УДК 378.147.091.33

Садовий Микола Ілліч
доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри теорії та методики технологічної підготовки, охорони праці та безпеки життєдіяльності
Центральноукраїнський державний педагогічний університет імені Володимира Винниченка,
м. Кропивницький, Україна
ORCID ID 0000-0001-6582-6506
smikdpu@i.ua

Рєзіна Ольга Василівна
кандидат педагогічних наук, доцент, доцентка кафедри інформатики та інформаційних технологій
Центральноукраїнський державний педагогічний університет імені Володимира Винниченка,
м. Кропивницький, Україна
ORCID ID 0000-0001-6077-9413
olga.riezina@gmail.com

Трифонова Олена Михайлівна
кандидат педагогічних наук, доцент,
доцентка кафедри природничих наук та методик їхнього навчання, докторант
Центральноукраїнський державний педагогічний університет імені Володимира Винниченка,
м. Кропивницький, Україна
ORCID ID 0000-0002-6146-9844
olenatrifonova82@gmail.com

ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ ПІД ЧАС НАВЧАННЯ ФІЗИКИ І ТЕХНІЧНИХ ДИСЦИПЛІН В ПЕДАГОГІЧНИХ УНІВЕРСИТЕТАХ

Анотація. Стаття присвячена проблемі використання наукової графіки під час навчання фізики і технічних дисциплін в умовах цифровізації освітнього процесу в закладах вищої освіти. Здійснений аналіз літератури, нормативних документів із проблеми цифровізації українського суспільства та європейських тенденцій цифровізації дав змогу акцентувати увагу на необхідності модернізації підходів і засобів навчання в нових умовах. Наголошено на потребі розмежування наукової та презентаційної наочності, що в XXI столітті стало потребою часу. Презентаційна наочність виконує функції безпосереднього унаочнення явищ і процесів, але її можливості обмежені. Ширші перспективи має наукова наочність, яка забезпечує реалізацію дослідницької та інформаційно-цифрової компетентностей під час навчання фізики та технічних дисциплін. У статті обґрунтовано використання наукової графіки в освітньому процесі з фізики і технічних дисциплін. Окреслено переваги мови програмування Python як засобу створення наукової графіки. Мова Python є популярною серед наукового співтовариства завдяки своїй зрозумілості та лаконічності, що забезпечує перевагу для так званого лабораторного програмування, яке здійснює дослідник, а не професійний програміст. Ця мова підтримується всіма провідними операційними системами безкоштовна, має простий синтаксис, що полегшує її вивчення та читання програм. У статті розглянуто декілька задач, які ми вважаємо за доцільне запропонувати студентам для здійснення комп'ютерного моделювання з використанням мови програмування Python та її модулів NumPy і Matplotlib. Наведено детальний хід їхнього розв'язку та фрагменти програмних кодів. Наголошено на можливостях зміни одного або декількох параметрів, що покращує не лише навички програмування, а й розуміння фізико-технічного змісту розв'язку поставленої задачі.
Упровадження розробленої методики показало свою ефективність під час занять з фізики і технічних дисциплін, що підтверджено позитивною динамікою якості знань студентів.

Ключові слова: освітній процес; навчання фізики і технічних дисциплін; цифровізація; моделювання процесів; наукова графіка; мова програмування Python.

© М. І. Садовий, О. В. Рєзіна, О. М. Трифонова, 2020

1. ВСТУП

Постановка проблеми. Розпорядженням Кабінету Міністрів України № 67-р від 17 січня 2018 р. «Про схвалення Концепції розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018–2020 роки та затвердження плану заходів щодо її реалізації» визначені заходи розвитку цифрових інфраструктур, згідно з якими громадяни України без обмежень і труднощів технічного, організаційного та фінансового характеру (зокрема соціально незахищені верстви населення) можуть скористатися цифровими можливостями незалежно від свого місцезнаходження чи проживання та не перебували в сегменті «цифрового розриву».

Концепція містить 8 принципів і нові для освітнього простору поняття: державна політика «цифровізації», «цифровий стрибок», «цифрові» тренди та виклики, гармонізація із Digital Agenda та Digital Single Market ЄС, «цифрова» інфраструктура, виклики та можливості, «цифровий розрив», програма «Індустрія 4.0», «цифровізація» освіти: «цифрові» компетенції та навички; моделі та підходи до «цифровізації» освіти; «цифрове» робоче місце, сфера «Інтернету речей» (з англ. Internet of things), технологія «стрибкоподібного» розвитку та ін.

Наказом Міністерства освіти і науки України № 38 від 15 січня 2019 р. створено робочу групу з розроблення опису цифрової компетентності педагогічного працівника. Аналогічні компетентності визначаються і в інших галузях. 29 серпня 2019 р. Верховна Рада визначила нову структуру Кабінету Міністрів України й утворила Міністерство цифрової трансформації України (https://thedigital.gov.ua/ministry), якого раніше не було.

Згідно із зазначеними документами та затвердженою Стратегію сталого розвитку “Україна – 2020” (Указ Президента України 12 січ. 2015 р. № 5/2015) освіта повинна працювати на випередження; її рушійний чинник – цифрова технологізація та забезпечення на її ґрунті освітніх послуг високої якості сучасного рівня. Тому постає проблема виокремлення нових підходів як до організації, так і до змісту і структури навчання, вироблення принципів і засобів їхньої реалізації. Важливим практичним напрямком цього є унаочнення освітнього процесу, зокрема з фізики та технічних дисциплін на новій оцифрованій основі як засобу розвитку науково-технічного прогресу. Теоретичне обґрунтування використання наочності в освітньому процесі належить Я. А. Коменському (XVII ст.) та К. Д. Ушинському (XIX ст.). Досвід класно-урочної, а відповідно й групової, системи навчання показує, що переважна більшість педагогів сучасності приділяють значну увагу використанню та практичній реалізації дидактичного принципу наочності [1]. Початок XXI століття пов’язаний з особливістю розвитку суспільства, на яке впливають тенденції цифровізації всіх сфер життя людей, зокрема й освіти.

Аналіз стану розвитку сучасного освітнього процесу з фізики та технічних дисциплін і праць науковців [2], [3], [4] дає підставу виділити науково-графічну (динамічність, графіка, дослідження) та презентаційно-статичну наочність (візуалізація – спостережуване неозброєним приладами зором). Презентаційно-статична наочність виконує функції безпосереднього унаочнення явищ і процесів, але можливості їхнього дослідження, зміни параметрів є обмеженими. Значно ширші перспективи надає науково-графічна наочність, яка забезпечує шляхи формування дослідницької та інформаційно-цифрової компетентностей під час навчання фізики та технічних дисциплін.

Отже, в умовах стрімкої цифровізації постала потреба дослідження чуттєвого пізнання первинної інформації про освітні об’єкти не лише у вигляді наочних статичних уявлень, а також із залученням до цього активного мислення й творчого

переосмислення цих уявлень через актуалізацію істотних властивостей явищ, процесів, структурно-логічних відносин між різними елементами системи знань, що сприяє узагальненню психологічних за змістом образів об'єктів, які вивчаються.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемою моделювання фізичних явищ і процесів в освітньому процесі та окремими аспектами інформатизації займалися В. Ю. Биков [5], А. М. Гуржій [5], М. І. Жалдак [6], Л. Р. Калапуша [7], Ю. С. Рамський [8], С. О. Семеріков [9], Д. В. Соменко [10], О. М. Спірін [5], І. О. Теплицький [9], М. В. Хомутенко [11] та ін.

Зокрема В. Ю. Биков [5], С. М. Вернигора [5], А. М. Гуржій [5], М. І. Жалдак [6], Л. М. Новохатько [5], О. М. Спірін [5], М. П. Шишкіна [5] займалися проєктуванням, упровадженням і використанням відкритого хмаро орієнтованого освітньо-наукового середовища закладу вищої освіти та досліджували глобальні проблеми інформатизації та комп'ютеризації освітнього процесу. Безпосередньо досліджували особливості комп'ютерного моделювання фізичних явищ і процесів у різних програмних середовищах Л. Р. Калапуша [7], В. П. Муляр [7], Ю. С. Рамський [8], С. О. Семеріков [9], І. О. Теплицький [9], А. А. Федонюк [7], С. А. Хазіна [8], М. В. Хомутенко [11] та ін. Д. В. Соменко [10] запропонував методику впровадження ІКТ у лабораторний практикум зі спецкурсу з фізики в педагогічних університетах з метою розвитку пізнавальної активності студентів, яка передбачає виконання лабораторних робіт трьох блоків: навчально-дослідницького, професійно-програмного, інформаційно-прикладного; визначив структуру інтегрованих ІКТ-орієнтованих спецкурсів з фізики для студентів педагогічних університетів; створив алгоритм використання сучасних апаратно-обчислювальних платформ для реалізації графічного методу аналізу досліджуваних явищ і процесів з фізики та методичного забезпечення їх застосування в процесі виконання робіт фізичного практикуму й індивідуальних навчально-дослідницьких завдань з фізики.

Окремі дослідження в даному напрямку проведені й нами, зокрема розроблено ряд моделей [11], [12] явищ атомної і ядерної фізики. Розробки проводилися в межах виконання науково-дослідної роботи «Хмаро орієнтована віртуалізація навчального експерименту з фізики в профільній школі» (0116U005382, 2016–2018).

Отже, роботи науковців, присвячені використанню інформаційно-комунікаційних технологій у дослідженнях в галузі фізики, охоплюють питання моделювання фізичних процесів і явищ, а також опрацювання даних фізичного експерименту. Автори A. Scopatz та K. D. Huff [13] доходять висновку, що в сучасних умовах фізик-дослідник повинен уміти створювати комп'ютерні програми в межах своєї роботи або експерименту. Державні стандарти освіти, освітні програми навчальних дисциплін і дослідники V. M. Ayer, S. Miguez та B. H. Toby [2] обґрунтовують необхідність оволодіння науковцями вмінням створювати комп'ютерні програми, які, на відміну від математичних пакетів, можна налаштувати на розв'язання вузькопрофільних задач. Також тут розглядаються можливості використання мови Python для проведення складних обчислень та візуалізації даних.

C. Blakeney [14], M. Dube [14], H. Close [14], A. Roundtree [14], М. І. Жалдак [6], Л. Р. Калапуша [7], Ю. С. Рамський [8], С. О. Семеріков [9] приділяють увагу проблемі навчання студентів, зокрема фізиків, програмуванню. Авторами дослідження [14] було створено і успішно впроваджено в освітній процес візуальне середовище програмування, яке надало студентам можливість створювати фізичні моделі, використовуючи відкриті коди мови VPython та бібліотеки Blockly. У навчальному посібнику [3] розглядаються можливості проведення студентами комп'ютерних лабораторних робіт, під час яких створюються Python-програми, що моделюють процес

зміни кількості бактерій у крові пацієнта з плином часу, хід випадкового блукання (random walk) та інші.

Вивченню особливостей наукової візуалізації різноманітних процесів присвячували свої дослідження закордонні та вітчизняні вчені, зокрема В. Л. Авербух [4], Н. В. Авербух [4], Н. В. Кулікова [15], І. Мільман [16], П. Пласкура [17], В. В. Пилюгін [16], Д. В. Семенищев [4], В. І. Тищенко [15], П. О. Шабанов [18] та ін. Водночас у вітчизняних дослідженнях даній проблемі майже не було приділено належної уваги.

Високо оцінюючи зазначені наукові розробки, ми звернули увагу, що розробці методики навчання студентів створенню комп'ютерних програм із використанням наукової графіки, заснованої на задачному підході в навчанні фізики, технічних та інших дисциплін приділено недостатньо уваги, що не сприяє достатньому формуванню у студентів предметної компетентності в умовах інформаційного суспільства.

Мета статті. Визначити сутність і роль наукової графіки та наочності, сформувати методичні рекомендації з використання науково-графічного моделювання, дослідити якісні чи кількісні зміни, динаміку графічного зображення відносин між явищами, що досліджуються під час навчання студентів фізики і технічних дисциплін у закладах вищої освіти в умовах глобальної цифровізації всіх сфер життя українського суспільства.

Для досягнення поставленої мети дослідження застосовувались наступні **методи:** ***теоретичні*** – аналіз європейських тенденцій, нормативних документів з проблеми цифровізації українського суспільства, психолого-педагогічної, науково-методичної літератури для з'ясування рівня впровадження елементів цифровізації в освітній процес з фізики та технічних дисциплін; узагальнення й систематизація досвіду використання комп'ютерних технологій у навчанні фізики та технічних дисциплін і тенденції до їхньої цифровізації; структурно-логічний аналіз змісту навчального матеріалу з фізики та технічних навчальних предметів з метою виявлення базових понять; моделювання фізичних процесів і систем; ***емпіричні*** – відбір мови програмування для педагогічного дослідження, спостереження за освітнім процесом у педагогічних закладах вищої освіти з метою визначення динаміки якості знань студентів під час використання наукової графіки.

2. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Під час досліджень у галузі навчання фізики і технічних дисциплін дослідник стикається з великою кількістю явищ і процесів, динаміка яких залежить не лише від початкових параметрів, а й від кінцевих. Тому під час вивчення, на перший погляд, нескладної задачі виникає велика кількість фрагментів дослідження, що утворюють великий інформаційний масив, який складно аналізувати без урахування додаткових перетворень.

У цьому випадку вихід можливий через розробку комп'ютерних програм моделювання процесів таких перетворень, обробку результатів моделювання, подання отриманих даних у вигляді графіків і тривимірних зображень, автоматичну каталогізацію вхідних даних моделей, вихідних даних моделювання та графічних об'єктів [15].

У цілому наукові обчислення передбачають опрацювання числових і текстових даних, результатів фізичного чи технічного експерименту, що представляються в зручному форматі та підкріплюються науковою графікою. Зазначеним вимогам повною мірою відповідає мова програмування Python, яка може бути успішно використана для створення комп'ютерних програм, що моделюють фізичні процеси та системи. У запропонованому дослідженні вибір мови Python обумовлений тим, що 1) ця мова підтримується всіма

провідними операційними системами; 2) безкоштовна, 3) має простий синтаксис, що полегшує її вивчення та читання програм, написаних різними програмістами.

Крім того, мова Python є популярною серед наукового співтовариства завдяки своїй зрозумілості та лаконічності, що забезпечує перевагу для так званого лабораторного програмування, яке здійснює дослідник, а не професійний програміст [2], [19]. Усе більшої популярності набувають проєкти, метою яких є створення бази знань для проведення фізичних та астрономічних досліджень з використанням Python. Такі бази знань є доступними через вебсайти, містять навчальні посібники, фрагменти програмного коду, посилання на ресурси, поради, обговорення, тощо [20], [21].

Також вибір мови Python обґрунтовується наявністю великої бібліотеки модулів, підключення яких вагомо розширює можливості дослідника-програміста щодо розв'язання різноманітних задач. У запропонованій статті розглянуто використання модулів NumPy та Matplotlib. NumPy (https://numpy.org/) – це базовий пакет для виконання наукових обчислень, який містить засоби опрацювання N-вимірних масивів об'єктів, складні функції, інструменти генерації і застосування випадкових чисел та інше. Matplotlib (https://matplotlib.org/) – це бібліотека 2D-графіки, завдяки якій створюються векторні зображення високої якості. Підключення модуля Matplotlib надає можливість графічного наочного відображення даних, що є важливим аспектом наукового аналізу.

Застосування Python у процесі моделювання фізичних явищ і систем дає можливість студентам, які не мають попереднього досвіду програмування, розв'язувати систему задач уже на початку курсу та реалізовувати свої дослідницькі ідеї у програмах. Розглянемо систематизовані в групи задачі [22], які можна запропонувати студентам для здійснення комп'ютерного моделювання з використанням мови програмування Python та її модулів NumPy і Matplotlib.

Аналіз використаної літератури [1; 3; 10; 13; 22] показав, що цифрові технології навчання набувають прискореного впровадження в робототехніці, мехатроніці, інноваційних технологіях, проте майже не використовуються в методиці розв'язування фізичних задач. Наукова графіка також мало використовується в методиці навчання фізики. Виходячи з цього висновку, ми здійснили аналіз задач з механіки курсу фізики і класифікували їх на п'ять типів: 1) горизонтальний рух; 2) вертикальний рух; 3) рух похилою площиною; 4) вертикальний рух сполучених невагомим зв'язком мас через блок; 5) рух мас, сполучених невагомим зв'язком, через блок похилою площиною та вертикально, – і розробили програмне забезпечення їх розв'язання, яке передбачає створення науково-графічної наочності для аналізу механічних явищ і процесів. Розглянемо приклади реалізації задуму.

Задача 1. Тіло масою 5 кг рухається горизонтально з початковою швидкістю 1 м/с під дією сили 30 Н, що напрямлена під кутом 60^0 до горизонту. Запишіть рівняння залежності переміщення від часу, якщо коефіцієнт тертя становить 0,1. Дослідити рівняння для різних умов руху.

Досліджувати механічний рух можна так, щоб змінювати один із заданих параметрів, залишивши без змін інші [3]. Завдання полягає у створенні програми, у якій буде надана можливість змінювати значення кута α від 0 до 90о, під яким напрямлена сила діє на тіло, що рухається горизонтально, та обчислювати відповідні значення фізичних величин:

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

# ініціалізація вхідних даних
m = 5.0
v0 = 1.0
F = 30.0
miu = 0.1
g = 9.8
```

```
# обчислення переміщення тіла при значенні кута 60 градусів
alpha_rads_60 = np.radians(60)
a_60 = (F*np.cos(alpha_rads_60) - miu*(m*g - F*np.sin(alpha_rads_60))) /m
x_60 = [v0*t + (a_60*t**2)/2 for t in np.arange(0,11,0.5)]

# обчислення переміщення тіла при значенні кута 45 градусів
alpha_rads_45 = np.radians(45)
a_45 = (F*np.cos(alpha_rads_45) - miu*(m*g - F*np.sin(alpha_rads_45))) /m
x_45 = [v0*t + (a_45*t**2)/2 for t in np.arange(0,11,0.5)]

# обчислення переміщення тіла при значенні кута 30 градусів
alpha_rads_30 = np.radians(30)
a_30 = (F*np.cos(alpha_rads_30) - miu*(m*g - F*np.sin(alpha_rads_30))) /m
x_30 = [v0*t + (a_30*t**2)/2 for t in np.arange(0,11,0.5)]

# визначення значень вісі x
t = np.arange(0,11,0.5)

# побудова графіків
plt.plot(t, x_60, marker='^', label = '{} = 60{}'.
         format(chr(945),chr(176)))
plt.plot(t, x_45, marker='o', label = '{} = 45{}'.
         format(chr(945),chr(176)))
plt.plot(t, x_30, marker='s', label = '{} = 30{}'.
         format(chr(945),chr(176)))

# іменування вісі x
plt.xlabel('t - час')

# іменування вісі y
plt.ylabel('x - переміщення')

# надання заголовка
plt.title('Моделювання процесу при зміні кута напрямлення сили')

# виведення легенди
plt.legend()

plt.savefig('task_2_angel_changed.png')

# виведення графіка
plt.show()
```

Далі за допомогою комп’ютерної програми, згідно з умовою задачі, одержуємо кількісні результати та формуємо науково-графічну наочність як результат виконання програми шляхом побудови графіків при зміні кута α, як показано на рисунку 1.

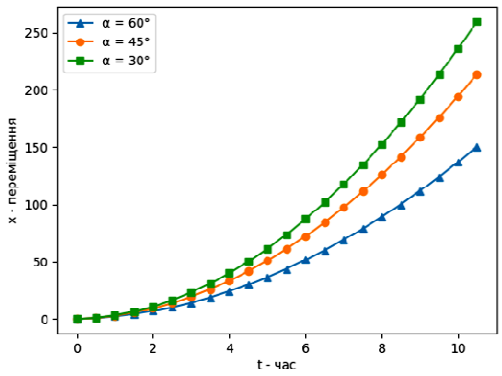

Рис. 1. Моделювання процесу руху тіла при зміні кута напрямлення сили

Потім пропонуємо суб'єктам навчання побудувати науково-графічну наочність процесу руху тіла, коли між переміщенням і напрямком дії сили кут α послідовно через кожні 10^o змінюється від 0^o до 90^o. Отримується система графіків, які дають змогу дослідити фізичний процес руху тіла за різних кутів α, встановити відповідну закономірність (рис. 1). Аналогічно досліджується залежність коефіцієнта тертя від прикладеної до тіла сили.

Такий підхід дає можливість розв'язати задачу не лише алгебраїчно, а на прикладі розробленої програми розв'язку (кількісний результат) дослідити багатогранний процес руху в залежності від динамічної зміни його параметрів. Зокрема, аналіз графіків дає можливість зробити висновок: при зменшенні значення кута, під яким напрямлена сила, збільшується прискорення та відстань, на яку переміщується тіло за певний проміжок часу.

Зміна декількох операторів програмного коду, надає можливість дослідити науково-графічну залежність переміщення тіла в часі від його маси (рис. 2).

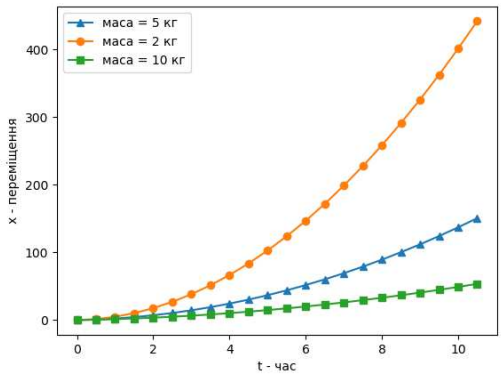

Рис. 2. Моделювання процесу при зміні маси тіла

Аналіз одержаних з допомогою розробленої комп'ютерної програми графіків, поданих на рис. 2, активізує творче мислення суб'єктів навчання, дозволяє зробити узагальнені висновки, зокрема: при збільшенні значення маси зменшується прискорення та відстань, на яку переміщується тіло. Такий висновок можна перевірити експериментально.

При розв'язуванні задач з молекулярної фізики та термодинаміки є доцільність показувати на екрані монітора одночасно розвиток теплових процесів за різних параметрів. Мова програмування Python дає можливість формувати науково-графічну наочність при розв'язуванні задач на теплові процеси. На прикладі задачі 2 пропонуємо розглянути методику розв'язання типових задач з цього розділу. Ми передбачаємо не просте одержання результату розв'язання задачі, а побудову науково обґрунтованої графічної наочності для аналізу теплових процесів.

Задача 2. Температура газів, що утворюються при згоранні палива в циліндрах двигуна автомобіля, 800 ^{o}C. Температура вихлопних газів 80 ^{o}C. Витрата бензину на 100 км шляху при швидкості 90 км/год дорівнює 10 л. Яку потужність міг би розвинути двигун, якби він являв собою ідеальну теплову машину, що працює з максимально можливим коефіцієнтом корисної дії?

Задача просто розв'язується алгебраїчним способом [22] і не носить дослідницького характеру, а тому мало впливає на формування компетентного фахівця. З традиційного розв'язку задачі *студенти не мають можливості, наприклад, дослідити зміну коефіцієнта корисної дії та потужності двигуна,* коли температуру газів, що утворюються при згоранні палива, збільшити до 1200 ^{o}C.

Цей недолік долається шляхом створення та використання комп'ютерних програм побудови графіків залежності ККД від температури та потужності від температури. При виконанні цього завдання формується цифрова компетентність, уміння дослідження теплового процесу. Тут необхідно врахувати, що для покращення науково-графічної наочності та подальшого аналізу теплового процесу доцільно визначити різні масштаби осі Y для значень ККД та значень потужності двигуна. Тому навчання буде більш ефективним, коли використаємо можливість побудови двох підграфіків в одному вікні, застосувавши метод subplot():

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

# визначення розмірів вікна
plt.figure(figsize=(8.0,4.8))

# ініціалізація вхідних даних
t_celsius_1_start = 800
t_celsius_1_end = 1200
t_celsius_2 = 80
s = 100
v = 90
V100 = np.float_power(10,-2) # переведення літрів у метри кубічні
q = 44 * 10**6
ro = 710

# переведення температури за Цельсієм у температуру за Кельвіном
t_kelvin_1_start = t_celsius_1_start + 273
t_kelvin_1_end = t_celsius_1_end + 273
t_kelvin_2 = t_celsius_2 + 273

# обчислення маси витраченого бензину
V90 = V100 * 90 / 100

# обчислення кількості теплоти
Q = q * ro * V90

# визначення значень вісі x
t = np.arange(t_kelvin_1_start-273, t_kelvin_1_end-272, 20)

# визначення значень вісі y
eta = [(t - t_kelvin_2) / t
       for t in np.arange(t_kelvin_1_start, t_kelvin_1_end+1, 20)]
N = [(value * (Q / 3600)) / 1000 for value in eta]

# побудова підграфіка залежності ККД від температури згорання палива
plt.subplot(1, 2, 1)
plt.plot(t, eta, c='blue')
plt.xlabel('t - температура')
plt.ylabel('{} - ККД'.format(chr(951)))
plt.title('Коефіцієнт корисної дії')
plt.grid(True)

# побудова підграфіка залежності потужності двигуна
# від температури згорання палива
plt.subplot(1, 2, 2)
plt.plot(t, N, c='red')
plt.xlabel('t - температура')
plt.ylabel('N - потужність')
plt.title('Потужність')
plt.grid(True)

# надання загального заголовка
plt.suptitle('Моделювання процесу при зростанні температури згорання
палива')
```

```
# виведення графіка
plt.show()
```

Такий підхід до аналізу розв'язку задачі та одержаних результатів підвищує практичну значущість навчання, спонукає студентів до висновку, що один з варіантів покращення якості пального полягає в збільшенні октанового числа і ця робота постійно триває. Підхід знаходження шляхів збільшення ККД та потужності є дослідницький, який можна реалізувати засобами наукової графіки. У такому випадку увага студентів акцентується на дослідженні теплового процесу та його науково-графічної наочності.

За даними умови задачі та функціональною залежністю між фізичними величинами згідно комп'ютерної програми будуються графіки, представлені на рисунку 3, та здійснюється їх аналіз, зокрема за зміною температури: чому графік має такий вигляд, де межі потужності та ККД при зміні температури, від чого залежить зростання температури та ін.

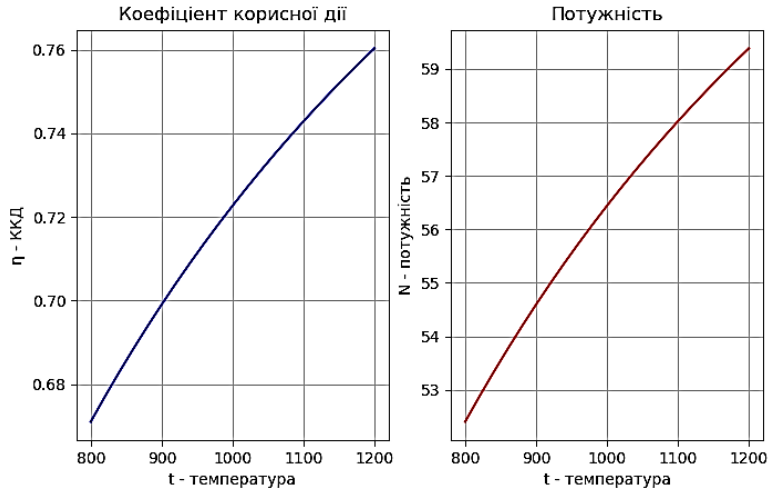

Рис. 3. Моделювання протікання теплового процесу при зростанні температури згорання палива

Отже, запропонована комп'ютерна програма розв'язування задач з термодинаміки та молекулярної фізики дає можливість побудувати науково-графічну наочність у вигляді графіків і здійснити аналіз усього теплового процесу та його закономірностей. Зокрема за результатами аналізу одержаної комп'ютерної наочності робимо висновок: при збільшенні температури згорання палива, що стає можливим при покращенні якості та кількості палива, коефіцієнт корисної дії та потужність двигуна зростають.

У навчанні механіки, молекулярної фізики, електродинаміки, атомної та ядерної фізики використовується показникова функція. Існує ряд комп'ютерних програм для їх розв'язування, проте майже не використано наукову графіку, а відповідно й науково-графічну наочність для аналізу фізичних процесів. Ми розробили Python-програму з використанням показникової функції, з допомогою якої можна описати широкий клас фізичних процесів. Для прикладу обрано задачу, де існує показникова залежність за радіоактивного розпаду речовин.

Задача 3. Два розчини в початковий момент містили однакову кількість радіоактивних атомів. Період напіврозпаду атомів першого розчину дорівнює 10 хв, а другого розчину – 30 хв. Знайдіть відношення кількостей радіоактивних атомів у розчинах через 1 годину.

Розробимо програмний код побудови графіків залежності кількостей радіоактивних атомів у розчинах від часу:

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

# ініціалізація вхідних даних
T1 = 10
T2 = 30

# визначення значень вісі x
t = np.arange(0, 90, 5)

# визначення значень вісі y
ratio_N1_to_N2 = [np.exp(np.log(np.power(2,(1/T2 - 1/T1)*t)))
                  for t in np.arange(0, 90, 5)]

# побудова графіків
plt.plot(t, ratio_N1_to_N2)
plt.xlabel('t - час')
plt.ylabel('відношення кількостей радіоактивних атомів')
plt.title('Моделювання процесу при зміні часу')

# виведення графіка
plt.show()
```

Результатом роботи програми є графік залежності відношення радіоактивних атомів двох розчинів до часу (рис. 4).

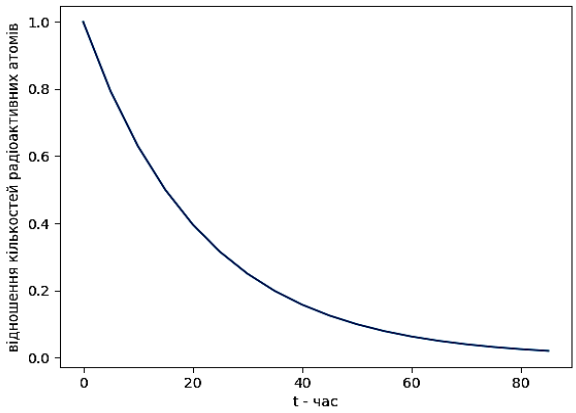

Рис. 4. Моделювання процесу розпаду ядер у часі

Така науково-графічна наочність у вигляді графіка (рис. 4) дає можливість зробити висновок, що зі збільшенням часу проведення спостереження значення відношення кількостей радіоактивних атомів у розчинах зменшується. Такий підхід активізує розумову діяльність студентів, формує дослідницьку компетентність.

Одночасно цікавою та інформативною є візуалізація процесу зміни кількості атомів у розчинах через певні проміжки часу. Для цього ми використали такий вид наукової графічної наочності, як діаграма розсіювання (scatterplots). Діаграма розсіювання є різновидом точкового графіка і представляє дані у вигляді набору точок. Позиція точки залежить від двох значень, які задають розташування у горизонтальному та вертикальному вимірі. Для побудови діаграм розсіювання використовується функція scatter() з модуля matplotlib.

Припустимо, що в початковий момент розчини містили 500 одиниць атомів. Кількість атомів, що не розпалися, обраховується за формулою:

$$N = N_0 * 2^{-\frac{t}{T}}$$

Для обох розчинів обчислимо і відобразимо на графіках кількість атомів, що не розпалися, у початковий момент, за 15, 30 та 60 хвилин після початку спостереження. Для кожного з цих моментів часу побудуємо окремий підграфік:

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

# ініціалізація вхідних даних
N0 = 500
T1 = 10
T2 = 30

# визначення кількості атомів у зазначені моменти часу
N1 = [int(N0 * np.power(2,(-t/T1))) for t in (0, 15, 30, 60)]
N2 = [int(N0 * np.power(2,(-t/T2))) for t in (0, 15, 30, 60)]

# визначення значень, які задають розташування точок
N1_0 = (0.3*np.random.rand(N1[0]),0.5*np.random.rand(N1[0]))
N2_0 = (0.32 + 0.3 * np.random.rand(N2[0]),
        0.5*np.random.rand(N2[0]))

N1_15 = (0.3*np.random.rand(N1[1]),0.5*np.random.rand(N1[1]))
N2_15 = (0.32+0.33 * np.random.rand(N2[1]),
         0.5*np.random.rand(N2[1]))

N1_30 = (0.3*np.random.rand(N1[2]),0.5*np.random.rand(N1[2]))
N2_30 = (0.32+0.33 * np.random.rand(N2[2]),
         0.5*np.random.rand(N2[2]))

N1_60 = (0.3*np.random.rand(N1[3]),0.5*np.random.rand(N1[3]))
N2_60 = (0.32+0.33 * np.random.rand(N2[3]),
         0.5*np.random.rand(N2[3]))

data = [(N1_0, N2_0), (N1_15, N2_15), (N1_30, N2_30),
        (N1_60, N2_60)]

# визначення кольорів, підписів та розміру точок
colors = ("red", "navy")
groups = ("розчин 1", "розчин 2")
area = (20 * np.random.rand(1000))

# побудова графіку
fig = plt.figure(figsize=(8.0,6.0))
plt.subplots_adjust(wspace=0.2, hspace=0.3)
fig.suptitle('Кількість радіоактивних атомів у розчинах',
             fontsize=18)

ax1 = fig.add_subplot(2, 2, 1)
for data[0], color in zip(data[0], colors):
    x, y = data[0]
    ax1.scatter(x, y, alpha=0.6, c=color, edgecolors='face', s=area)
ax1.set_title('У початковий момент')

ax2 = fig.add_subplot(2, 2, 2)
for data[1], color in zip(data[1], colors):
    x, y = data[1]
    ax2.scatter(x, y, alpha=0.6, c=color, edgecolors='face', s=area)
ax2.set_title('Через 15 хвилин')

ax3 = fig.add_subplot(2, 2, 3)
for data[2], color in zip(data[2], colors):
    x, y = data[2]
    ax3.scatter(x, y, alpha=0.6, c=color, edgecolors='face', s=area)
ax3.set_title('Через 30 хвилин')
```

```
ax4 = fig.add_subplot(2, 2, 4)
for data[3], color, group in zip(data[3], colors, groups):
    x, y = data[3]
    ax4.scatter(x, y, alpha=0.6, c=color, edgecolors='face', s=area,
                label=group)
ax4.set_title('Через 60 хвилин')

# виведення легенди
plt.legend(loc='upper center', bbox_to_anchor=(-0.2, -0.1),
           shadow = True, ncol=2)

# виведення графіка
plt.show()
```

Розроблена програма дає можливість одержати наочну діаграму розсіювання частинок (рис. 5). Аналіз отриманих студентом результатів актуалізує в нього чуттєвий досвід використання подібних функціональних залежностей з інших розділів фізики, формує усвідомлені опорні предметні компетентності.

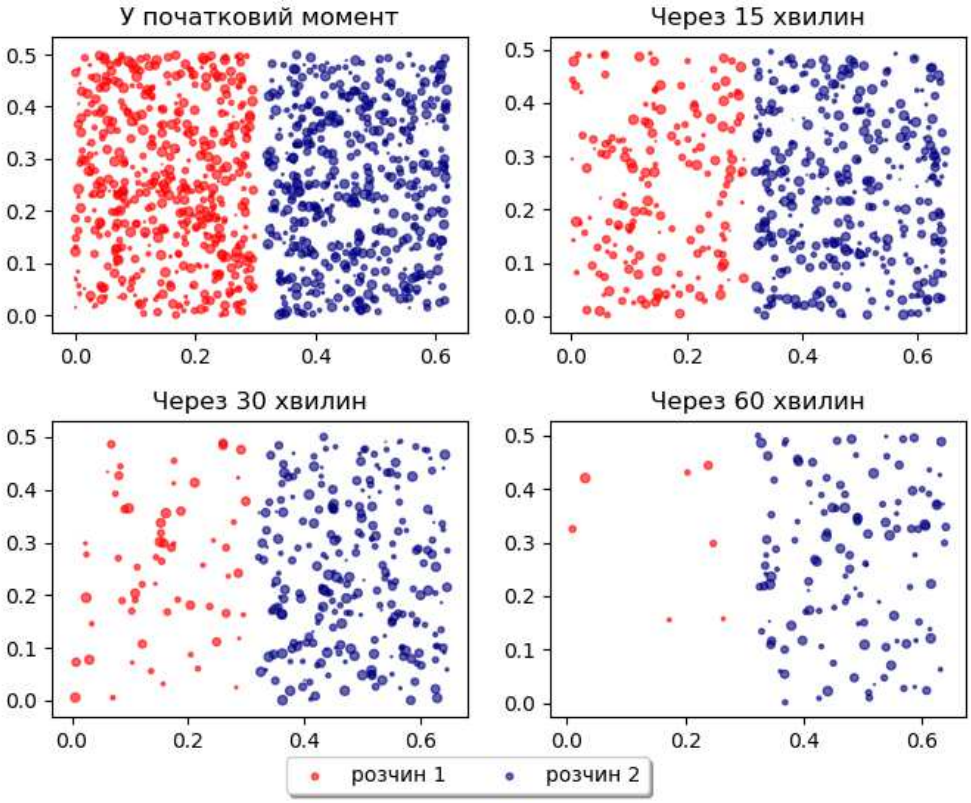

Рис. 5. Зміна кількості радіоактивних атомів у розчинах (варіант 1)

На рисунку 5 показана науково-графічна наочність, де яскраво, на основі розрахунків, показано, що кількість атомів першого розчину зменшується значно швидше, ніж кількість атомів другого розчину. Це не суперечить умові задачі, адже період напіврозпаду атомів першого розчину менший.

Розроблена програма через її удосконалення дає можливість опрацьовувати значно більшу початкову кількість атомів, наприклад, 2000 одиниць. Невеликі зміни програмного коду надають можливість побудувати діаграму розсіювання і для такої кількості атомів (рис. 6).

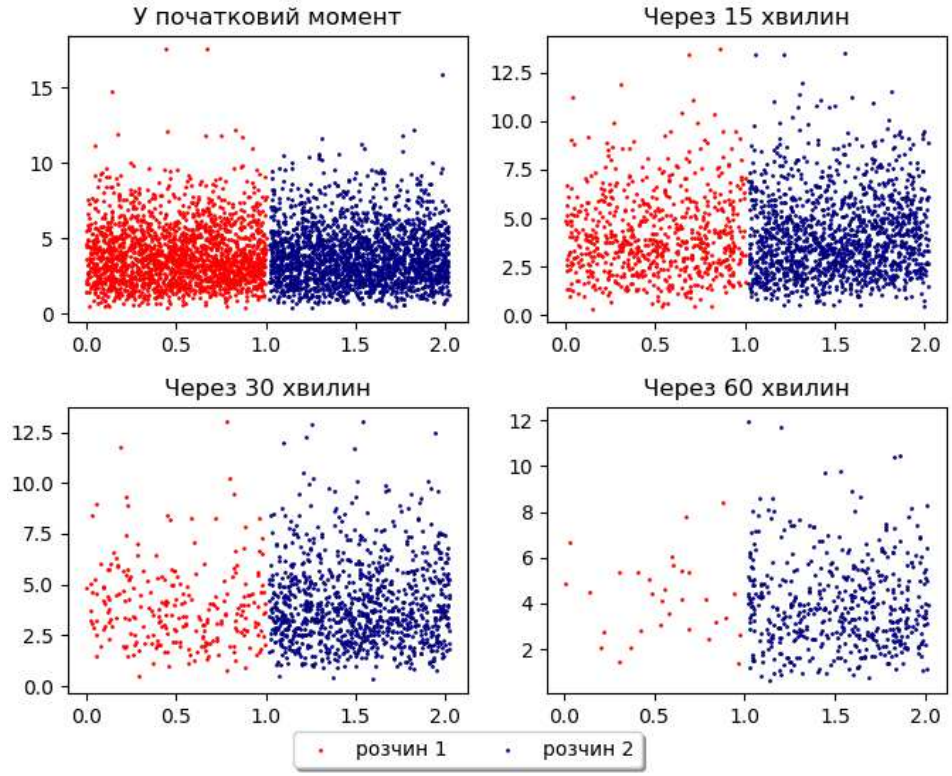

Рис. 6. Кількість радіоактивних атомів у розчинах (варіант 2)

Для перевірки ефективності методики впровадження в освітній процес з фізики та технічних дисциплін наукової графіки як науково-графічної наочності, одержаної за допомогою розробленої комп'ютерної програми, ми провели педагогічний експеримент у Центральноукраїнському державному педагогічному університеті імені Володимира Винниченка. До педексперименту було залучено викладачів авторів статті, 27 студентів експериментальної та 23 студенти контрольної груп (рис. 7).

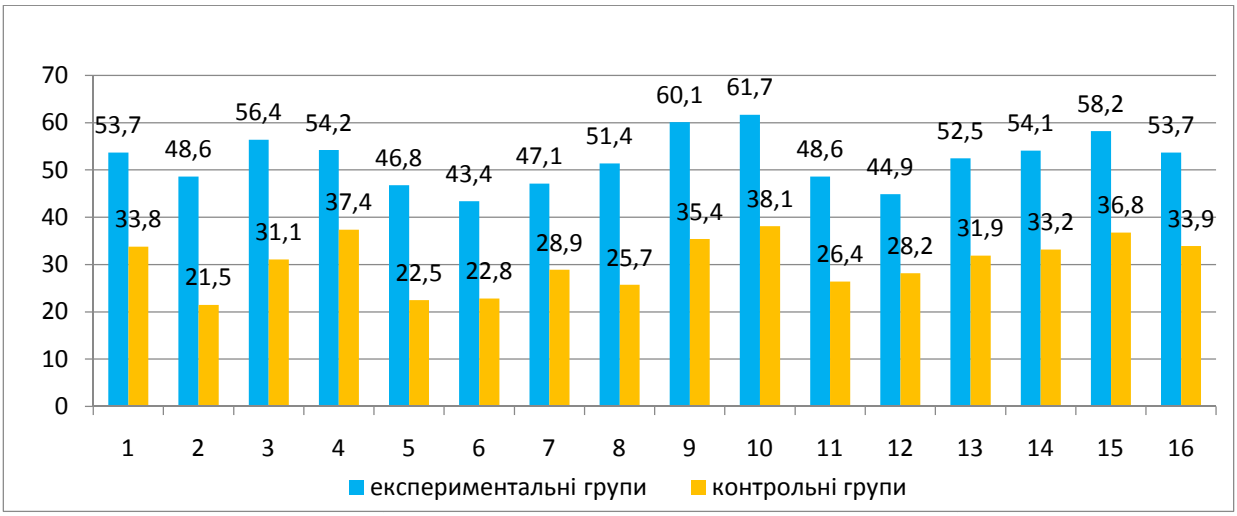

Рис. 7. Вибіркова гістограма знань студентів

Оцінка знань здійснювалася коефіцієнтом засвоєння ($K_з=N_{пр}/N_{заг}$, де $N_{пр}$ – кількість правильних відповідей, $N_{заг}$ – загальна кількість відповідей) 16 наскрізних показників

компетентності: знання поняття «наукова графіка»; мова програмування Python та її модулі NumPy і Matplotlib; знання поняття «наукова графічна наочність»; уміння користуватися комп'ютерною програмою; уміння виокремлювати базові поняття фізики; володіння аналізом одержаних графіків; здатність до порівнянь одержаних функціональних залежностей; розуміння науково-графічної наочності фізичного процесу, знання мови програмування; уміння вносити дані в комп'ютерну програму; уміння вносити корективи в комп'ютерну програму в залежності від зміни умови фізичної задачі; уміння описувати (аналізувати) науково-графічну наочність; уміння розв'язувати фізичні задачі алгебраїчним способом; уміння змінювати код у комп'ютерній програмі; сутність державної політики «цифровізації»; поняття комп'ютерного моделювання; уміння аналізувати комп'ютерні графіки.

Результати педагогічного експерименту приведені на рис. 7.

На основі приведеної діаграми ми прийшли до висновку, що запропонований нами метод використання науково-графічної наочності, яка створюється комп'ютерними програмами, є ефективним, оскільки результати навчання фізики в експериментальних групах показали позитивну динаміку зростання компетентності студентів з базових понять фізики (рис. 7).

3. ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Проведений нами аналіз праць вітчизняних і зарубіжних учених з теоретичного дослідження інтеграції інформаційних та фундаментальних природничих і технічних дисциплін у педагогічних закладах вищої освіти дозволив зробити висновок про доцільність розроблення системи інтегрованих компетентнісно-орієнтованих завдань на основі понять наукової графіки та науково-графічної наочності та впровадження їх в освітній процес.

Проведені експериментальні роботи показали перспективність визначених досліджень у напрямі поєднання можливостей використання мов програмування з вивченням фізико-технічних явищ, зокрема при розв'язуванні фізичних і технічних задач. Ефективним засобом визначено мову програмування Python та її модулі NumPy і Matplotlib, які успішно використані нами для створення комп'ютерних програм, що моделюють фізичні процеси у формі наукової графіки. Вони дали можливість реалізовувати власні навчально-дослідницькі ідеї студентів у програмах комп'ютерного моделювання. Наукова графіка забезпечує створення комп'ютерних програм для розв'язування задач практично для всього курсу фізики та відповідних технічних дисциплін педагогічних закладів вищої освіти, а науково-графічна наочність слугує засобом аналізу фізико-технічних явищ і процесів. Такий підхід активізує творче мислення та мотивацію суб'єктів навчання, спонукає студентів до узагальнень та висновків.

Ефективними є практичні рекомендації щодо застосування наукової графіки в навчанні іншим природничим дисциплінам, що забезпечить розвиток у суб'єктів навчання цифрової компетентності.

За підсумками впровадження в освітній процес розробленої нами методики створення та використання наукової графіки як засобу інтеграції знань з фізико-технічних дисциплін та інформатики проведено моніторинг знань студентів. Результати моніторингу показали значне підвищення рівня сформованості вмінь створювати наукову графіку і використовувати її як науково-графічну наочність, що сприяє розвитку цифрової компетентності, спостерігається зростання дослідницької та предметної компетентності з фізики та технічних дисциплін в експериментальних групах студентів у порівнянні зі студентами контрольних груп, що свідчить про перспективність методу та доцільність подальшого його використання в педагогічній практиці.

У перспективі варто детальніше розглянути теоретичні основи методу наукової графіки, формування на її основі науково-графічної наочності та поширення його на інші форми організації освітньої діяльності студентів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1]. О.М. Трифонова, "Взаємозв'язки принципів науковості та наочності в умовах кредитно-модульної системи навчання квантової фізики студентів вищих навчальних закладів", дис. канд. пед. наук, КДПУ ім. В. Винниченка, Кіровоград, 2009.

[2]. V. M. Ayer, S. Miguez, and B. H. Toby, "Why scientists should learn to program in Python", *Cambridge University Press. Powder Diffraction*, vol. 29, pp. 48-64, 2014. [Електронний ресурс]. Доступно: https://www.cambridge.org/core/journals/powder-diffraction/article/why-scientists-should-learn-to-program-in-python/EB88FFCC7384998768AFDAE219EF6EFA. Дата звернення: Січ. 02, 2020.

[3]. J. M. Kinder, and Ph. A. Nelson, "Student's Guide to Python for Physical Modeling", *Princeton University Press*. 150 p. 2016. [Електронний ресурс]. Доступно: https://www.academia.edu/37299222/A_Student_s_Guide_to_Python_for_Physical_Modeling.Accessed on: Jan. 02, 2020.

[4]. V.L. Averbukh, N.V. Averbukh, and D.V. Semenischev, "Activity approach in design of specialized visualization systems", *Scientific Visualization*, vol. 11, no. 3, pp. 1–16, doi: 10.26583/sv.11.3.01,

[5]. В.Ю. Биков, С.М. Вернигора, А.М. Гуржій, Л.М. Новохатько, О.М. Спірін, М.П. Шишкіна, "Проєктування і використання відкритого хмаро орієнтованого освітньо-наукового середовища закладу вищої освіти", *Інформаційні технології і засоби навчання*, Том 74, № 6. С. 1-19. 2019. [Електронний ресурс]. Доступно: https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/3499. Дата звернення: Бер. 23, 2020.

[6]. М.І. Жалдак, "Проблеми інформатизації навчального процесу в середніх і вищих навчальних закладах", *Комп'ютер у школі та сім'ї*. № 3. С. 8-15. 2013.

[7]. Л.Р. Калапуша, В.П. Муляр, А.А. Федонюк, *Комп'ютерне моделювання фізичних явищ і процесів*. Луцьк: Вежа, 2007.

[8]. Ю.С. Рамський, С.А. Хазіна, "Комп'ютерне моделювання фізичного процесу у різних програмних середовищах", *Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Серія № 2. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання*, № 6 (13), С. 93-97, 2008.

[9]. І.О. Теплицький, С.О. Семеріков, "Віртуальний фізичний лабораторний практикум" як актуальна проблема сучасної дидактики", *Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики*. Вип. 4, Т. 2: Теорія та методика навчання фізики. С. 414-421. 2004.

[10]. Д.В. Соменко, "Розвиток пізнавальної активності студентів педагогічних університетів у процесі навчання фізики з використанням інформаційно-комунікаційних технологій", дис. канд. пед. наук, КДПУ ім. В. Винниченка, Кіровоград, 2015.

[11]. М.В. Хомутенко, М.І. Садовий, О.М. Трифонова, "Комп'ютерне моделювання процесів в атомному ядрі", *Інформаційні технології і засоби навчання*. Том 45, № 1. С. 78-92. 2015. [Електронний ресурс]. Доступно: https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/1191. Дата звернення: Січ. 02, 2020.

[12]. М.І. Садовий, Н.В. Подопригора, О.В. Рєзіна, О.М. Трифонова, М.В. Хомутенко, *Хмаро орієнтовані освітні середовища у навчанні фізики та інформатики* (колективна монографія) / За наук. ред. М.І. Садового Кропивницький : ПП «Ексклюзив-Систем», 372 с., 2019.

[13]. A. Scopatz, and K. D. Huff, "Effective Computation in Physics", *O'Reilly Media, Inc*. [Електронний ресурс]. Доступно: https://www.academia.edu/31576096/Effective_Computation_in_Physics?email_work_card=view-paper. Дата звернення: Лют. 13, 2020.

[14]. C. Blakeney, M. Dube, H. Close, and A. Roundtree, "Implementing a visual programming editor for VPython", Bulletin of the American Physical Society, vol. 62, num. 3, 2017. [Електронний ресурс]. Доступно: http://meetings.aps.org/Meeting/TSS17/Event/301858. Дата звернення: Лют. 13, 2020.

[15]. Н.В. Куликова, В.И. Тищенко, "О применении научной визуализации в исследованиях движения небесных тел (P<100 лет) на больших интервалах времени", *Научная визуализация*, вып. 10, №. 5, С. 102–122, doi : 10.26583/sv.10.5.07

[16]. V.V. Pilyugin, and I. Milman, "Visual analytics and its use in the NRNU MEPhI "Scientific Visualization" laboratory activities", *Scientific Visualization*, vol. 11, no. 5, pp. 46–55, doi : 10.26583/sv.11.5.05

[17]. P. Plaskura, “Modelling of forgetting curves in educational eenvironment”, *Інформаційні технології і засоби навчання*, Том 71, № 3, С. 1–11, 2019. doi: https://doi.org/10.33407/itlt.v71i3.2368.
[18]. П.А. Шабанов, “Научная графика в Python”. [Електронний ресурс]. Доступно: https://github.com/whitehorn/Scientific_graphics_in_python. Дата звернення: Янв. 02, 2020.
[19]. Binder J.M., Stark A., Tomek N., Scheuer J., Frank F., Jahnke K.D., ... Jelezko F. “Qudi: a modular python suite for experiment control and data processing”. *SoftwareX*, vol. 6, pp. 85-90. 2017. doi: https://doi.org/10.1016/j.softx.2017.02.001.
[20]. AstroPython. [Електронний ресурс]. Доступно: http://www.astropython.org/. Дата звернення: Січ. 02, 2020.
[21]. Python Package Index. [Електронний ресурс]. Доступно: https://pypi.org/search/?q=physics. Дата звернення: Січ. 02, 2020.
[22]. В.П. Вовкотруб, М.І. Садовий, Н.В. Подопригора, О.М. Трифонова, *Вибрані задачі з фізики та варіанти їх розв’язків*, Кіровоград: ПП «Ексклюзив-Систем», 2011.

Матеріал надійшов до редакції 16.02.2020 р.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ ВО ВРЕМЯ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ И ТЕХНИЧЕСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ В ПЕДАГОГИЧЕСКИХ УНИВЕРСИТЕТАХ

Садовой Николай Ильич
доктор педагогических наук, профессор, заведующий кафедрой теории и методики технологической подготовки, охраны труда и безопасности жизнедеятельности
Центральноукраинский государственный педагогический университет имени Владимира Винниченко, г. Кропивницкий, Украина
ORCID ID 0000-0001-6582-6506
smikdpu@i.ua

Резина Ольга Васильевна
кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры информатики и информационных технологий
Центральноукраинский государственный педагогический университет имени Владимира Винниченко, г. Кропивницкий, Украина
ORCID ID 0000-0001-6077-9413
olga.riezina@gmail.com

Трифонова Елена Михайловна
кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры естественных наук и методик их обучения, докторант
Центральноукраинский государственный педагогический университет имени Владимира Винниченко, г. Кропивницкий, Украина
ORCID ID 0000-0002-6146-9844
olenatrifonova82@gmail.com

Аннотация. Статья посвящена проблеме использования научной графики во время обучения физике и техническим дисциплинам в условиях цифровизации образовательного процесса в учреждениях высшего образования. Проведенный анализ литературы, нормативных документов по проблеме цифровизации украинского общества и европейских тенденций цифровизации позволил акцентировать внимание на необходимости модернизации подходов и средств обучения в новых условиях. Отмечено необходимость разграничения научной и презентационной наглядности, что в XXI веке стало потребностью времени. Презентационная наглядность выполняет функции непосредственной иллюстрации явлений и процессов, но её возможности ограничены. Более широкие перспективы предоставляет научная наглядность, которая обеспечивает реализацию исследовательской и цифровой компетентности при обучении физике и техническим дисциплинам. В статье обосновано использование в образовательном процессе обучения физике и техническим дисциплинам научной графики. Определены преимущества языка программирования Python, как средства создания научной графики. Язык Python является популярным среди научного сообщества благодаря своей понятности и

лаконичности, что обеспечивает преимущество для так называемого лабораторного программирования, которое осуществляет исследователь, а не профессиональный программист. Этот язык поддерживается всеми ведущими операционными системами, бесплатный, имеет простой синтаксис, что облегчает его изучение и чтение программ. В статье рассмотрены несколько задач, которые мы считаем целесообразным предложить студентам для осуществления компьютерного моделирования с использованием языка программирования Python и его модулей NumPy и Matplotlib. Приведен подробный ход их решения и фрагменты программных кодов. Отмечено возможности изменения одного или нескольких параметров, что улучшает не только навыки программирования, но и понимание физико-технического содержания решения поставленной задачи.
Внедрение разработанной методики показало свою эффективность во время образовательного процесса по физике и техническим дисциплинам, что подтверждено положительной динамикой качества знаний студентов.

Ключевые слова: образовательный процесс; обучения физике и техническим дисциплинам; цифровизация; моделирование процессов; научная графика; язык программирования Python.

THE USE OF COMPUTER GRAPHICS IN TEACHING PHYSICS AND TECHNICAL DISCIPLINES AT PEDAGOGICAL UNIVERSITIES

Mykola I. Sadovyi
Doctor of Pedagogical Sciences, Professor,
Head of Department of theory and methods of technological preparation, labour and health safety
Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State Pedagogical University, Kropyvnytskyi, Ukraine
ORCID ID 0000-0001-6582-6506
smikdpu@i.ua

Olga V. Riezina
PhD of Pedagogical Sciences, Associate Professor at Department of Computer Studies and Technology
Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State Pedagogical University, Kropyvnytskyi, Ukraine
ORCID ID 0000-0001-6077-9413
olga.riezina@gmail.com

Olena M. Tryfonova
PhD of Pedagogical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at Department of Natural Sciences and their Teaching Methods
Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State Pedagogical University, Kropyvnytskyi, Ukraine
ORCID ID 0000-0002-6146-9844
olenatrifonova82@gmail.com

Abstract. The article deals with the issue on using scientific graphics during teaching physics and technical subjects in terms of digitization of the educational process in higher education institutions. We have analyzed the literature, regulatory documents disclosing the problem of digitization of Ukrainian society and European trends in digitization and emphasized the need to modernize approaches and learning tools in the modern context. The need to distinguish scientific and presentation visual aids is emphasized. In the 21st century it became a time requirement. Presentational visual aids perform the functions of direct identification of phenomena and processes. The possibilities of their research are limited. Perspectives are provided by scientific visual aids. It provides avenues for the pursuit of research and digital competences in the study of physics and technical subjects. The article substantiates the use of scientific graphics in the educational process of physics and technical subjects. The advantages of Python programming language are outlined. It is considered as a means of creating scientific graphics. Python is a popular language among the scientific community. It is clear and concise. This provides an advantage for laboratory programming, which is done by a researcher, not a professional programmer. This language is supported by all major operating systems, is free, has a simple syntax that makes it easy to learn and read programs. The article discusses several tasks that we consider appropriate to offer students to perform computer simulations using the Python programming language and its NumPy and Matplotlib modules. The detailed progress of the

solution of the problem is given, code snippets are offered. The ability to change one or more parameters is emphasized. This improves not only the programming skills but also the understanding of the physical and technical content of the solution of the task.
The implementation of the developed methodology has shown its effectiveness during the educational process in physics and technical subjects. This is confirmed by the positive dynamics of the quality of students' knowledge.

Keywords: educational process; teaching physics and technical subjects; digitization; process modeling; scientific graphics; Python programming language.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

[1]. O.M. Tryfonova, "*Correlation of scientific and visual principles under conditions of credit-module studying system in quantum physics teaching of the students of High Schools,*" dys. kand. ped. nauk, KDPU im. V. Vynnychenka, Kirovohrad, 2009. (in Ukrainian)
[2]. V. M. Ayer, S. Miguez, and B. H. Toby, "Why scientists should learn to program in Python," *Cambridge University Press. Powder Diffraction*, vol. 29, pp. 48-64, 2014. [Online]. Available: https://www.cambridge.org/core/journals/powder-diffraction/article/why-scientists-should-learn-to-program-in-python/EB88FFCC7384998768AFDAE219EF6EFA. Accessed on: Jan. 02, 2020. (in English)
[3]. J. M. Kinder, and Ph. A. Nelson, "Student's Guide to Python for Physical Modeling," *Princeton University Press*. 150 p. 2016. [Online]. Available: https://www.academia.edu/37299222/A_Student_s_Guide_to_Python_for_Physical_Modeling. Accessed on: Jan. 02, 2020. (in English)
[4]. V.L. Averbukh, N.V. Averbukh, and D.V. Semenischev, "Activity approach in design of specialized visualization systems," *Scientific Visualization*, vol. 11, no. 3, pp. 1–16, doi : 10.26583/sv.11.3.01 (in English)
[5]. V.Yu. Bykov, S.M. Vernygora, A.M. Hurzhii, L.M. Novohatko, O.M. Spirin, and M.P. Shyshkina, "The design and use of the open cloud based learning and reserch environment of a university," *Information Technologies and Learning Tools*, vol. 74, № 6. pp. 1-19. 2019. [Online]. Available: https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/3499. Accessed on: March. 23, 2020. (in Ukrainian)
[6]. M.I. Zhaldak, "Problems of Informatization of the Educational Process in Secondary and Higher Education Institutions," *Komp'yuter u shkoli ta sim'yi*, № 3. pp. 8-15, 2013. (in Ukrainian)
[7]. L.R. Kalapusha, and V.P. Mulyar, "*Computer simulation of physical phenomena and processes*." Luts'k: Vezha, 2007. (in Ukrainian)
[8]. Yu.C. Rams'kyy, S.A. Khazina, "Computer simulation of physical process in different software environments," *Naukovyy chasopys NPU imeni M.P. Drahomanova. Seriya № 2. Komp'yuterno-oriyentovani systemy navchannya*, № 6 (13), pp. 93-97, 2008. (in Ukrainian)
[9]. I.O. Teplyts'kyy, and S.O. Semerikov, "Virtual Physical Laboratory Workshop" as a Topical Problem of Modern Didactics," *Teoriya ta metodyka navchannya matematyky, fizyky, informatyky*, vol. 4, no. 2: Teoriya ta metodyka navchannya fizyky, pp. 414-421. 2004. (in Ukrainian)
[10]. D.V. Somenko, "Development of cognitive activity of students of pedagogical universities in the process of teaching physics with the use of information and communication technologies," dys. kand. ped. nauk, KDPU im. V. Vynnychenka, Kirovohrad, 2015. (in Ukrainian)
[11]. M.V. Khomutenko, M.I. Sadovyi, and O.M. Tryfonova, "Computer simulation of processes in the atomic nucleus," *Information Technologies and Learning Tools*, vol. 45, № 1. pp. 78-92. 2015. [Online]. Available: https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/1191. Accessed on: Jan. 02, 2020. (in Ukrainian)
[12]. M.I. Sadovyi, N.V. Podopryhora, O.V. Ryezina, O.M. Tryfonova, and M.V. Khomutenko, *Cloud-oriented educational environments in the teaching of physics and informatics (kolektyvna monohrafiya).* Za nauk. red. M.I. Sadovoho Kropyvnyts'kyy : PP «Eksklyuzyv-System», 372 p., 2019. (in Ukrainian)
[13]. A. Scopatz, and K. D. Huff, "Effective Computation in Physics," *O'Reilly Media, Inc*. [Online]. Available: https://www.academia.edu/31576096/Effective_Computation_in_Physics?email_work_card=view-paper Accessed on: Feb. 13, 2020. (in English)
[14]. C. Blakeney, M. Dube, H. Close, and A. Roundtree, "Implementing a visual programming editor for VPython," Bulletin of the American Physical Society, vol. 62, num. 3, 2017. [Online]. Available: http://meetings.aps.org/Meeting/TSS17/Event/301858 Accessed on: Feb. 13, 2020. (in English)

[15]. N.V. Kulikova, and V.I. Tishchenko, "On the application of scientific visualization in studies of the motion of celestial bodies (P <100 years) at large time intervals," *Nauchnaya vizualizatsiya*, vol. 10, №. 5, pp. 102–122, doi : 10.26583/sv.10.5.07 (in Russian)
[16]. V.V. Pilyugin, and I. Milman, "Visual analytics and its use in the NRNU MEPhI "Scientific Visualization" laboratory activities," *Scientific Visualization*, vol. 11, no. 5, pp. 46–55, doi : 10.26583/sv.11.5.05, (in English)
[17]. P. Plaskura, "Modelling of forgetting curves in educational eenvironment," *Information Technologies and Learning Tools*, vol. 71, № 3, pp. 1–11, 2019. doi: https://doi.org/10.33407/itlt.v71i3.2368. (in Ukrainian)
[18]. P.A. Shabanov, "Scientific Graphics in Python." [Online]. Available: https://github.com/whitehorn/Scientific_graphics_in_python. Accessed on: Jan. 02, 2020. (in Russian)
[19]. J.M. Binder et al., "Qudi: a modular python suite for experiment control and data processing," *SoftwareX*, vol. 6, pp. 85-90. 2017. doi: https://doi.org/10.1016/j.softx.2017.02.001. (in English)
[20]. AstroPython. [Online]. Available: http://www.astropython.org/. Accessed on: Jan. 02, 2020. (in English)
[21]. Python Package Index. [Online]. Available: https://pypi.org/search/?q=physics. Accessed on: Jan. 02, 2020. (in English)
[22]. V.P. Vovkotrub, M.I. Sadovyi, N.V. Podopryhora, and O.M. Tryfonova, "*Selected problems in physics and variants of their solutions*." Kirovohrad: PP «Eksklyuzyv-System», 2011. (in Ukrainian)

(cc) BY-NC-SA

This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.