

DOI: 10.36910/6775-2524-0560-2020-40-09

УДК: УДК 37.016:51]:004

Миронюк Лілія Павлівна, к.ф.-м.н., доцент

<https://orcid.org/0000-0002-4822-659X>

Ройко Лариса Леонідівна, к.пед. н., доцент

<https://orcid.org/0000-0002-7318-0925>

Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, м. Луцьк, Україна

WOLFRAM|ALPHA ЯК ЗАСІБ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ НАВЧАННЯ КУРСУ «ВИЩА МАТЕМАТИКА»

Миронюк Л. П., Ройко Л. Л. *Wolfram|Alpha* як засіб оптимізації процесу навчання курсу «Вища математика». У статті запропоновані можливості використання web-сервісу *Wolfram|Alpha* з метою оптимізації процесу навчання курсу «Вища математика» для студентів нематематичних спеціальностей. Наведені приклади розв'язування завдань ресурсами *Wolfram|Alpha*, вказані переваги та недоліки цього web-сервісу при застосуванні у навчальному процесі.

Ключові слова: оптимізація процесу навчання, вища математика, інформаційно-комунікаційні технології, *Wolfram|Alpha*.

Миронюк Л. П., Ройко Л. Л. *Wolfram|Alpha* как средство оптимизации процесса обучения курса «Высшая математика». В статье предложены возможности использования web-сервиса *Wolfram|Alpha* с целью оптимизации процесса обучения курса «Высшая математика» для студентов нематематических специальностей. Приведены примеры решения задач ресурсами *Wolfram|Alpha*, указаны преимущества и недостатки этого web-сервиса при применении в учебном процессе.

Ключевые слова: оптимизация процесса обучения, высшая математика, информационно-коммуникационные технологии, *Wolfram|Alpha*.

Myroniuk L. P., Royko L. L. *Wolfram|Alpha* as a way of the optimization the learning process of the course «Higher Mathematics». The article offers the usage possibility of the web-service *Wolfram|Alpha* in order to optimize the learning process of the course «Higher Mathematics» for non-mathematical specialties students. Examples of completed tasks with *Wolfram|Alpha* resources are given, the advantages and disadvantages of this web-service in the educational process are explained.

Keywords: optimization of the learning process, higher mathematics, information and communication technologies, *Wolfram|Alpha*.

Постановка наукової проблеми. Освіта – це стратегічний ресурс соціально-економічного, культурного і духовного розвитку суспільства, поліпшення добробуту людей, забезпечення національних інтересів, зміцнення міжнародного авторитету й формування позитивного іміджу держави, створення умов для самореалізації кожної особистості [6]. Враховуючи інтеграцію України у світовий освітній простір, необхідно постійно вдосконалювати національну систему освіти, знаходити ефективні шляхи підвищення якості освітніх послуг, апробації та впровадження інноваційних педагогічних систем. Повністю поділяємо думку [9], що одним з таких шляхів є оптимізація процесу навчання, сутність якої полягає у створенні найсприятливіших умов для отримання очікуваних результатів без зайвих витрат часу і фізичних зусиль.

Тенденції розвитку вищої освіти в Україні, у тому числі гуманітаризація навчального процесу, характеризуються скороченням академічних годин, виділених на вивчення фундаментальних дисциплін, до яких належить вища математика, а також збільшення частки самостійної роботи студентів. В цілому, курс «Вища математика» для студентів нематематичних спеціальностей є не лише фундаментальною наукою, яка формує наукове зображення світу, але і прикладною, оскільки це інструмент для розв'язування професійних задач. Тому зрозуміло, що скорочення академічних годин при незмінному обсязі навчального матеріалу негативно впливає на навчальний процес, призводить до зниження рівня математичної підготовки економістів, міжнародників, туристів, географів, екологів, хіміків, біологів, землевпорядників, лінгвістів, психологів тощо.

Таким чином, стає очевидним, що в сучасних умовах варто оптимізувати процес навчання курсу «Вища математика».

На нашу думку, серед інших засобів оптимізації навчання таких, як адекватність змісту дисципліни «Вища математика» професійній спрямованості студентів відповідних факультетів, розробка комплексу заходів щодо структурування змісту дисципліни, наявність відповідного навчально-методичного забезпечення з урахуванням рівня підготовленості та індивідуальних можливостей студентів, удосконалення контролю знань та оцінювання рівня грамотності студентів, раціональна організація самостійної та індивідуальної роботи при вивченні предмету, часу, відведеного на навчання [9], важливе місце займає раціональне використання технічних засобів навчання та інформаційних технологій. Саме поєднання фундаментальних принципів традиційної

освіти з інформаційно-комунікаційними технологіями (ІКТ) дає нові можливості перебудови навчання класичних навчальних дисциплін, до яких належить вища математика.

Однією з проблем впровадження засобів ІКТ у навчання є проблема доцільного їх вибору [2]. Найбільше при виборі засобів ІКТ для навчання вищої математики використовують системи так званої комп'ютерної математики (СКМ), серед яких є як комерційні (Maple, MatLab, Mathcad, Mathematica, Derive, Statistica тощо), так і вільно поширювані (Reduce, SageMath, Scilab, Maxima тощо) [4]. Зауважимо відразу, що, на нашу думку, враховуючи специфіку предмету «Вища математика», варто було б додати до класичних практичних занять лабораторний практикум, адже для використання СКМ потрібен комп'ютерний клас. Проте тут виникає проблема наявності відповідного ліцензійного програмного забезпечення. Крім того, сучасний студент повинен мати можливість працювати будь-де та будь-коли. Виконання цієї умови можливе при використанні мобільних телефонів з підключенням до мережі Інтернет.

У травні 2009 р. на базі комп'ютерної системи Mathematica з'явився новий ресурс web-сервісу – Wolfram|Alpha, засновником якого став Стівен Вольфрам. Доступ до програми здійснюється через посилання <http://www.wolframalpha.com/> у браузері (без реєстрації користувача), а інтерфейс програми базується на використанні рядка для введення запитів.

Автори статті діляться досвідом проведення занять з курсу «Вища математика» для студентів географічного факультету спеціальності «Геодезія та землеустрій» та студентів факультету хімії, екології та фармації з використанням Wolfram|Alpha, який надає можливості оптимізації процесу навчання.

Аналіз досліджень. Методологічну базу дослідження склали ідеї: оптимізації викладання дисциплін у вищому навчальному закладі й наукової організації педагогічної праці в школі (Ю. Бабанський [1], В. Бондар, В. Андрєєв, С. Архангельський, А. Верхола, В. Кожевников, А. Нісімчук, В. Підласий, М. Поташник, Н. Тализіна); розробки та впровадження активних методів навчання (В. Буркова, Г. Ковальчук, В. Петрук, В. Рибальський, І. Смолін та інші); дидактичні проблеми і перспективи використання інформаційних технологій у навчальному процесі (М. Головань, Р. Гуревич, А. Єршов, М. Жалдак, М. Кадемія, Е. Кузнецов, Ю. Машбиць, Є. Полат, І. Шахіна, Г. Швачич, М. Шкіль та інші); використанню комп'ютера на заняттях з математики присвячені роботи Т. Думанської, М. Жалдака, В. Ключка, Т. Крамаренко, Ю. Машбиця, Н. Морзе, І. Прокопенка, Ю. Рамського, С. Ракова, Н. Рашевської, Н. Самарук, О. Співаковського, Ю. Триуса, С. Шокалюк та інших дослідників.

Питанням використання ІКТ в професійній підготовці цікавились і зарубіжні дослідники: А. Девід (A. David), Р. Вільямс (R. Williams), К. Маклін (C. Maclean), П. Росс (P. Ross) та інші.

Використанню у навчальному процесі Wolfram|Alpha присвячені дослідження С. Бас [2], Ю. Горошка, Л. Музики [5], Т. Кобильника [3], О. Нещерет [7], Д. Покришеня, С. Семерікова, Т. Вдовичин, В. Жидика та інших.

Метою статті є аналіз використання web-сервісу Wolfram|Alpha при викладанні курсу «Вища математика» для студентів нематематичних спеціальностей.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження. Для багатьох студентів «Вища математика» є дисципліною, складною для розуміння, сприйняття та практичного застосування. Використання сучасних інформаційних технологій, в тому числі Wolfram|Alpha, під час розв'язання конкретних прикладних задач є одним із найбільш перспективних шляхів підвищення ефективності навчання, оскільки дає можливість перевірити відповідність отриманих даних. Студент не затратить багато часу, опановуючи синтаксис Wolfram|Alpha, а використовуючи теоретичну базу, він буде здатен розв'язувати складні задачі, не зважаючи на громіздкі розрахунки, та буде мати навички представлення результатів досліджень у наочній графічній формі.

У курсі «Вища математика» Wolfram|Alpha можна застосувати при вивченні, наприклад, таких розділів:

- лінійна алгебра (обчислення визначників, дії з матрицями, розв'язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь);
- аналітична геометрія (побудова графіків кривих та поверхонь);
- вступ до математичного аналізу (обчислення сум числових послідовностей, границі послідовностей);
- диференціальне числення (знаходження похідних функцій однієї та кількох змінних, дослідження функцій однієї та кількох змінних, побудова їх графіків, оптимізація функцій);

– інтегральне числення (обчислення невизначених та визначених інтегралів, в тому числі невласних);

– диференціальні рівняння (знаходження розв'язків).

Досить часто при розв'язуванні математичних завдань на практичних заняттях студенти приходять на деяких етапах до громіздких проміжних обчислень. Тому саме на цих етапах доцільним є використання ресурсів Wolfram|Alpha. Крім того, завдяки даному web-сервісу студенти також можуть робити перевірку результатів, отриманих при самостійній чи індивідуальній роботі.

Розглянемо наступні приклади, які ілюструють застосування Wolfram|Alpha.

Приклад 1. Дослідити функцію та побудувати графік $y = x - e^{x-3}$.

Розв'язування. При дослідженні функції однієї змінної та побудові її графіка одним із пунктів є знаходження точки перетину графіка функції з віссю Ox . Оскільки на цій осі $y = 0$, то отримуємо рівняння:

$$x - e^{x-3} = 0,$$

котре не одразу студент може розв'язати. Тому варто скористатися засобами Wolfram|Alpha (рис. 1):

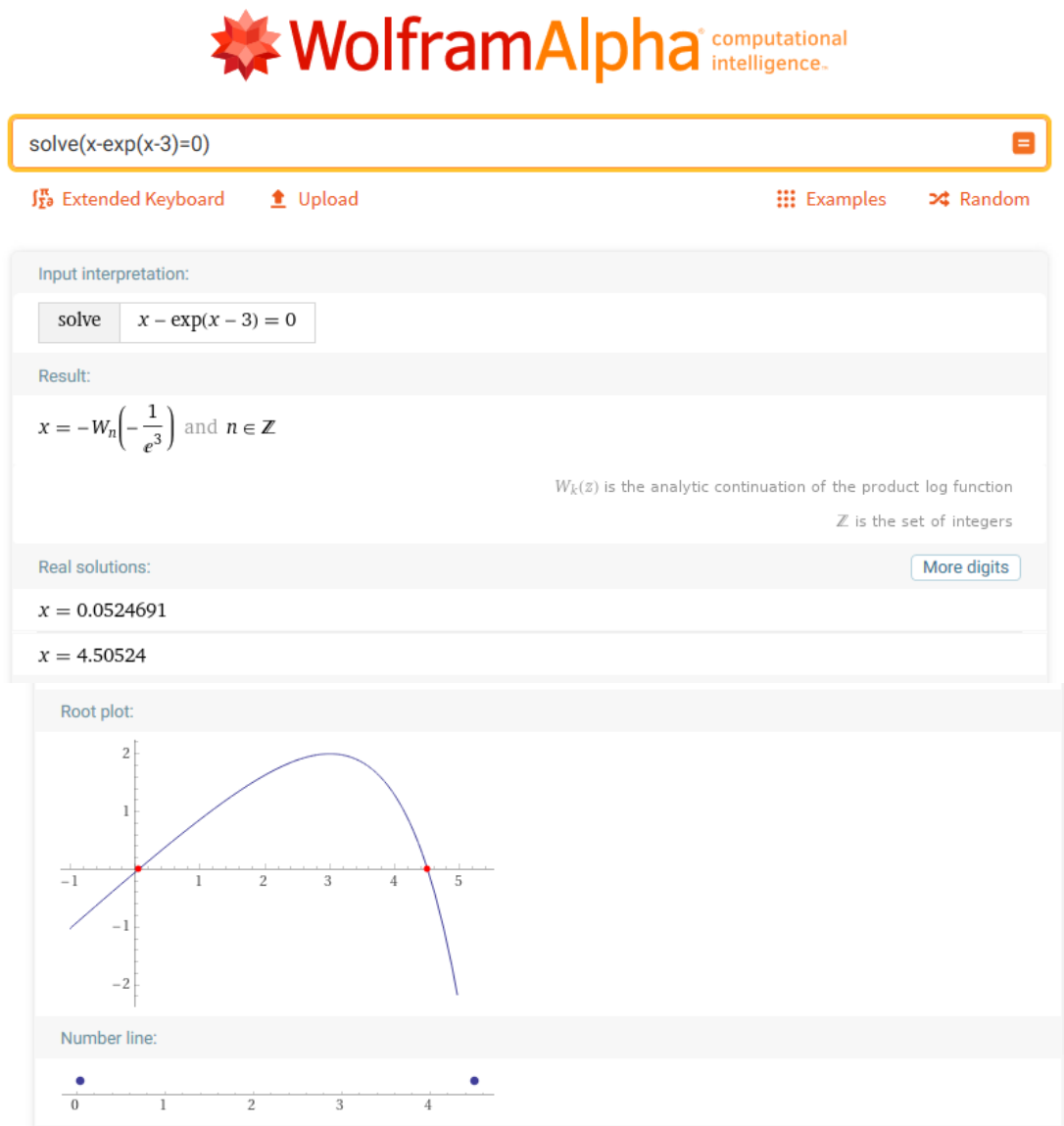


Рис. 1. Знаходження розв'язків рівняння за допомогою команди solve

Як бачимо на рис. 1, Wolfram|Alpha не лише розв'язує рівняння, але й будує графік функції, позначаючи на ньому знайдені розв'язки, а також позначаючи отримані розв'язки на числовій прямій.

Зауважимо, що для побудови графіків функцій варто використовувати команди:

- `plot` – для функції однієї змінної (в загальному випадку в результаті побудови отримується крива),
- `plot3D` – для функції двох змінних (в загальному випадку в результаті побудови отримується поверхня).

Завдяки графічній інтерпретації засобами Wolfram|Alpha геометричні об'єкти стають зрозумілишими, легше сприймаються, краще запам'ятовуються. Це ілюструє наступний приклад.

Приклад 2. Побудувати графік функції двох змінних $z = -2x^2 - xy - 2y^2 + 15x + 1$, використовуючи Wolfram|Alpha.

Розв'язування. Графіком даної функції двох змінних, заданої явно, є поверхня, зображена на рис. 2.

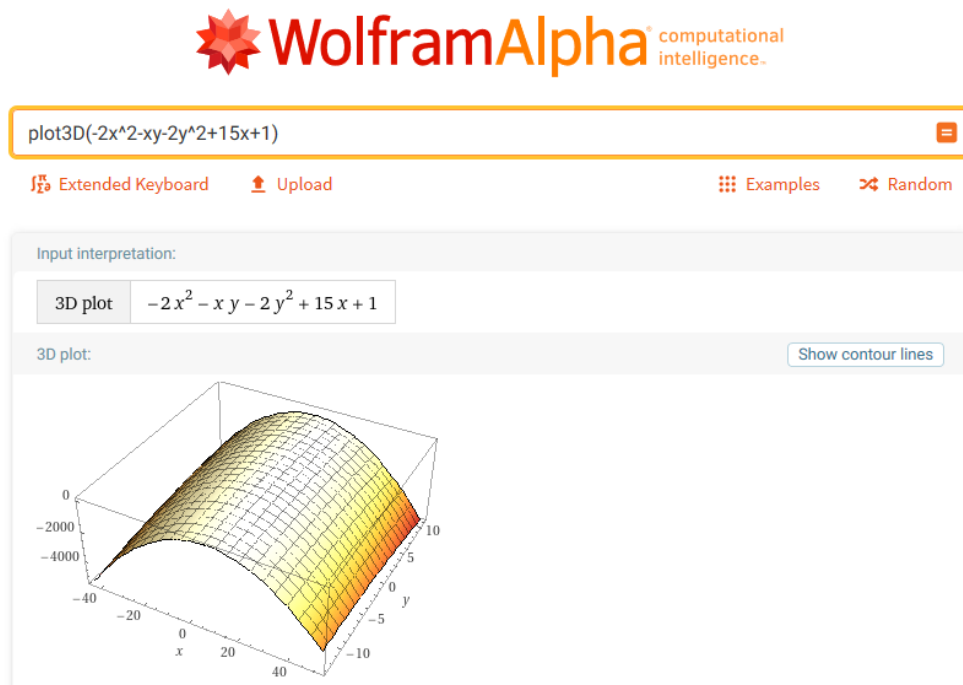


Рис. 2. Побудова графіка функції двох змінних за допомогою команди plot3D

Зауважимо, що якби перед студентами стояло завдання дослідити функцію двох змінних (приклад 2) на екстремум і перевірити правильність результату за допомогою команди extrema, то Wolfram|Alpha для даної функції не лише знайшов би екстремум, але й побудував графік поверхні, як на рис. 2, з позначеною на ньому точкою екстремуму, в даному випадку – максимуму.

Таким чином, завдяки застосуванню Wolfram|Alpha вдається реалізувати один з головних принципів теорії навчання – наочність.

Приклад 3. Знайти інтеграл

$$\int \frac{7x^3 - 10x^2 + 50x - 77}{(x^2 + 9)(x^2 + x - 2)} dx.$$

Розв'язування. Підінтегральний дріб правильний, тому для того, щоб обчислити даний інтеграл необхідно розкласти підінтегральну функцію на елементарні дроби. Застосовуючи метод невизначених коефіцієнтів, отримуємо:

$$\frac{7x^3 - 10x^2 + 50x - 77}{(x^2 + 9)(x^2 + x - 2)} = \frac{Ax + B}{x^2 + 9} + \frac{C}{x - 1} + \frac{D}{x + 2},$$

де A , B , C та D – поки що невідомі дійсні числа. Звівши праву частину цієї рівності до спільного знаменника, виконавши необхідні спрощення та прирівнявши чисельники лівої та правої частин, отримаємо рівняння:

$$7x^3 - 10x^2 + 50x - 77 = (A + C + D)x^3 + (A + B + 2C - D)x^2 + (-2A + B + 9C + 9D)x + (-2B + 18C - 9D).$$

Прирівнявши коефіцієнти даного рівняння при відповідних степенях змінної x , одержимо систему лінійних алгебраїчних рівнянь:

$$\begin{cases} A + C + D = 7, \\ A + B + 2C - D = -10, \\ -2A + B + 9C + 9D = 50, \\ -2B + 18C - 9D = -77. \end{cases}$$

Розв'язуючи дану систему вручну, студенти витратять час. Тому саме для проміжних обчислень варто застосувати команду solve Wolfram|Alpha (рис. 3):



solve(A+C+D=7, A+B+2C-D=-10, -2A+B+9C+9D=50, -2B+18C-9D=-77)

Extended Keyboard Upload Examples Random

Input interpretation:

A + C + D = 7
A + B + 2C - D = -10
-2A + B + 9C + 9D = 50
-2B + 18C - 9D = -77

solve

Result: Step-by-step solution

A = 1 and B = -2 and C = -1 and D = 7

Рис. 3. Розв'язування системи лінійних алгебраїчних рівнянь за допомогою команди solve

Таким чином,

$$\frac{7x^3 - 10x^2 + 50x - 77}{(x^2 + 9)(x^2 + x - 2)} = \frac{x - 2}{x^2 + 9} + \frac{-1}{x - 1} + \frac{7}{x + 2}.$$

Проінтегрувавши останній вираз, одержимо відповідь:

$$\int \frac{7x^3 - 10x^2 + 50x - 77}{(x^2 + 9)(x^2 + x - 2)} dx = \frac{1}{2} \ln(x^2 + 9) - \frac{2}{3} \arctg \frac{x}{3} - \ln|x - 1| + 7 \ln|x + 2| + C,$$

де $C = const$.

Приклад 4. Знайти загальний розв'язок диференціального рівняння

$$y' - \frac{y}{\sin x} = \operatorname{tg} \frac{x}{2},$$

Розв'язування. Маємо лінійне диференціальне рівняння першого порядку, де $p(x) = -\frac{1}{\sin x}$, $q(x) = \operatorname{tg} \frac{x}{2}$. Згідно формули розв'язку лінійного диференціального рівняння першого порядку отримаємо:

$$y(x) = e^{-\int p(x) dx} \cdot \left(\int e^{\int p(x) dx} \cdot q(x) dx + C \right),$$

де C – довільна стала.

Легко бачити, що розв'язок диференціального рівняння фактично зводиться до знаходження інтегралу $\int \frac{dx}{\sin x}$. Skorистаємось WolframAlpha (рис. 4). Зауважимо, що в рядку для запитів замість команди integrate можна вводити integral і результат виконання операції буде правильним. Також підкреслимо, що ми навмисно пропускаємо "dx" в рядку для запитів, щоб продемонструвати, що це не стане перешкодою до отримання правильного результату:



integrate(1/sinx)

Extended Keyboard Upload Examples Random

Indefinite integral: Step-by-step solution

$$\int \frac{1}{\sin(x)} dx = -\log(\cot(x) + \csc(x)) + \text{constant}$$

Рис. 4. Знаходження інтегралу від тригонометричної функції за допомогою команди integrate

Студентам варто наголосити, що для Wolfram|Alpha характерними є деякі позначення [10]. Наприклад,

$$\log(f(x)) = \ln(f(x)), \cot(x) = \operatorname{ctg}x, \csc(x) = \operatorname{cosec}x = \frac{1}{\sin x}.$$

Проведемо певні спрощення отриманого результату (рис. 5):

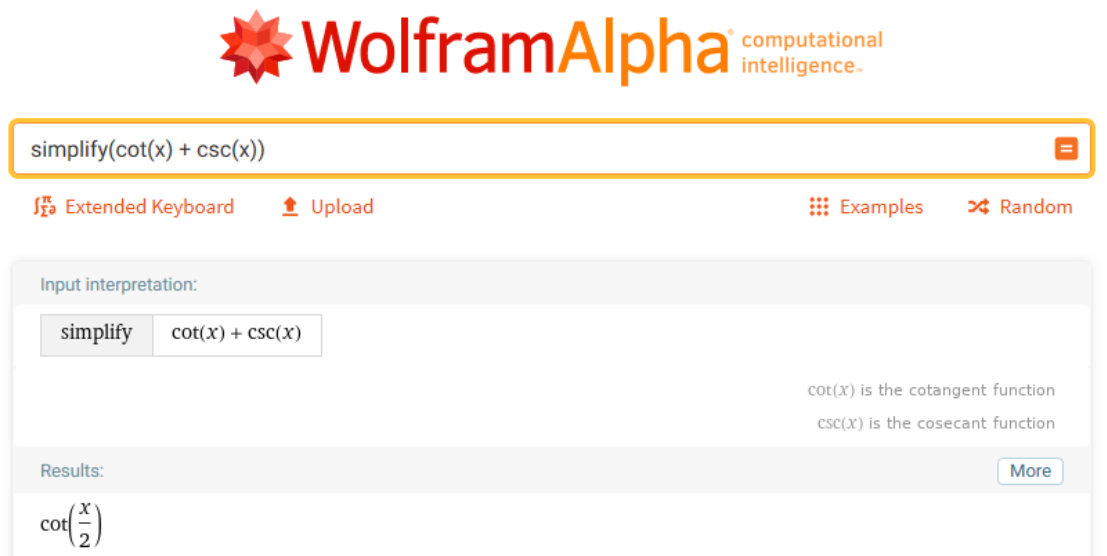


Рис. 5. Спрощення тригонометричного виразу за допомогою команди simplify

Таким чином,

$$\int \frac{dx}{\sin x} = -\ln \operatorname{ctg} \frac{x}{2} + C.$$

Оскільки у формулу розв'язку лінійного диференціального рівняння першого порядку вже входить довільна стала, то можна в останній рівності покласти $C = 0$. Також, не обмежуючи загальності, будемо шукати розв'язок диференціального рівняння на множині, для якої $\operatorname{ctg} \frac{x}{2} > 0$.

Отже, враховуючи тригонометричні $\left(\left(\operatorname{ctg} \frac{x}{2}\right)^{-1} = \frac{1}{\operatorname{ctg} \frac{x}{2}} = \operatorname{tg} \frac{x}{2}\right)$ та логарифмічні $(e^{\ln f(x)} = f(x))$ при умові $f(x) > 0$) формули, отримаємо загальний розв'язок лінійного диференціального рівняння першого порядку:

$$\begin{aligned} y(x) &= e^{-\ln \operatorname{ctg} \frac{x}{2}} \cdot \left(\int e^{\ln \operatorname{ctg} \frac{x}{2}} \cdot \operatorname{tg} \frac{x}{2} dx + C \right) = e^{\ln \left(\operatorname{ctg} \frac{x}{2}\right)^{-1}} \cdot \left(\int \operatorname{ctg} \frac{x}{2} \cdot \operatorname{tg} \frac{x}{2} dx + C \right) = \\ &= \operatorname{tg} \frac{x}{2} \left(\int dx + C \right) = \operatorname{tg} \frac{x}{2} (x + C). \end{aligned}$$

Висновки та перспективи подальшого дослідження. Таким чином, web-сервіс Wolfram|Alpha може бути використаний як засіб оптимізації навчання з метою:

- перевірки правильності отриманого вручну результату;
- скорочення часу, що затрачається на виконання громіздких перетворень;
- супроводу завдань графічними зображеннями, що підсилить наочність навчання.

Серед переваг сервісу Wolfram|Alpha можна виділити: безкоштовність; наявність версії для мобільних пристроїв; можливість швидкої перевірки отриманої відповіді (при потребі перегляду усіх кроків розв'язання завдання завдяки опції Step-by-step solution); невибагливість до синтаксису (необов'язково дотримуватися строгого синтаксису математичних запитів, оскільки у програмі використовуються елементи штучного інтелекту для аналізу запитів користувачів). Проте поруч з перевагами наявні і недоліки, серед яких: відсутність редактора формул, необхідність знати певні команди та вміти ними користуватися (для того, щоб виконати потрібну дію), можливість підключення до Інтернету, англomовний інтерфейс (всі запити необхідно робити англійською мовою).

Беручи до уваги перелічені переваги та недоліки, автори статті вважають, що використання web-сервісу Wolfram|Alpha при вивченні вищої математики для студентів нематематичних спеціальностей є обґрунтованим та доцільним, оскільки забезпечує оптимізацію процесу навчання, а саме сприяє збільшенню обсягу інформації, яку викладач надає студентській аудиторії, позитивно впливає на якість сприйняття та ефективність засвоєння навчальної інформації, підвищує рівень зацікавленості студентів.

Подальші дослідження авторів статті стосовно використання web-сервісу Wolfram|Alpha будуть пов'язані з розробкою навчально-методичного забезпечення курсу «Вища математика» для студентів нематематичних спеціальностей.

Список бібліографічного опису

1. Бабанский Ю. К. Оптимизация учебно-воспитательного процесса: Методические основы / Ю. К. Бабанский. – М.: Просвещение, 1982. – 192 с.
2. Бас С. Wolfram|Alpha: можливості застосування у навчанні вищої математики студентів економічних спеціальностей / С. Бас // Наукові записки [Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка]. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. – 2013. – Вип. 4 (2). – С. 8–11. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/nz_pmfm_2013_4%282%29_4
3. Кобильник Т. П. Використання web-сервісу Wolfram|Alpha для розв'язування задач з теорії ймовірностей / Т. П. Кобильник // Інформаційні технології в освіті. – 2015. – Вип. 24. – С. 68–80. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/itvo_2015_24_7
4. Кравченко І. В., Микитенко В. І. Інформаційні технології: Системи комп'ютерної математики / І. В. Кравченко, В. І. Микитенко. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 243с.
5. Музика Л. П. Використання систем комп'ютерної математики на прикладі Wolfram|Alpha при вивченні вищої математики / Л. П. Музика .Молодь і ринок: щомісяч. наук.-пед. журн. – Дрогобич: Дрогоб. держ. пед. ун-т ім. Івана Франка. – 2015. – № 8 (127). – С. 104–108.
6. Національна стратегія розвитку освіти в Україні на 2012–2021 роки. – 37 с.
7. Нещерет О. С., Свинчук О. В. Wolfram|Alpha як програмний засіб мобільного навчання математики / О. С. Нещерет, О. В. Свинчук. Розвиток інтелектуальних умінь і творчих здібностей учнів та студентів у процесі навчання дисциплін природничо-математичного циклу «ІТМ*плюс – 2017»: матеріали II Міжнародної дистанційної науково-методичної конференції. – Суми, 2017. – Ч. 2. – С. 35 – 37.
8. Ройко Л. Л., Мамчич Т. І., Мамчич І. Я., Ройко О. О. Навчання методам прикладної математики за підтримки програми R / Л. Л. Ройко, Т. І. Мамчич, І. Я. Мамчич, О. О. Ройко. Науковий журнал «Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво» – №35, ЛНТУ, 2019. – С. 37–41.
9. Федорович З. Я., Драчук М. І. Оптимізація процесу навчання дисципліни «Біофізика з фізичними методами аналізу» студентам-фармацевтам у вищих навчальних закладах в сучасних умовах / З. Я. Федорович, М. І. Драчук. Science and Education a New Dimension. Pedagogy and Psychology, 55 (127), 16–19.

References

1. Babansky Yu. K. Optimization of the educational process: Methodological foundations / Yu. K. Babansky. – M.: Education, 1982. – 192 s.
2. Bass S. Wolfram|Alpha: application possibilities in teaching higher mathematics for economic specialties students / S. Bass. Scientific notes [Kirovograd State Pedagogical University named after Vladimir Vynnychenko]. Series: Methodology problems of physical-mathematical and technological education. – 2013. – Vip. 4 (2). –P.8 –11. [Electronic resource]. – Access mode: http://nbuv.gov.ua/UJRN/nz_pmfm_2013_4%282%29_4
3. Kobylnyk T. P. Using the Wolfram|Alpha web service to solve problems in probability theory / T. P. Kobylnyk. Information technologies in education. – 2015. – Vip. 24. – P. 68–80.[Electronic resource]. – Access mode: http://nbuv.gov.ua/UJRN/itvo_2015_24_7
4. Kravchenko I. V., Mykytenko V. I. Information technologies: Systems of computer mathematics / I. V. Kravchenko, V. I. Mykytenko. [Electronic resource]: textbook. way. for students. specialty «Automation and computer-integrated technologies» – Kyiv: KPI. Igor Sikorsky, 2018. – 243 s.
5. Muzyka L. P. The computer mathematics systems usage on the example of Wolfram|Alpha in the process of studing of higher mathematics / L. P. Muzyka. Youth and market: monthly. nauk.-ped. magazine. – Drogobich: Drogob. state ped. Univ. Ivan Franko. – 2015. – № 8 (127). – S.104–108.
6. National strategy of education development in Ukraine for 2012 – 2021. – 37 s.
7. Nescheret O. S., Svinchuk O. V. Wolfram|Alpha as a software tool for mobile learning of mathematics / O. S. Nescheret, O. V. Svinchuk. Development of intellectual skills and creative abilities of pupils and students in the process of teaching natural sciences and mathematics cycle «ITM * plus – 2017»: materials of the II International remote scientific and methodical conference. – Sumy, 2017. – Part 2. – S. 35–37.
8. Royko L. L., Mamchych T. I., Mamchych I. Ia., Royko O. O. Navchannia metodam prykladnoi matematyky za pidtrymky prohramy R / L. L. Royko, T. I. Mamchych, I. Ia. Mamchych, O. O. Royko. Naukovyi zhurnal «Kompiuterno-intehrovani tekhnolohii: osvita, nauka, vyrobnytstvo» – №35, LNTU, 2019. – S. 37–41.
9. Fedorovich Z. Y., Drachuk M. I. Optimization of the teaching process of the discipline «Biophysics with physical methods of analysis" to students-pharmacists in higher educational institutions in modern conditions / Z. Y. Fedorovich, M. I. Drachuk. Science and Education a New Dimension. Pedagogy and Psychology, 55 (127), 16–19.