

Комп'ютерний експеримент у процесі розв'язування навчально-дослідницьких задач

Анотація. В статті охарактеризовані основні етапи дослідження у процесі розв'язування навчально-дослідницьких задач з використанням систем комп'ютерної математики. Розглядається проведення комп'ютерного експерименту в середовищі програми Mathcad у процесі розв'язування задачі на визначення періоду суми тригонометричних функцій.

Ключові слова: комп'ютерний експеримент, обчислювальний експеримент, дослідницька діяльність, навчально-дослідницькі задачі, постановка проблеми, формулювання гіпотези, період функції, системи комп'ютерної математики.

Уміння використовувати інформаційно-комунікаційні технології математичного призначення для підтримки навчально-дослідницької діяльності студентів та як дослідницький інструментарій є важливим компонентом в системі професійних та загальнокультурних компетентностей студентів фізико-математичних спеціальностей.

Серед можливостей застосування засобів комп'ютерних математичних пакетів особливого значення набувають проведення автоматизованих чисельних та символічних розрахунків. Але не менш значимі можливості використання цих програм як засобу проведення експериментальної роботи та аналізу її результатів. Важливим результатом навчання математичної інформатики є розширення і поглиблення знань студентів за рахунок надання студентам можливості моделювання, імітації за допомогою комп'ютера досліджуваних процесів і явищ, організації на цій основі дослідницької діяльності, умінь створювати комп'ютерні моделі та проводити обчислювальний експеримент на їх основі.

Особливого значення під час використання засобів ІКТ в навчальному процесі набуває врахування і розвиток неформалізованих, творчих компонентів мислення: реалізація проблемної ситуації або постановка задачі, самостійне визначення набору операцій, які необхідно виконати для отримання розв'язку задачі; генерування здогадок і гіпотез у процесі пошуку основної ідеї щодо способів відшукування розв'язків [6, с.3].

У ході аналізу методичної та психолого-педагогічної літератури з'ясовано, що питанням організації дослідницької діяльності студентів у процесі навчання присвячено досить багато наукових праць. Свідченням ефективності та доцільності використання програмного забезпечення математичного призначення для підтримки навчання дисциплін природничо-математичного циклу учнів і студентів та для розширення досвіду експериментальної та дослідницької роботи є праці Є. Ф. Вінниченка, Ю. В. Горошка, М. І. Жалдака, В. І. Ключка, Т. Г. Крамаренко, Т. П. Кобильника, Н. В. Морзе, С. А. Ракова, Ю. С. Рамського, Ю. В. Триуса та ін.

В. І. Андреев [7], О. В. Баранова [1], В. О. Далінгер [4], О. І. Савенков [9] та ін. сходяться на тому, що більшість навчальних дослідницьких завдань – це невеликі пошукові задачі, для розв'язування яких необхідно пройти всі або більшість етапів дослідження:

- постановка задачі (проблеми);
- побудова плану дослідження;
- спостереження та вивчення фактів і явищ, аналіз наявних відомостей стосовно питання, яке розглядається;
- експериментування: проведення обчислювального експерименту, випробування, вимірювання, спостереження тощо з метою одержати фактичний матеріал;
- систематизація та аналіз одержаного фактичного матеріалу;
- формулювання гіпотез;
- розв'язування, пояснення і перевірка отриманих результатів;
- доведення або спростування гіпотез;
- висновки про можливе і необхідне застосування отриманих знань.

У процесі навчання математичної інформатики, вивчаючи комп'ютерні математичні пакети як засоби дослідницької діяльності, необхідно розглянути описані етапи дослідження, дати студентам рекомендації щодо їх реалізації, розглянути приклади розв'язування дослідницьких задач за допомогою систем комп'ютерної математики.

Дослідження починається з постановки проблеми або задачі, виявлення незрозумілих явищ, які підлягають дослідженню.

Проблема – в широкому розумінні складне теоретичне або практичне питання, яке потребує розв'язування, вивчення і дослідження; в науці – суперечлива ситуація, що виступає у вигляді протилежних позицій в поясненні будь-яких явищ, об'єктів, процесів і потребує адекватної теорії для її розв'язування. Формою стислого виразу проблеми, як правило, є питання або система питань [3, с. 130].

Важливо знайти проблему, яку студенти можуть досліджувати і дослідження якої їх зацікавить. Для пошуку проблеми в процесі навчання математичної інформатики студентам можна запропонувати загальну схему (рис.1) основних можливих напрямів досліджень з використанням засобів комп'ютерних математичних пакетів (Gran, Mathcad, Mathematica, Maxima, Maple та ін.).



Рис. 1. Можливі напрями застосування систем комп'ютерної математики

На схемі зображені деякі галузі, які можна вивчати, використовуючи системи комп'ютерної математики. Студент обирає галузь, яка найбільше його цікавить, і продовжує схему, описуючи розділи, які вивчаються в цій галузі, які задачі розв'язуються і які засоби комп'ютерних математичних пакетів застосовуються до розв'язування задач з того чи іншого розділу.

Важливою рисою будь-якого дослідника є вміння відшукати щось незвичайне в звичайному, побачити складності і протиріччя там, де на першій погляд здається все звичним, ясным і простим. Один із способів розвивати вміння бачити проблеми – вчитися дивитись на одні й ті самі предмети з різних сторін, ставити питання: що відбудеться, якщо?

Визначити мету дослідження – означає відповісти на питання про те, для чого проводиться дослідження. Формулювання мети дослідження починається зі слів: виявити, визначити, вивчити, дізнатися... На основі завдань дослідження зазвичай уточнюють мету. Якщо за метою визначається загальний напрям руху, то в завданнях описуються основні кроки розв'язування задачі чи виконання завдання.

На початку дослідження необхідно розробити попередній план дослідження. Але потрібно враховувати, що під час проведення роботи план зазвичай доводиться доопрацьовувати і вдосконалювати. Дослідження – творчий процес, і часто щось необхідно доповнити, а від чогось відмовитися.

Для того, щоб скласти план дослідження, потрібно відповісти на питання: як можна дізнатися щось нове про те, що досліджується? Для цього необхідно визначити, якими інструментами, засобами або методами можна скористатися.

Можливі шляхи і способи дослідження:

1. Подумати самому (саме з цього найкраще починати будь-яку дослідницьку роботу). Відповісти на питання: що я знаю про це, які висновки я можу зробити з того, що мені вже відомо?

2. Аналіз літературних джерел: довідники, енциклопедії, монографії, наукові статті, електронні джерела. Записати все, що вдалося дізнатися з літератури про досліджувану проблему.

3. Комп'ютерний експеримент: побудувати математичну модель об'єктів вивчення; провести спостереження та обчислювальний експеримент; підготувати схеми, графіки, рисунки; записати все, що вдалося дізнатися про предмет дослідження.

Етап комп'ютерного експерименту становить основний зміст розв'язування дослідницької задачі за допомогою комп'ютера.

Комп'ютерний експеримент – це метод дослідження, заснований на вивченні математичної (інформаційної) моделі за допомогою комп'ютера.

Під комп'ютерним експериментом розуміють маніпулювання віртуальними моделями математичних об'єктів, що супроводжується або збиранням даних про досліджувані властивості цих об'єктів з їх фіксацією, наприклад, в електронних таблицях, або спостереженням за характером зміни цих властивостей на екрані комп'ютера [13].

Технологічний цикл комп'ютерного експерименту складається з побудови математичної моделі, розробки методу аналізу математичної моделі, програмування, виконання обчислень за допомогою комп'ютера, аналіз розрахунків та узагальнення одержаних результатів.

Математичне моделювання – це метод дослідження перебігу процесів чи явищ шляхом побудови системи математичних співвідношень (математичних моделей), що є описами досліджуваних об'єктів, та їх подальшого вивчення [2, с.29]. Математичне моделювання здійснюється з використанням методів і засобів математики та логіки, і зокрема з використанням комп'ютеризованих експериментів. Дослідження математичних моделей в процесі комп'ютерного обчислювального експерименту дає змогу передбачити розвиток процесу, розрахувати його характеристики, здійснювати управління цими процесами, проектувати системи з бажаними характеристиками тощо.

Самарський О. А. зазначає, що основою обчислювального експерименту є математичне моделювання, теоретичною базою – прикладна математика, а технічною – потужні засоби інформаційно-комунікаційних технологій [10, с.28].

Обчислювальний експеримент – це проведення теоретичних досліджень, заснованих на експериментуванні з комп'ютерною математичною моделлю [12, с.29].

Суть його найчастіше зводиться до повторення однотипних, однакових за змістом серій обчислень за зміни вхідних даних, або до пошуку відповіді на питання «Що відбудеться, якщо...?».

Дослідження математичних моделей реальних об'єктів часто (але не завжди) передбачає виявлення виду функціональних залежностей між характеристиками цих об'єктів. Відомо, що одним із можливих способів дослідження функціональних залежностей між змінними є подання цих залежностей графічно. Таку роботу зручно проводити в спеціалізованих середовищах для моделювання з використанням відповідних комп'ютерних математичних пакетів програм.

У процесі комп'ютерного експерименту за характеристиками математичної моделі обчислюються значення параметрів і робляться висновки про властивості явища, що досліджується.

Під час комп'ютеризованого експерименту може виконуватися науково поставлений дослід чи споглядання явища у чітко визначених умовах, що дозволяє стежити за проявами явищ чи перебігом досліджуваних процесів, здійснювати управління ними, відтворювати щоразу за повторення цих умов на основі використання комп'ютерних програмних засобів математичного призначення, зокрема комп'ютерних математичних пакетів.

Проте комп'ютеризований експеримент можна лише умовно вважати експериментом, оскільки за допомогою нього не відображаються реально природні явища, а лише здійснюється чисельний аналіз математичної моделі, що створена людиною.

В [13] звертається увага на доцільність застосування комп'ютеризованого експерименту з метою реалізації таких функцій:

- комп'ютеризований експеримент є візуальною основою для проведення логічних міркувань у процесі розв'язування навчально-дослідницьких задач, доведення теорем;
- комп'ютеризований експеримент застосовується на етапі висунення гіпотези;
- комп'ютеризований експеримент застосовується для обґрунтування істинності певного твердження.

Одне з важливих умінь дослідника – уміння висувати гіпотези, робити припущення, шукати їх обґрунтування, доводити або спростовувати. Для цього дослідник разом із застосуванням комп'ютерних програмних засобів повинен проявити оригінальність, гнучкість, високу продуктивність мислення і достатній запас знань з предметної галузі.

Розглянемо приклад. Студенти фізико-математичних спеціальностей вміють визначити період тригонометричної функції. Але як, наприклад, визначити період суми тригонометричних функцій? Це питання використаємо для постановки проблеми.

Задача. Визначити період суми тригонометричних функцій.

Розглянемо функцію $f(x) = \sin x + \sin 2x$. Застосуємо засоби програми Mathcad у процесі дослідження періоду тригонометричних функцій. За графіком (рис.2) видно, що період даної функції – 2π , оскільки період функції $\sin 2x$ – π , а період функції $\sin x$ – 2π . В одну хвилю $\sin x$ вкладається дві хвилі $\sin 2x$. Найменший спільний період – 2π .

Розглянемо функцію $g(x) = \sin 3x + \sin 5x$. За графіком (рис. 3) видно, що період цієї функції також 2π . Але чому так? Можливим поясненням може бути те, що період функції $\sin 3x$ становить $\frac{1}{3}(2\pi)$ (три хвилі в межах 2π), а для функції $\sin 5x$ період $\frac{1}{5}(2\pi)$ (5 хвиль в межах 2π). Тому 2π – найменша спільна хвиля.

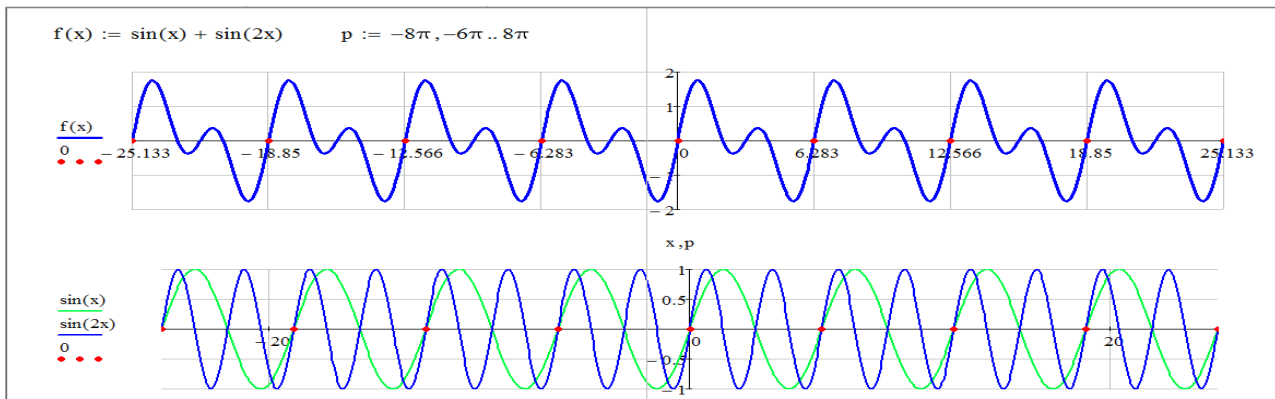


Рис. 2

Якщо розглядати менш зручні числа, тоді розв'язок не такий очевидний. Розглянемо суму $t(x) = \sin \frac{8}{3}x + \sin \frac{16}{9}x$, а також $h(x) = \sin \frac{20}{7}x + \sin \frac{15}{7}x$. В даному випадку важко визначити період суми

функцій за графіком (рис. 4). Однак, період кожного окремого доданку відомий. Приходимо до питання: якщо період однієї функції $\frac{a}{b}$, а період другої $\frac{c}{d}$, то який період їх суми?

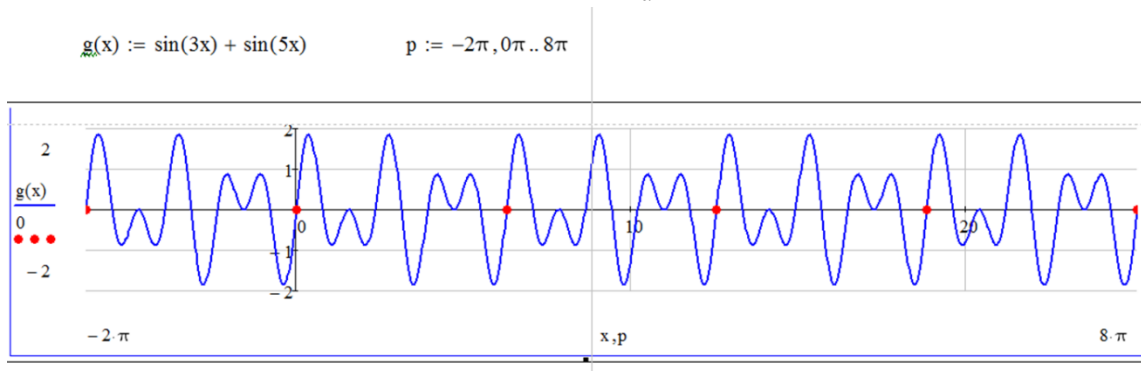


Рис. 3

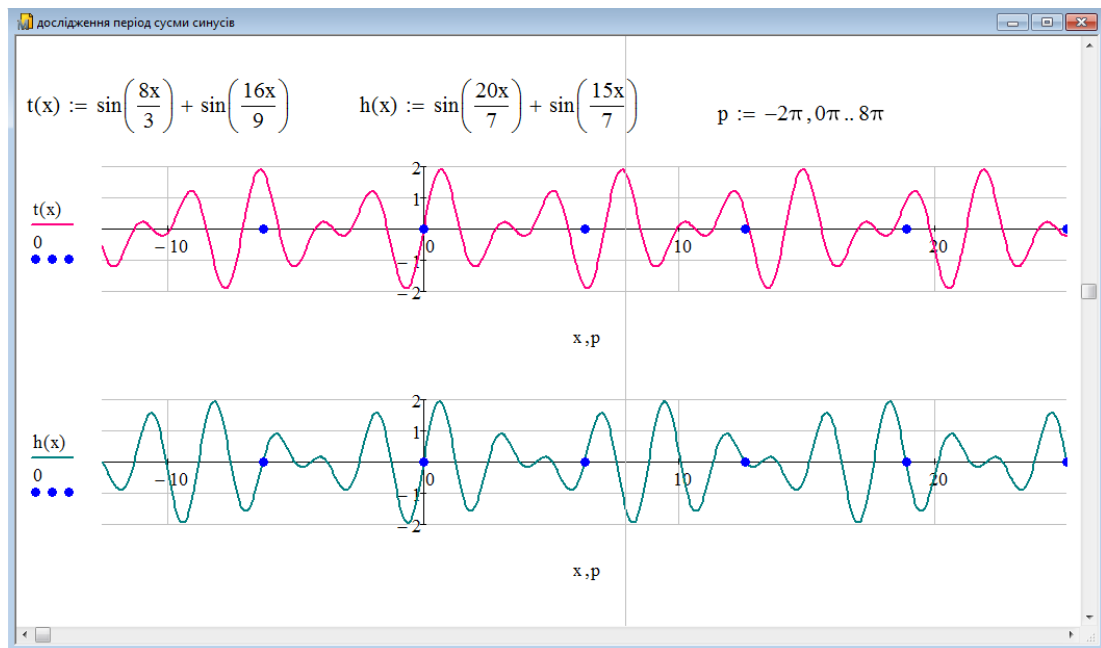


Рис. 4

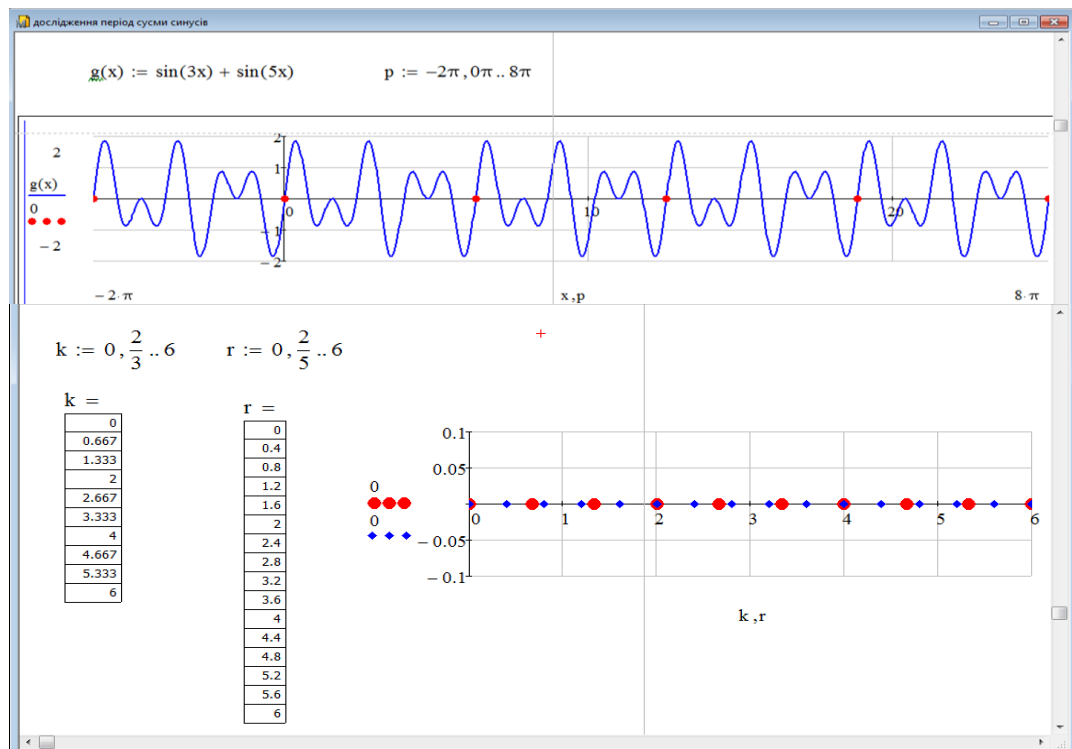


Рис. 5

Розглянемо суму $g(x) = \sin 3x + \sin 5x$. Уявимо кожен період як стрибок на числовій прямій від початку відліку. Якщо в першому випадку відбувається стрибок з кроком $2/3$, а в другому – з кроком $2/5$, в яких точках вони збігаються, подібно до найменшого спільного кратного двох цілих чисел? Наприклад, одна й та сама числова пряма може слугувати для ілюстрації спільних кратних чисел для 3 і 5. Стрибки відбуваються в різних точках, але найменше спільне кратне є першою спільною точкою стрибків.

На графіку (рис. 5) видно, що найменшою спільною точкою стрибків з кроком $2/3$ і $2/5$ є точка 2, а період функції $g(x) = \sin 3x + \sin 5x$ становить 2π . Позначимо через $HCKp\left(\frac{a}{b}, \frac{c}{d}\right)$ спільну точку стрибків з кроком $\frac{a}{b}$ та $\frac{c}{d}$.

Значить для $\frac{2}{5}$ і $\frac{2}{3}$ $HCKp\left(\frac{2}{5}, \frac{2}{3}\right) = 2$. Яким чином з чисел $\frac{2}{5}$ і $\frac{2}{3}$ можна одержати 2?

Припустимо, $HCKp\left(\frac{a}{b}, \frac{c}{d}\right) = \frac{HCK(a,c)}{НСД(b,d)}$. Тоді $HCKp\left(\frac{3}{4}, \frac{9}{8}\right) = \frac{9}{4}$, а $HCKp\left(\frac{7}{10}, \frac{14}{15}\right) = \frac{14}{5}$. Дійсно, з рис. 6 видно, що період функції $t(x)$ дорівнює $\frac{9}{4}\pi$, а період функції $h(x)$ – $\frac{14}{5}\pi$. Доведення встановленого твердження розглядається в [14].

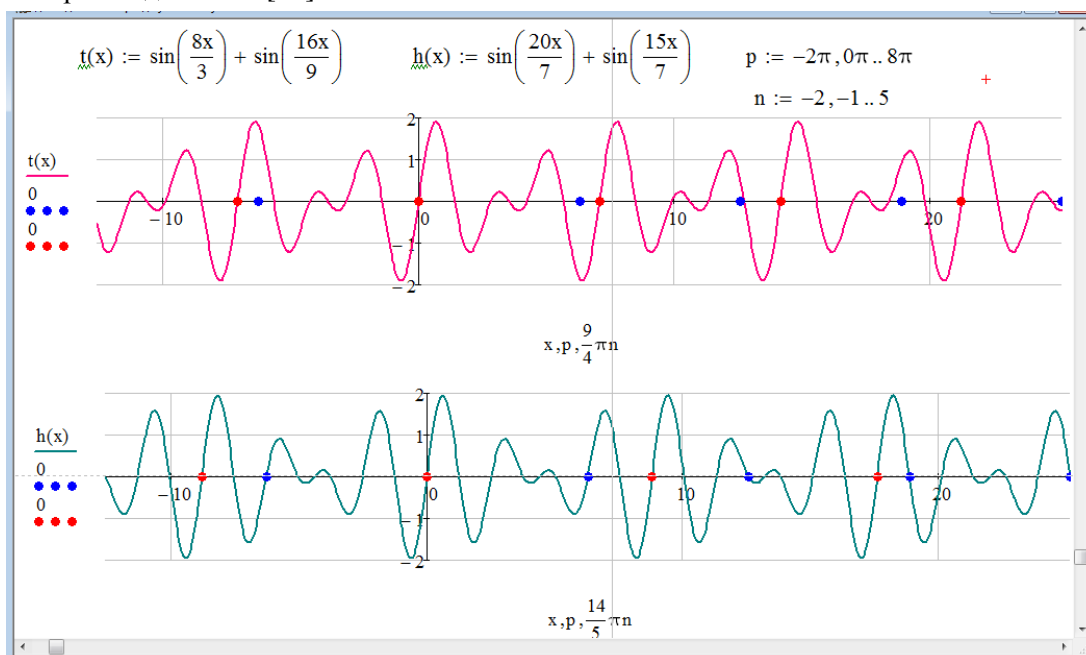


Рис. 6

Твердження: для раціональних чисел $\frac{a}{b}$ та $\frac{c}{d}$ (a, b, c, d – натуральні числа) «найменше спільне кратне» дорівнює частці найменшого спільного кратного чисел a і c та найбільшого спільного дільника чисел b і d :

$$HCKp\left(\frac{a}{b}, \frac{c}{d}\right) = \frac{HCK(a,c)}{НСД(b,d)}$$

Доведення

Спочатку доведемо, що $\frac{HCK(a,c)}{НСД(b,d)}$ є кратним до $\frac{a}{b}$.

Розглянемо $\frac{HCK(a,c)}{НСД(b,d)} \div \frac{a}{b} = \frac{HCK(a,c)}{НСД(b,d)} \cdot \frac{b}{a} = \frac{HCK(a,c)}{a} \cdot \frac{b}{НСД(b,d)}$ – натуральне число як добуток двох натуральних чисел.

Аналогічно $\frac{HCK(a,c)}{НСД(b,d)}$ кратне до $\frac{c}{d}$. Тому $\frac{HCK(a,c)}{НСД(b,d)}$ – спільне кратне до $\frac{a}{b}$ і $\frac{c}{d}$.

Доведемо, що $\frac{HCK(a,c)}{НСД(b,d)}$ – найменше спільне кратне до $\frac{a}{b}$ і $\frac{c}{d}$.

Очевидно, що $HCK(a,c)$ є кратним до $\frac{a}{b}$ і $\frac{c}{d}$. Будь-яке інше кратне до $\frac{a}{b}$ і $\frac{c}{d}$ має вигляд $\frac{HCK(a,c)}{m}$ для деякого раціонального числа m .

Припустимо, від супротивного, що існує раціональне число m таке, що:

- 1) $\frac{HCK(a,c)}{m}$ – спільне кратне $\frac{a}{b}$ і $\frac{c}{d}$;
- 2) $\frac{HCK(a,c)}{m}$ є меншим від $\frac{HCK(a,c)}{НСД(b,d)}$.

Якщо $m < НСД(b,d)$, то п.2) не має місця.

Якщо $m > НСД(b,d)$, то повинен бути простий множник, відмінний від множників b або d . В цьому випадку $\frac{HCK(a,c)}{m}$ не є кратним $\frac{a}{b}$ і $\frac{c}{d}$, тому п.1) не має місця. Отже, $m = НСД(b,d)$. Твердження доведено.

В цій задачі розглядається сума синусів, але результати можна застосувати і для інших періодичних функцій. Завдяки графічним засобам програми Mathcad поставлене припущення (гіпотезу) легко перевірити, студенти можуть згенерувати кілька своїх прикладів. Дослідження можна розширити (продовжити) для суми чи різниці кількох функцій. Комбінування періодичних функцій надає цікаве поле для досліджень і діяльності в теоретичних математичних дослідженнях.

Легкість генерування графіки в системі комп'ютерної математики Mathcad є невіддільним від даного дослідження. Застосування засобів систем комп'ютерної математики надає можливість миттєвої візуалізації і має важливе значення для підтримки таких досліджень, створює необмежений простір для тестування і генерування здогадок, гіпотез, припущень.

Фактично в цьому прикладі спостерігається спроба застосувати поняття теорії чисел до раціональних чисел, що сприяє ширшому розгляду понять теорії чисел (подібно до того як афінна система координат в геометрії є розширенням поняття декартової системи координат), розширює межі для відкриття нового. Доповненням до теоретичних досліджень є практичне застосування: спосіб визначення періоду суми періодичних функцій, якщо періоди пропорційні.

Результат цього дослідження можна застосовувати в процесі моделювання явищ (наприклад, процесів коливання, що описуються за допомогою таких сум) у фізиці.

Список використаних джерел

1. Баранова Е.В. Методические основы использования учебных исследований при обучении геометрии в основной школе / Е.В. Баранова: дисс. ... канд. пед. наук. – Саранск, Арзамасский педагогический государственный институт им. А.П.Гайдара, 1999. – 163 с.
2. Горошко Ю.В. Система інформаційного моделювання у підготовці майбутніх вчителів математики та інформатики: дис. ... докт. пед. наук: 13.00.02 / Ю.В. Горошко. – Київ, Національний педагогічний університет ім. М.П. Драгоманова, 2013. – 470 с.
3. Гончаренко С.У. Український педагогічний словник / С.У. Гончаренко. – К.: Либідь, 1997. – 375 с.
4. Далингер В.А. Учебные исследования по математике как средство овладения учащимися творческой деятельностью // Международный журнал экспериментального образования. – 2014. – №3. – С. 142 – 144.
5. Жалдак М.І. Математика з комп'ютером / Жалдак М.І., Горошко Ю.В., Вінниченко Є.Ф.; Посібник для вчителів. – 3-тє видання. – К.: Видавництво НПУ імені М.П. Драгоманова, 2015. – 315 с.
6. Жалдак М.І. Інформатизація навчального процесу має сприяти поглибленню і розширенню бази знань – основи творчої діяльності майбутнього фахівця // Науковий часопис НПУ ім. М.П. Драгоманова. Серія №2. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання. – К.: НПУ ім. М.П. Драгоманова. – 2016. – №18(25). – С. 3 – 6.
7. Интенсификация творческой деятельности студентов / под ред. В.И. Андреева, Г. Мельхорна. – Казань: Издательство Казанского университета, 1990. – 200 с.
8. Рамський Ю.С. Формування компетентностей майбутніх вчителів інформатики та математики у галузі моделювання / Ю.С. Рамський, М.В. Рафальська // Науковий часопис НПУ ім. М.П. Драгоманова. Серія №2. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання. – К.: НПУ ім. М.П. Драгоманова. – 2011. – №12(19). – С. 117 – 127.
9. Савенков А.И. Путь в неизведанное. Как развивать свои исследовательские способности / А.И. Савенков. – М.: Генезис, 2005. – 95 с.
10. Самарский А.А. Компьютеры, модели, вычислительный эксперимент. Введение в информатику с позиций математического моделирования / А.А. Самарский. – М.: Наука, 1988. – 176 с.
11. Семеріков С.О. Фундаменталізація навчання інформатичних дисциплін у вищій школі: Монографія / науковий редактор академік АПН України, д.пед.н., проф. М.І. Жалдак. – К.: НПУ імені М.П. Драгоманова, 2009. – 340 с.
12. Теплицький І.О. Елементи комп'ютерного моделювання / І.О. Теплицький. – Кривий Ріг: КДПУ, 2005. – 208 с.

13. Шабанова М.В., Ширикова Т.С. Компьютерный эксперимент в системе методов работы с теоремой [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. – 2013, №2. – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/kompyuternyy-eksperiment-v-sisteme-metodov-raboty-s-teoremoj-1> (дата обращения: 20.12.2016).

14. Rina Zazkis, Jeffrey Truman. From Trigonometry to Number Theory...and Back: Extending LCM to Rational Numbers // Digit Exp Math Educ. – Springer International Publishing, 2015.

Компьютерный эксперимент в процессе решения учебно-исследовательских задач

Бугаец Н.А.

Аннотация. В статье охарактеризованы основные этапы исследования в процессе решения учебно-исследовательских задач с использованием систем компьютерной математики. Рассматривается проведение компьютеризованного эксперимента в среде программы Mathcad для решения задачи на определение периода суммы тригонометрических функций.

Ключевые слова: компьютерный эксперимент, вычислительный эксперимент, исследовательская деятельность, исследовательские задачи, постановка проблемы, период функции, системы компьютерной математики.

Computer experiment in solving the training research tasks

Bugayets Nataliya

Resume. In the article are described the main steps of the research in the process of solving educational and research problems using computer algebra systems. Considered holding a computer simulation in the program environment of Mathcad to solve the problem to find period of the amount of trigonometric functions.

Key words: computer simulation, computing experiment, research activities, research tasks, formulation of the problem, period of the function, computer algebra system.

УДК 37.022+004.414

Лапінський В. В.

Інститут педагогіки НАПН України

Сучасні вимоги до засобів подання навчального матеріалу електронними освітніми ресурсами

Анотація. Охарактеризовано результати дослідження проблем, які виникають у процесі становлення і поширення нового явища – електронного освітнього ресурсу. Описано особливості відповідних засобів навчання й шляхи ефективного його використання.

Ключові слова: засоби навчання, електронні освітні ресурси, дидактичні умови.

Постановка проблеми. Сучасні засоби навчання сьогодні не можна уявити без використання засобів відтворення, заснованих на цифровому опрацюванні й поданні. Покращення роздільних характеристик зображення, разом з появою доступних для використання у навчально-виховному процесі засобів зберігання і перенесення значних (до п'яти-десяти гігабайтів) обсягів даних, створило передумови для створення так званих "бібліотек електронної наочності", тобто наборів зображень (у т.ч. рухомих), отриманих шляхом натурних зйомок або створених у графічних редакторах. Разом з тим, безумовно позитивний ефект застосування сучасних засобів унаочнення не завжди виявляється повною мірою, оскільки механічне перенесення вимог до традиційних засобів унаочнення на сучасні засоби унаочнення не дає можливості використати переваги комп'ютеризованих засобів відтворення зображення.

Аналіз останніх досягнень. Ретроспективний аналіз розробок 60-х і 70-х років минулого сторіччя дозволяє дійти висновку, що одним з перших ЕОР, доведених до практичного застосування, була розроблена у Києві під керівництвом О. М. Довгялло система СПОК-ВУЗ. Первинним призначенням системи була підготовка операторів і користувачів ЕОМ. У системі було передбачено можливість розробки та застосування в навчальному процесі наочно-орієнтованих навчальних курсів з управлінням у відповідності до алгоритмів, які були описані в процесі створення курсу; використання для підтримки курсу додаткових аудіовізуальних засобів [1, с. 41-47].

Підходи, використані при створенні цього та подібних програмно-апаратних комплексів, узагальнено у дослідженнях М. І. Жалдака, Ю. С. Рамського, О. М. Спіріна, Ю. І. Машбиця, Ю. О. Жука та інших науковців [11; 3; 9; 10]. В Україні, починаючи з 90-х років, здійснено досить велику кількість наукових розробок та дисертаційних досліджень, так чи інакше спрямованих на впровадження у навчально-виховний процес засобів навчання, заснованих на використанні інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ).

Ще у 2004 році Ю. С. Рамським та О. В. Резіною (НПУ імені М.П. Драгоманова) було розроблено один з перших посібників для вчителів з метою підтримки навчання Інтернет-технологій та навчально-програмний комплекс "Пошук-Мета" [10], до складу якого входив програмний засіб, одним з модулів якого була програма-тренажер, для імітування функціонування пошукової системи "Мета" в мережі Інтранет. Відповідний електронний посібник вже було реалізовано у вигляді гіпертекстової системи з використанням елементів мультимедіа.