елемента, викликаємо випадаюче меню — «Панель інструментів».

У процесі розв'язування задач з теми «Електричне коло й електрична схема», учнів ознайомлюють з основними елементами електричних ланцюгів та їхніми зображеннями на схемах. Потім пропонують скласти принципові електричні схеми (рис. 5).

Побудова віртуального електричного кола не замінює складання реального, але сприяє відпрацюванню відповідних конструкторських умінь.

Програма «Crocodile Physics» є ефективним і зручним конструктором побудови електричних кіл, використовуючи який учні розв'язують різні типи фізичних задач із складання й обчислення ланцюгів постійного струму.

Можливість копіювання елементів електричного кола дає змогу конструювати й досліджувати складніші ланцюги, включення до них амперметрів і вольтметрів — вимірювати їхні параметри (рис. 6).

У процесі розв'язування рівнянь кінематики й засвоєння законів динаміки зручно скористатися моделлю руху автомобіля. Використовуючи інструментарій зазначеної механічної моделі, можна змінювати тип автомобіля, його масу й швидкість. У вікні програми здійснюється побудова графіка швидкості, за яким визначається величина прискорення (рис 7).

Скориставшись опцією «Властивості», досліджують залежність прискорення від величини діючої сили та маси тіла, будують відповідні графіки.

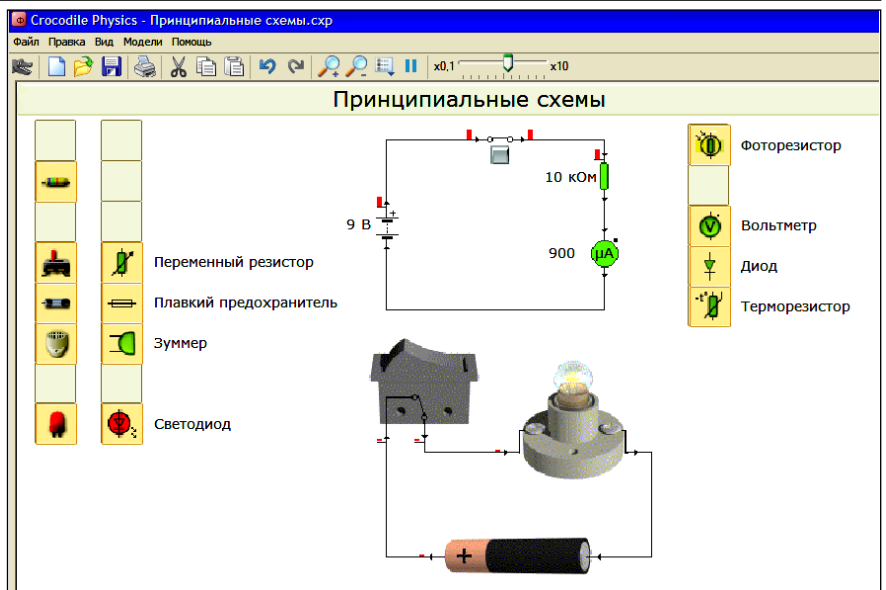


Рис. 5. Побудова принципової електричної схеми в «Crocodile Physics»

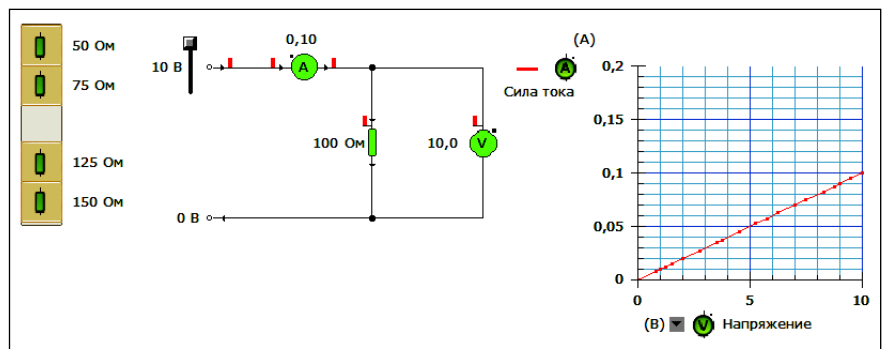


Рис. 6. Обчислення електричних ланцюгів постійного струму

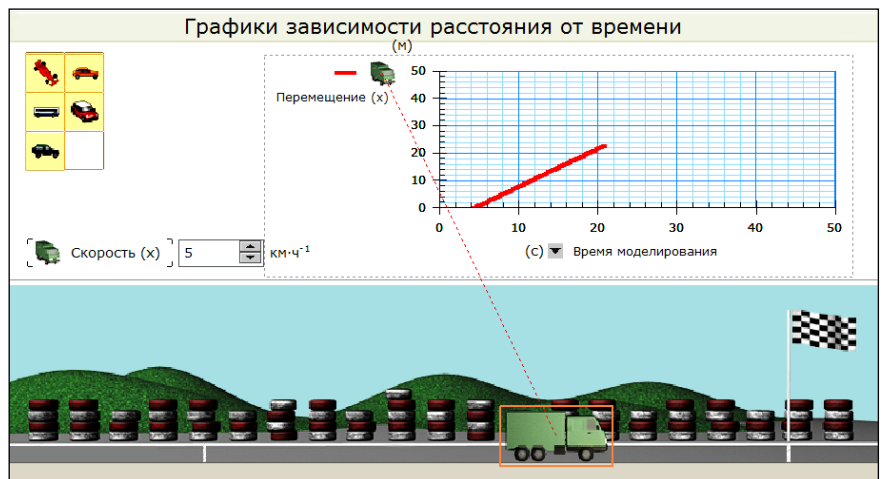


Рис. 7. Модель руху автомобіля

Під час розв'язування задач з розділу «Геометрична оптика» доцільно використовувати інструментарій відповідного модуля програми — «Оптика». Реалізація задачних ситуацій здійснюється в певному оптичному просторі, який відображено у вікні конструктора. Предмет та його зображення вибирається із переліку:

бактерія, верблюд, міст, крокодил, галактика, гора, комета тощо. Застосувавши інструментарій програми, можна побудувати хід променів в плоскому, випуклому, увігнутому й параболічному дзеркалах, збираючих і розсіювальних лінзах, плоскопаралельній і напівкруглій пластинках. З непрозорих об'єктів вибирають регу-

льовану щілину, кулю, прямокутний блок і трикутник. Вимірювальними приладами слугують лінійка й транспортир (рис. 8).

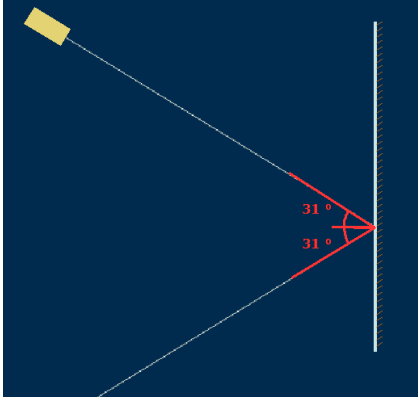


Рис. 8. Вивчення законів відбиття й заломлення світла

У середовищі конструктора віртуальних експериментів залежно від рівня підготовки учнів пропонують розв'язувати такі задачі.

**Задача 1.** Дослідити залежність величини кута заломлення від величини кута падіння світлових променів.

**Задача 2.** Дослідити залежність величини кута заломлення світлових променів від матеріалу пластини.

**Задача 3.** Обчислити показник заломлення середовища, на яке падають світлові промені тощо.

Універсальність програми полягає в тому, що її можна використовувати як у процесі пояснення нового матеріалу, так і під час розв'язування задач та проведення лабораторних робіт.

### 3. GeoGebra

Програма GeoGebra — це безкоштовна, інтерактивна геометрична система, у якій можна моделювати різноманітні конструкції з точок, векторів, відрізків, прямих, багатокутників і кінцевих перетинів, досліджувати функції і їх динамічні зміни, обчислювати похідні й інтеграли, дисперсію, коефіцієнт кореляції, здійснювати апроксимацію безлічі точок кривої заданого виду тощо. Рівняння, координати та функції можуть бути введені безпосередньо користувачем.

Користувачський інтерфейс програми GeoGebra гнучкий і адаптований до роботи учнів загальноосвітньої школи. Використовуючи інструменти робочої панелі, можна створювати різноманітні геометричні побудови. Відповідні координати й рівняння відображаються в алгебраїчній інтерпретації.

Розглянемо модель, з допомогою якої демонструється відносність руху на прикладі човна, що перетинає річку. Змінюючи модуль і напрямок швидкостей човна та течії річки й точку старту, спостерігаємо за траєкторією переправи човна через річку (рис. 9).

Швидкість човна в системі відліку, пов'язаною із Землею, дорівнює векторній сумі швидкостей човна відносно води й течії річки. Подаємо перелік задач, що розв'язуються з використанням цієї моделі.

**Задача 1.** Човен перетинає річку, причому власна швидкість човна направлена перпендикулярно течії. Яка швидкість човна відносно берега, якщо його швидкість у стоячій воді  $v_c=2$  м/с, а швидкість течії річки  $v_p=1,5$  м/с?

**Задача 2.** Човен перетинає річку, причому власна швидкість човна направлена перпендикулярно течії. Швидкість течії річки  $v_p=3$  м/с, а човна в стоячій воді  $v_c=4$  м/с. Визначте час  $t$ , за який човен перетне річку шириною 1000 м, а також відстань  $x$ , на яку його знесе течія.

**Задача 3.** Швидкість човна в стоячій воді  $v_c=5$  м/с, а течії  $v_p=2,5$  м/с. Під яким кутом до лінії, перпендикулярної берегу, слід направляти човен, щоб він перетнув річку найкоротшим шляхом?

**Задача 4.** За який час човен перетне річку шириною 120 м, рухаючись перпендикулярно берегу, якщо його швидкість в сто-

ячій воді  $v_c=5$  м/с, а швидкість течії —  $v_p=3$  м/с?

Курс елементарної механіки містить задачі динаміки системи матеріальних точок, до яких, насамперед, належать задачі про поступальний рух зв'язаних тіл і на використання закону збереження імпульсу.

Задачі про рух системи зв'язаних матеріальних тіл (наприклад, рух вантажів на блоці) можна звести до задачі динаміки окремої матеріальної точки. Для цього потрібно відобразити сили, що діють на кожне тіло, і скласти рівняння другого закону динаміки в проекціях. Тіла, зазвичай, слід розглядати окремо, вільними від будь-яких зв'язків, замінюючи їх взаємодію силами.

**Задача.** На похилій площині, що складає з горизонтом кут  $\alpha=30^\circ$ , знаходиться вантаж масою 10 кг. До вантажу прив'язано шнур, перекинута через нерухомий блок, що закріплений на її вершині. До іншого кінця шнура підвішена гиря масою 2 кг. Система тіл розпочинає рухатися. Визначте висоту підйому гирі за 1,17 с, якщо прискорення  $a=2,45$  м/с<sup>2</sup>, а сила натягу шнура складає 24,50 Н. Масою блоку знехтувати (рис. 10).

Змінюючи кінематичні й динамічні характеристики руху, можна визначити висоту підйому тіла в будь-який момент часу.

### 4. SmathStudio

Значна кількість задач з кінематики, динаміки, геометричної оптики та інших розділів курсу фізи-

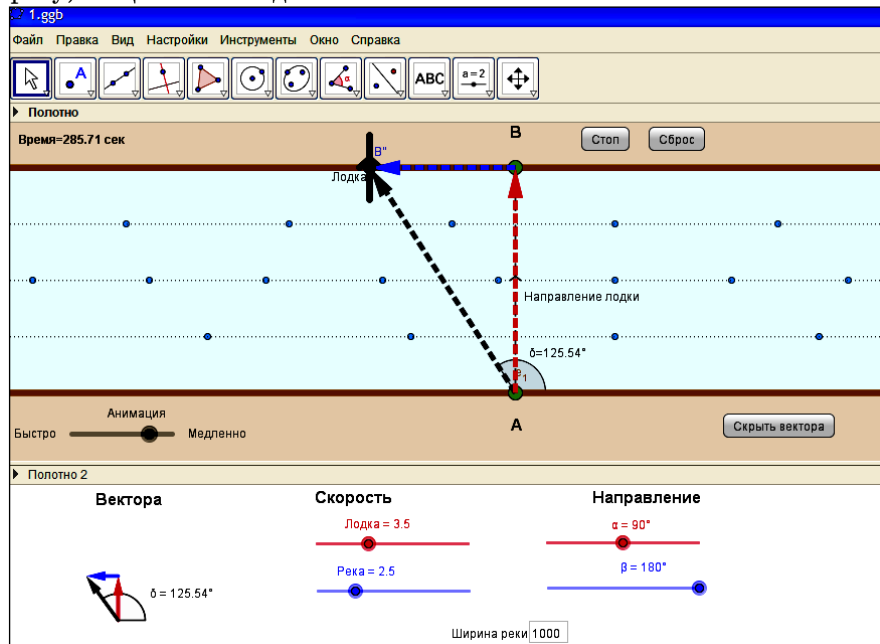


Рис. 9. Схема переправи човна через річку

ки ефективно розв'язується в математичних програмних середовищах. З метою здійснення обчислень можна скористатися програмою SmathStudio — безкоштовним математичним пакетом з графічним інтерфейсом для побудови дво- і тривимірних графіків і створення різноманітних анімацій. Вона має простий і доступний інтерфейс (рис. 11), подібний до інтерфейсу MathCAD, зрозумілий редактор математичних формул, що підтримує роботу з матрицями, векторами, комплексними числами й дробами. За допомогою програми розв'язують системи рівнянь, знаходять похідні, інтеграли, логарифми та ін.

**5. Java-аплети**

На зарубіжних сайтах можна знайти багато окремих програм (Java-аплетів), у середовищі яких здійснюється розв'язування фізичних задач. Наприклад, за адресою <http://phet.colorado.edu> університету в Колорадо розташована значна колекція таких програм, перекладених на українську й російську мови.

Аплети — окремі програми, написані, як правило, мовою Java і призначені для розв'язування конкретного типу задач. Наприклад, для моделювання явища фотоефекта, руху маятників, побудови електричних схем постійного та змінного струму тощо.

Використовуючи Java-програму «Фотоефект 1.10» (рис. 12), розв'яжемо такі задачі.

**Задача 1.** Зобразити графічно як зміниться вольтамперна характеристика при:

- а) збільшенні потужності світлового потоку;
- б) зменшенні довжини хвилі;
- в) зменшенні довжини хвилі й збільшенні потужності світлового потоку.

**Задача 2.** Катодна пластинка опромінюється світлом. Напруга в ланцюзі збільшується в 2 рази. У скільки разів збільшиться максимальна кінетична енергія фотоелектрона  $h\nu$ .

**Задача 3.** Використовуючи модель, визначте червону границю фотоефекта, роботу виходу матеріалу фотокатода й максимальну кінетичну енергію електронів, якщо довжина падаючого світла дорівнює 621 нм.

**Задача 4.** Використовуючи модель, визначте максимальну шви-

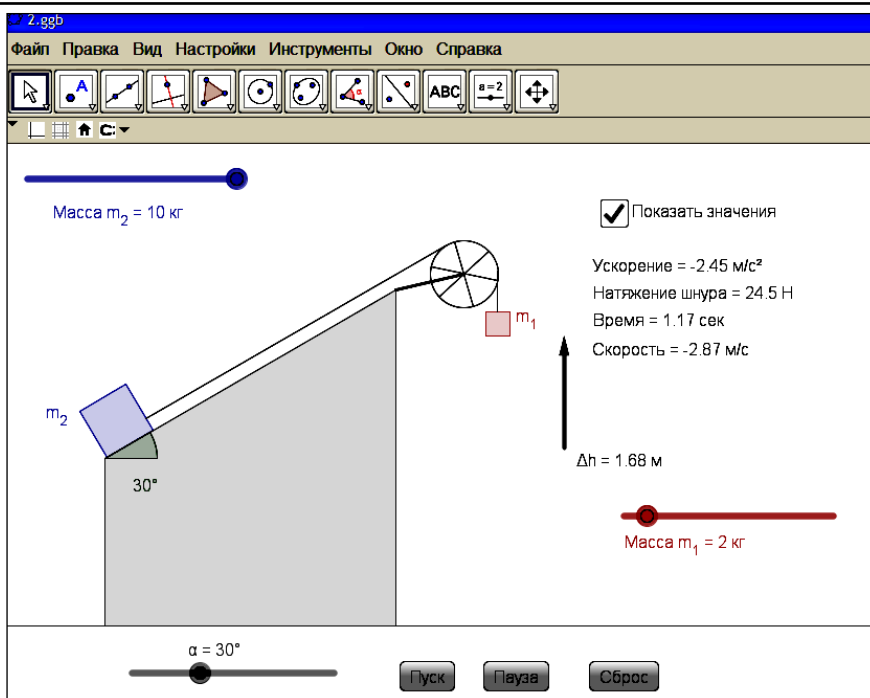


Рис. 10. Модель поступального руху системи зв'язаних тіл, перекинутих через нерухомий блок

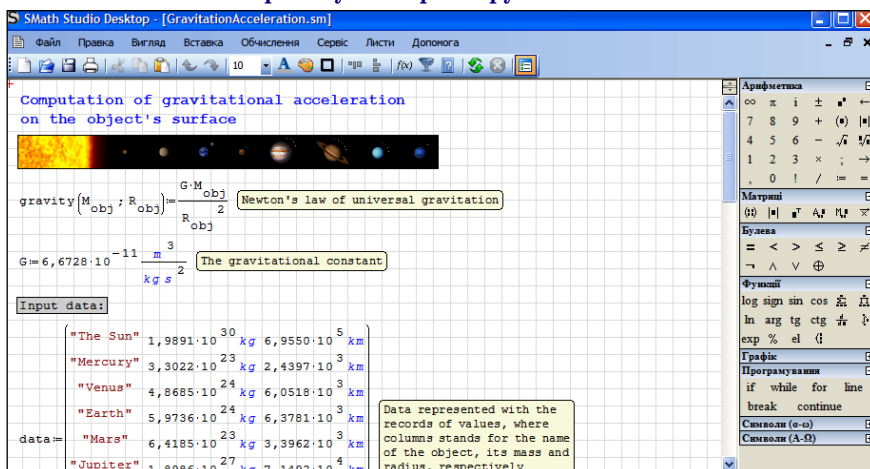


Рис. 11. Головне вікно програми SmathStudio

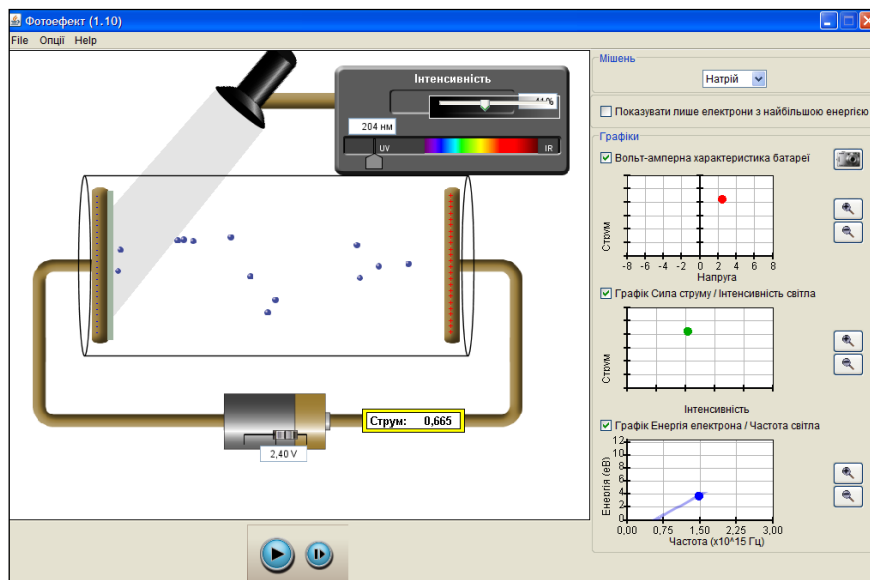


Рис. 12. Модель для розв'язування задач із теми «Фотоефект»

діксть електронів, якщо довжина падаючого світла рівна 491 нм. *Вказівка:* учень, використовуючи модель, знаходить значення затримуючої напруги, потім із закону збереження енергії — максимальну швидкість електронів.

Аплет із теми «Питомий опір провідника» можна використовувати як окрему модель для обчислення питомого опору провідника, його довжини  $l$  й площі поперечного перерізу  $S$  або як задачний модуль для розв'язування певного класу задач (рис. 13).

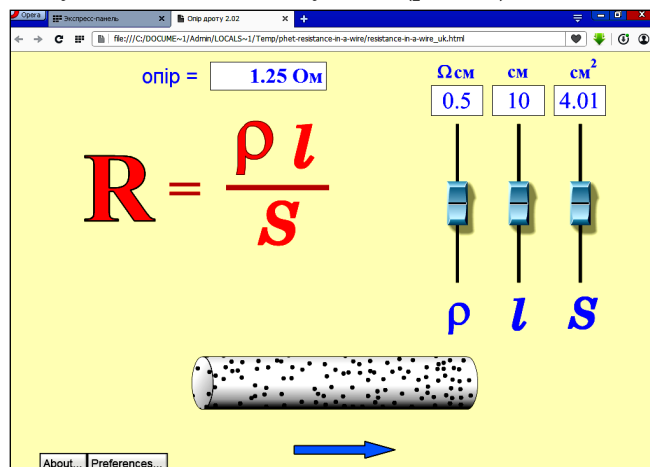


Рис. 13. Модель для розв'язування задач із теми «Питомий опір провідника»

Розв'язування задач у середовищі конструкторів віртуальних експериментів з фізики сприяє підвищенню інтересу до її вивчення, застосуванню знань в нестандартних умовах, розвитку просторової уяви, конструкторських здібностей та ін.

Застосування взаємодоповнюючих навчальних комп'ютерних моделей дає змогу збагатити й розширити можливості традиційних методів навчання, забезпечуючи всебічне пізнання учнями об'єктивної реальності. Ознайомлення з комп'ютерним моделюванням створює умови для усвідомлення логіки наукового пізнання, осмислення його методології.

#### Висновки

Використання середовища комп'ютерного моделювання дає змогу значно розширити зміст курсу фізики середньої школи, суттєво підвищити результативність навчальної діяльності з розв'язування різних типів задач, надати їй творчого характеру, посилити прикладну значущість навчання, стимулювати розвиток образно-естетичного й абстрактно-логічного мислення шляхом використання комп'ютерної графіки з метою візуалізації природних об'єктів, зміцнити міжпредметні зв'язки завдяки впровадженню математичних методів відображення та опрацювання інформації про об'єкти різних предметних галузей тощо. У процесі розв'язування фізичних задач в інтерактивних комп'ютерних середовищах в учнів формуються фундаментальні знання про явища природи, закони і закономірності протікання фізичних процесів, практичні навички, уміння користуватися вимірювальними приладами та здійснювати самостійні дослідження, вони оволоді-

вають специфічним інструментарієм, що стає потужним засобом наукового пізнання.

\* \* \*

**Мельник Ю.С. Компьютерное моделирование в процессе решения физических задач**

**Аннотация.** В статье раскрыта суть метода компьютерного моделирования. Осуществлен анализ интерактивных сред решения физических задач с применением соответствующих моделей. Разработан алгоритм конструирования моделей в разнообразных компьютерных проектных средах.

**Ключевые слова:** алгоритм решения задач, интерактивная учебная среда, физические задачи, компьютерное моделирование, конструктор виртуальных экспериментов, педагогическое программное обеспечение, старшая школа.

\* \* \*

**Melnik Yu. The computer design in the process of untiing physical tasks**

**Resume.** Essence of method of computer design is exposed in the article. The analysis of interactive environments of untiing physical tasks is carried out with application of the proper models. The algorithm of constructing of models is developed in various computer project environments.

**Keywords:** algorithm of untiing of tasks, interactive educational environment, physical tasks, computer design, designer of virtual experiments, pedagogical software, senior school.

#### Список використаних джерел

1. Глобін О.І., Лапінський В.В. Моделювання як ефективний засіб реалізації міжпредметних зв'язків у профільному навчанні математики та інформатики / О.І. Глобін, В.В. Лапінський // Математика в школі. — 2010. — №7/8. — С. 17–20.
2. Дмитриев В.М. Компьютерное моделирование физических задач / В.М. Дмитриев, А.Ю. Филиппов, Т.В. Ганджа, И.В. Дмитриев. — Томск: В-Спектр, 2010. — 248 с.
3. Жалдак М.І. Комп'ютер на уроках фізики: посіб. для вчителів / М.І. Жалдак, Ю.К. Набочук, І.Л. Семешук. — Костопіль: РВП«РОСА», 2005. — 228 с.
4. Калапуша Л.Р. Комп'ютерне моделювання фізичних явищ і процесів / Л.Р. Калапуша, В.П. Муляр, А.А. Федонюк // Навч. посіб. для студ. вищих навч. закл. — Луцьк: РВП Вежа. Волин. нац. ун-ту ім. Лесі Українки, 2007. — 192 с.
5. Калапуша Л.Р. Моделювання у вивченні фізики / Л.Р. Калапуша. — К.: Рад. школа, 1982. — 158 с.
6. Поршнев С.В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB / С.В. Поршнев. — М.: Горячая линия-Телеком, 2003. — 592 с.
7. Семеріков С.О., Теплицький І.О. Роль, місце та зміст комп'ютерного моделювання в системі шкільної освіти / С.О. Семеріков, І.О. Теплицький // Науковий часопис НПУ ім. М. Драгоманова. Серія 2: Комп'ютерно орієнтовані системи навчання. — 2010. — №9. — С. 30–40.
8. Хуторова О.Г., Стенин Ю.М., Фахртдинов Р.Х. і др. Компьютерное моделирование физических процессов / О.Г. Хуторова, Ю.М. Стенин, Р.Х. Фахртдинов и др. // Методическое пособие. — Казань, 2001 — 50 с.
9. Шарова О.Н. Моделирование задач по физике в компьютерной образовательной среде / О.Н. Шарова: автореферат дис. ... канд. пед. наук. — Томск: Изд-во Томского гос. пед. ун-та, 2006. — 19 с.
10. Штофф В.А. Моделирование и философия / В.А. Штофф — М.: Наука, 1966. — 301 с.
11. [www.http://phet.colorado.edu/en/simulations/category/physics](http://phet.colorado.edu/en/simulations/category/physics).
12. <https://wiki.geogebra.org/>.

◆ ◆ ◆