

Zbirnyk naukovykh prats / red. kol. O. P. Shchokolova ta in. Vyp. 4. Kyiv. [in Ukrainian]

6. Reizenkind, T. I., Varnavska, L. I. (2003). Shliakhy formuvannya intelektualnykh zdibnosti vchytelia muzyky [Ways of forming the intellectual abilities of a music teacher]. Pedahohika vyshchoi ta serednoi shkoly: zb. naukovykh prats. Vyp. 6. Kryvyi Rih. S. 103-106. [in Ukrainian]

7. Tkachuk, I. (1999). Personalnyi kompiuter i rozvytok muzychnykh zdibnosti uchniv [Personal computer and development of students' musical abilities]. Ridna shkola. №12. S. 47-48. [in Ukrainian]

8. Shliakhy modernizatsii vyshchoi osvity v konteksti yevrointehratsii (2008). [Ways to modernize higher education in the context of European integration]. Materialy rehionalno naukovopraktychnoho seminaru / za zah. red. H. V. Tereshchuka. Ternopil : Vyd-vo TNPU im. V. Hnatiuka. 235 s. [in Ukrainian]

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

ШЕВЧЕНКО Інга Леонідівна – кандидат педагогічних наук, доцент кафедри мистецької освіти Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка.

Наукові інтереси: особливості професійної підготовки студентів факультетів мистецтв закладів вищої освіти у рамках сучасної гуманітарно-культурологічної парадигми.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

SHEVCHENKO Inha Leonidivna – Ph.D., associate professor of the Chair of Art Education of Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State University.

Scientific interests: features of professional training of students of art faculties of universities in the framework of the current humanitarian and cultural paradigm.

Стаття надійшла до редакції 22.04.2024 р.

УДК 37.012.7

DOI: 10.36550/2415-7988-2024-1-214-371-376

ШКАТУЛЯК Наталія Михайлівна –

кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри прикладної математики та інформатики Південноукраїнського національного педагогічного університету імені К. Д. Ушинського
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4905-001X>
e-mail: shkatulyak56@gmail.com

УСОВ Валентин Валентинович –

доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри технологічної та професійної освіти Південноукраїнського національного педагогічного університету імені К. Д. Ушинського
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7855-5370>
e-mail: valentinusov67@gmail.com

ТКАЧУК Олена Миколаївна –

кандидат фізико-математичних наук, викладач фізико-математичних дисциплін Одеського технічного фахового коледжу Одеського національного технологічного університету
e-mail: vrublevskaylena@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5443-9943>

МІЖПРЕДМЕТНІ ЗВ'ЯЗКИ У РОЗВ'ЯЗКУ ЗАДАЧ НА ЕКСТРЕМУМ

Дана стаття присвячена ілюстрації використання інструментів MS Excel для розв'язання ряду задач на екстремум. Відомо, що вирішення задач на знаходження максимуму чи мінімуму (або оптимального значення) цільової функції або числового масиву даних (вирішення так званих задач на екстремум) є однією з базових алгоритмічних задач курсу інформатики. У посібниках з математики середньої загальноосвітньої школи вивчається лише спосіб вирішення задач на екстремум за допомогою похідної. Але існують також методи вирішення вищезгаданих задач на екстремум з використанням інструментів алгебри та геометрії, які іноді є більш раціональними. В той же час успішне вирішення таких задач може бути досить складним та потребує багато обчислень та затрат навчального часу. Тому використання сучасних інформаційних технологій може значно скоротити навчальний час та рутинні обчислення. Сучасні інформаційні технології надають широкі можливості для цього, наприклад, такі комп'ютерні програмовані засоби, як MatLab, MathCad, Mathematica, Python. Але для оволодіння ними потрібно мати спеціальну підготовку. У той же час доступний практично кожному та відносно простий програмний засіб MS Excel, що входить до стандартного пакету MS Office, може бути використаний для розв'язання багатьох задач на екстремум. Метою даної роботи є показати, як використання інструментів MS Excel дозволяє отримати наочне й точне значення величини та положення екстремуму певної функції. В результаті дослідження (на прикладі розв'язання типових задач з електродинаміки) показано, що використання пакету програмного комп'ютерного засобу MS Excel є ефективним при розв'язанні задач практично з усіх розділів фізики. Комп'ютерний засіб MS Excel дозволяє створювати математичні комп'ютерні моделі фізичних явищ, проводити числові експерименти, отримувати точні та наочні результати, що сприяє більш глибокому розумінню фізичних явищ. При цьому яскраво проявляються зв'язки фізики з математикою та інформатикою, що, на наш погляд, сприяє підвищенню мотивації навчання інформатики.

Ключові слова: міжпредметні зв'язки, задачі на екстремум, комп'ютерний засіб MS Excel.

SKATULYAK Nataliya Mykhailivna –

Candidate of physical and mathematical sciences, PhD, Associate Professor of the Department of Applied Mathematics and Informatics at South Ukrainian Pedagogical University named after K. D. Ushinsky
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4905-001Xh>
e-mail: shkatulyak56@gmail.com

USOV Valentin Valentynovich –

Doctor of physical and mathematical sciences, Professor, Professor of the Department of Technological and Vocational Education at South Ukrainian National Pedagogical University named after K. D. Ushinsky
e-mail: valentinusov67@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7855-5370>

TKACHUK Olena Mikolaïvna –

Candidate of physical and mathematical sciences, PhD, Teacher of physical and mathematical disciplines at Odessa Technical Vocational College of Odessa National Technological University
e-mail: vrublevskaylena@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5443-9943>

INTERSUBJECT CONNECTIONS IN SOLVING PROBLEMS TO THE EXTREME

This article is devoted to illustrating the use of MS Excel tools for solving several extreme problems. It is known that solving problems for finding the maximum or minimum (or optimal) value of a target function or a numerical array of data (solving so-called extremum problems) is one of the basic algorithmic problems of a computer science course. Only the method of solving extremum problems using the derivative is studied in high school mathematics textbooks. But there are also methods of solving the extremum mentioned above using algebra and geometry tools, which are sometimes more rational. At the same time, the successful solution of such problems can be quite difficult and require a lot of calculations and study time. Therefore, modern information technology usage can significantly reduce training time and routine calculations. Modern information technologies provide fairly wide opportunities for this, for example, using such computer programming tools as MatLab, MathCad, Mathematica, and Python. But to master them, you need to have special training. At the same time, to almost everyone available, a relatively simple software tool, MS Excel, included in the standard MS Office package, can be used to solve many problems to the extreme. The purpose of this work is to show how the use of MS Excel tools allows you to obtain a visual and accurate value of the value and the position of the extremum of a certain function, and at the same time demonstrate the disclosure of the interdisciplinary connections of mathematics, physics and informatics. As a result of the study, it is shown in the example of solving typical problems in electrostatics that the use of the MS Excel software package is effective in solving problems from almost all sections of physics, making mathematical computer models of physical phenomena, conducting numerical experiments, obtaining visual results that contribute to a deeper understanding of physical phenomena. At the same time, the connections of physics with mathematics and informatics are manifested, which, in our opinion, contributes to increasing the motivation to study informatics.

Key words: interdisciplinary connections, extremum problems, computer tool MS Excel.

Постановка та обґрунтування актуальності проблеми. Актуальність міжпредметних зв'язків у навчальному процесі очевидна. Це відображає інтеграцію суспільних, природничих та технічних наук. Важливу роль у різних галузях науки і техніки займає пошук максимального чи мінімального значення певної величини чи оптимального вирішення певної проблеми серед кількох різних варіантів. Як правило, пошук оптимального рішення є складним завданням і потребує застосування методів математичного програмування та оптимізації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо, що розв'язання завдань на знаходження максимального або мінімального значення із заданого масиву чисел є одним із базових алгоритмічних завдань курсу інформатики середньої загальноосвітньої школи [Інформатика, 2022]. Існує окремих клас навчально-методичних задач на екстремум як у математиці [Науменко, 2013], так і у фізиці [Дяденчук, 2021]. Раніше розв'язання екстремальних задач з фізики на базі міжпредметних зв'язків фізики та математики було розглянуто, наприклад, у джерелах [Редько, 1992]. Основи теорії екстремальних задач та методи їх розв'язання розглянуто у [Моклячук, 2009], [Конова, 2009]. Лише у посібнику для вчителів

[Редько, 1992: 81] використані міжпредметні зв'язки з інформатикою у вигляді запропонованих блок-схеми та програми для ЕОМ на мові програмування «Бейсик» для розв'язання екстремальних задач. Хоча «Бейсик» є мовою програмування високого рівня для початківців, ця мова програмування у наш час у вітчизняній освіті застосовується дуже рідко. Однак успішне розв'язання екстремальних задач на сучасному етапі розвитку суспільства неможливо без використання інформаційних технологій. Саме при вирішенні задач на екстремум яскраво проявляються міжпредметні зв'язки фізики, математики та інформатики. У науково-методичній літературі пропонуються різні комп'ютерні варіанти розв'язання завдань на екстремум. Відомі математичні програмовані додатки, такі як, наприклад, MatLab, MathCad, Mathematica, Python тощо надають широкі можливості у підвищенні точності та збереження часу на розрахунки. Але зазначені комп'ютерні засоби досить складні та потребують певного часу на оволодіння. Разом з тим до стандартного пакету MS Office входить досить нескладний програмний засіб MS Excel, використання якого дозволяє успішне розв'язання цілого ряду завдань на екстремум.

Мета сатті. Показати використання інструментів MS Excel для отримання наочного та точного встановлення положення й величини екстремального значення цільової функції задачі та міжпредметні зв'язки математики, фізики та інформатики шляхом використання MS Excel при розв'язанні прикладних задач на екстремум.

Методи дослідження. Аналіз інструментів MS Excel та міжпредметних зав'язків при розв'язанні екстремальних задач.

Виклад основного матеріалу. Аналіз використання MS Excel при розв'язанні завдань, представлених у вищезазначених літературних джерелах, показав його ефективність практично з усіх розділів фізики. Вищезазначений засіб дозволяє створювати математичні комп'ютерні моделі фізичних явищ, проводити числові експерименти, отримувати точні та наочні результати, що сприяє більш глибокому розумінню фізичних явищ. При цьому яскраво проявляються міжпредметні зв'язки фізики, математики та інформатики, що на наш погляд сприяє підвищенню мотивації навчання інформатики.

Розглянемо деякі типові задачі на екстремум та їх розв'язання за допомогою інструментів MS Excel.

Задача 1. Два однакових позитивних заряди $q_1 = q_2 = q = 1$ нКл знаходяться на відстані 20 см один від одного. Знайти на прямій, перпендикулярній лінії, що з'єднує заряди і проходить через середину цієї лінії, точку, в якій напруженість поля максимальна. Визначте напруженість електричного поля на відстані 20 см ($\epsilon = 1$).

Розв'язання. Класичним методом розв'язання цієї задачі є використання похідної, як було зазначено вище. Візьмемо на осі x довільну точку A , що знаходиться на відстані x від точки O (Рис. 1).

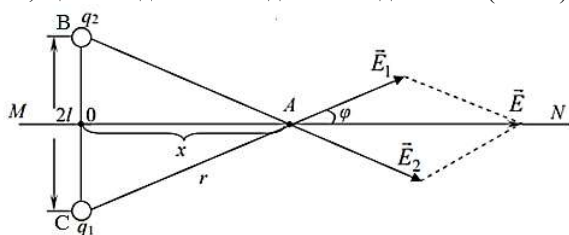


Рис. 1. Напруженість електростатичного поля на прямій, перпендикулярній лінії, що з'єднує заряди і проходить через її середину

За принципом суперпозиції напруженість поля в цій точці:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2, \quad (1)$$

де \vec{E}_1 та \vec{E}_2 – напруженість у точці A поля, створеного зарядами q_1 і q_2 .

Проектуючи векторне рівняння (1) на вісь x , дістанемо:

$$E = E_1 \cos \alpha + E_2 \cos \alpha, \quad (2)$$

де α – кут між векторами \vec{E}_1 та \vec{E}_2 і віссю x . Оскільки $E_1 = E_2$, то рівність (2) можна записати у вигляді:

$$E = 2E_1 \cos \alpha. \quad (3)$$

$$\cos \alpha = \frac{x}{\sqrt{x^2 + l^2}}$$

Із ΔOAC знаходимо:

$$E_1 = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}, \quad \text{де } r = \sqrt{x^2 + l^2}$$

Враховуючи, що перепишемо вираз (3):

$$E = \frac{2kq}{r^2} \cdot \frac{x}{r} = \frac{2kqx}{(x^2 + l^2)^{3/2}}. \quad (4)$$

Якщо в даній точці напруженість поля максимальна, то

$$\frac{dE}{dx} = 0 \quad (5)$$

Підставивши в умову (5) вираз (4) і провівши операцію диференціювання, дістанемо:

$$\frac{d}{dx} \left[\frac{2kqx}{(x^2 + l^2)^{3/2}} \right] = \frac{2kq \cdot (x^2 + l^2)^{3/2} - \frac{3}{2}(x^2 + l^2)^{1/2} \cdot 2x \cdot 2kqx}{(x^2 + l^2)^3} = 0$$

$$\text{Звідки } (-2x^2 + l^2) = 0, \quad (6)$$

$$x = \pm \sqrt{\frac{l^2}{2}} = \pm \frac{l}{\sqrt{2}}, \quad x = \pm \frac{0,1}{\sqrt{2}} \approx \pm 0,071 \text{ м.}$$

При розв'язанні цієї задачі очевидно простежується міжпредметні зв'язки фізики з математикою. Але отриманий результат не є точним і наочним. Розв'яжемо зазначену задачу без використання похідної, використовуючи зв'язок з інформатикою. Сформуємо таблицю в Excel з вихідними параметрами та побудуємо відповідні діаграми (рис. 2).

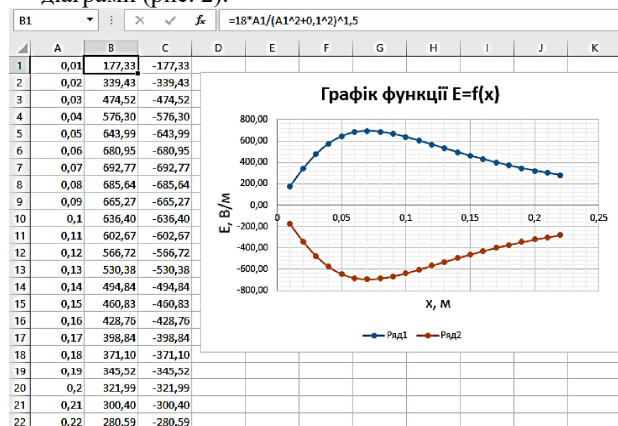


Рис. 2. Графік залежності поля \vec{E} від відстані x системи двох зарядів

Далі скористаємось можливістю, яку дає MS Excel для отримання екстремуму функції (рис.3).

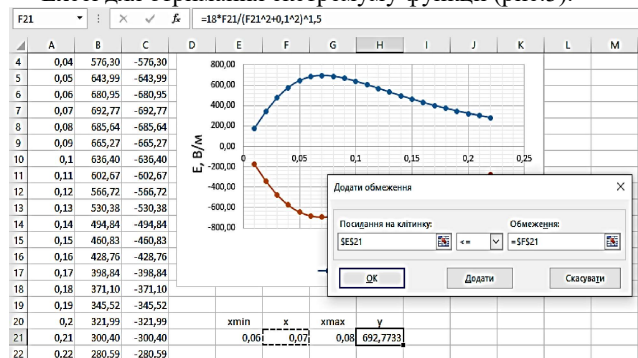


Рис. 3. Пошук екстремуму функції

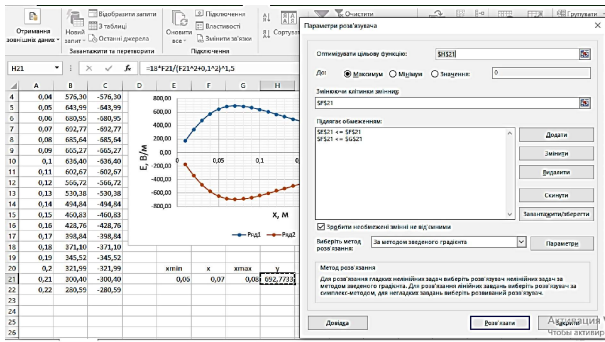


Рис. 4. Параметри розв'язання і обмеження інтервалу

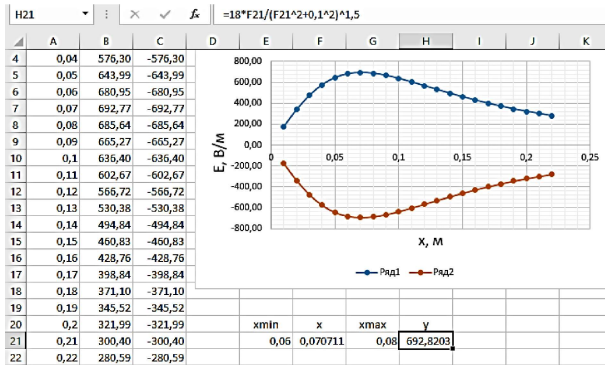


Рис. 5. Отримання результату завдання

Після натискання клавіші «Результати» отримаємо «Звіт про результати»:

Клітинка	Назва	Вихідне значення	Остаточне значення
\$H\$21	y	692,77	692,82

Клітинка	Назва	Вихідне значення	Остаточне значення	Ціле число
\$F\$21	x	0,07	0,070710677	Продовжити

Клітинка	Назва	Значення клітинки	Формула	Стан	Допуск
\$E\$21	xmin	0,06	=\$E\$21<-\$F\$21	Без зв'язування	0,010710677
\$F\$21	x	0,070710677	=\$F\$21<=\$G\$21	Без зв'язування	0,009289323

Рис. 6. Звіт про результати

Можна знайти екстремум функції іншим методом за допомогою підбору параметру. Розв'яжемо рівняння (6) за допомогою MS Excel. Сформуємо таблицю в Excel і збудуємо діаграму. Значення x розглянемо в діапазоні від 10 до -10 з кроком -1. Для отримання більш точного значення екстремуму функції скористаємось можливістю підбору параметру. Сформуємо комірки для значень x та y. Для цього натискаємо на вкладку ДАНІ. Далі клавішу «Аналіз, якщо», далі «Підбір параметру». Змінюючи значення x від 4 справа, знайдемо значення y, яке прагне до нуля.

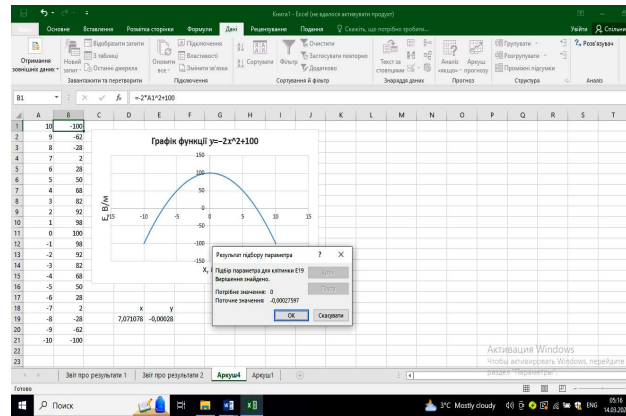


Рис. 7. Пошук екстремуму за допомогою підбору параметру

Ми отримали значення $x_{max} = 7,071$ см, чи $x_{max} = 0,07071$ м. Таким же чином можна підібрати другий максимум, але змінюючи значення x від -4 см вправо.

Відповідь: $x_{max} = \pm 0,0707$ м, $E_{max} = 692,8$ В/м; $E_{20} = 332$ В/м.

Отже, використовуючи міжпредметні зв'язки фізики, математики та інформатики, ми розв'язали фізичну задачу за допомогою комп'ютерного додатку MS EXCEL і отримали більш точний та наочний результат.

Задача 2. Тонке дротове кільце радіусом $R=4$ см рівномірно заряджене з лінійною густиною $\tau = 1$ нКл/м. Визначте напруженість E електростатичного поля у вакуумі на осі, що проходить через центр кільця, в точці, віддаленій на відстань $r = 6$ см від центру кільця, в центрі кільця. Визначте, на якій відстані від центру кільця на його осі напруженість поля буде максимальною. Побудувати графік залежності

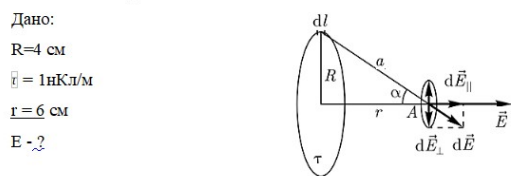


Рис. 8. Напруженість E на осі, що проходить через центр кільця

Розв'язання: Розіб'ємо кільце на нескінченно малі елементи dl . Заряд такого елемента $dq = \tau dl$, і цей елемент створює в даній точці електростатичне поле напруженістю

$$dE = \frac{dq}{4\pi\epsilon_0 a^2} = \frac{\tau dl}{4\pi\epsilon_0 a^2} = \frac{\tau dl}{4\pi\epsilon_0 (\sqrt{r^2 + R^2})^2}$$

де τ - лінійна густина заряду; a - відстань від елемента dl кільця до точки, де слід визначити напруженість поля. Вектор $d\vec{E}$ направлений уздовж лінії a . Для визначення напруженості електростатичного поля в даній точці слід геометрично скласти $d\vec{E}$ від всіх елементів кільця. Вектор $d\vec{E}$ розкладемо на два компоненти: $d\vec{E}_\perp$ та $d\vec{E}_\parallel$ (див. рис. 8). Геометрична сума всіх $d\vec{E}_\perp$ буде дорівнювати нулю ($d\vec{E}_\perp$ от кожных двох діаметрально протилежних елементів кільця рівні і протилежно направлені). Тоді

$$E = \int dE_{||} = \int dE \cos \alpha$$

Звідки

$$E = \int_0^{2\pi} \frac{\tau \cos \alpha dl}{4 \pi \epsilon_0 (\sqrt{r^2 + R^2})^2} = \frac{\tau r 2 \pi R}{4 \pi \epsilon_0 (r^2 + R^2)^{3/2}}$$

$$\cos \alpha = \frac{r}{\sqrt{r^2 + R^2}}$$

Таким чином, напруженість електростатичного поля у вакуумі в точці на осі, що проходить через центр кільця дорівнює

$$E = \frac{\tau r R}{2 \epsilon_0 (r^2 + R^2)^{3/2}}$$

Для того, щоб знайти максимальне значення напруженості електричного поля на осі кільця,

необхідно взяти похідну $\frac{dE}{dr}$ і прирівняти її до нуля:

$$\frac{dE}{dr} = \frac{\tau R}{2 \epsilon_0 (R^2 + r^2)^3} \left((R^2 + r^2)^3 - 3r^2 (R^2 + r^2)^2 \right) = 0$$

; Або

$$2r^2_{max} = R^2 = 0 \quad r_{max} = \frac{R}{\sqrt{2}}$$

Міжпредметні зв'язки фізики з математикою очевидні. Але потрібно ще побудувати графік. Звичайно, його можна побудувати вручну. Але для цього знадобиться здійснити багато рутинних обчислень та затрат навчального часу. Цього можна уникнути, якщо застосувати зв'язки з інформатикою, використовуючи комп'ютерний засіб MS EXCEL.

Сформуємо таблицю в EXCEL з вихідними параметрами та побудуємо графік (рис. 9):

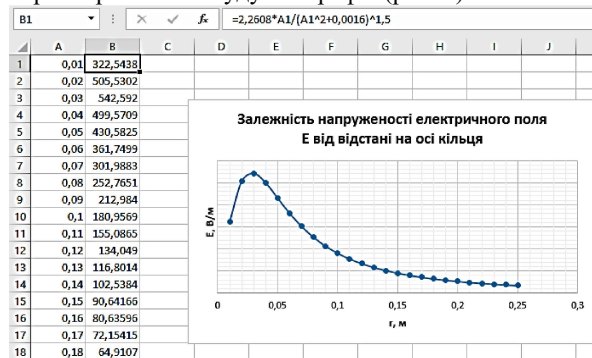


Рис. 9. Залежність напруженості електричного поля від відстані r

14	Клітинка цільової функції (Максимум)				
15	Клітинка	Назва	Вихідне значення	Остаточне значення	
16	\$N\$21		542,592	543,8639536	
17					
18					
19	Клітинки змінних				
20	Клітинка	Назва	Вихідне значення	Остаточне значення	Ціле число
21	\$F\$21		0,03	0,028284271	Продовжити

Рис. 10. Звіт про результат

Відповідь: $E_{max} = 543,8$ В/м;
 $r_{max} = 2,83$ см; $E_0 = 361,8$ В/м.

Отже, застосовуючи міжпредметні зв'язки з інформатикою та виконавши розрахунки за допомогою MS EXCEL, отримуємо наочний (рис. 9) і точний (рис. 10) кінцевий результат.

Задача 3. Дві довгі паралельні нитки рівномірно заряджені, кожна з лінійною густиною $\Gamma = 0,5$ мкКл/м. Відстань між ними $2a = 0,45$ м. Знайти максимальне значення напруженості електричного

поля на осі, перпендикулярній лінії, що з'єднує заряджені нитки і рівновіддаленої від них (рис. 11)

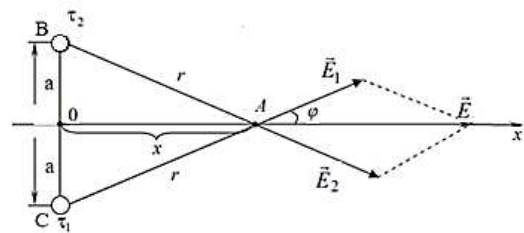


Рис. 11. Схема напруженості електричного поля

Розв'язання: Напруженість електричного поля, що створює нескінченна заряджена нитка

$$\vec{E} = \frac{1}{2 \pi \epsilon_0} \cdot \frac{\Gamma}{r} \vec{j}; \quad \vec{E} = 2k \cdot \frac{\Gamma}{r} \vec{j}$$

дорівнює $k = \frac{1}{4 \pi \epsilon_0}$, ϵ_0 – електрична стала. Відповідно до принципу суперпозиції: $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$, або (див.

рис. 11) $\vec{E} = 2\vec{E}_1 \cos \varphi$. Звідси $E = \frac{4k\Gamma}{r} \cdot \frac{x}{r} = \frac{4k\Gamma x}{x^2 + a^2}$,

де $\cos \varphi = \frac{x}{r}$, $r^2 = x^2 + a^2$. Тоді умова максимуму:

$$\frac{dE}{dx} = \frac{4k\Gamma(x^2 + a^2) - 8k\Gamma x^2}{(x^2 + a^2)^2} = \frac{4k\Gamma(-x^2 + a^2)}{(x^2 + a^2)^2} = 0;$$

Звідки при $x_{max} = \pm a$, $E_{max} = \frac{2k\Gamma}{a}$.

При розв'язанні цієї задачі очевидні міжпредметні зв'язки фізики з математикою. Використаємо зв'язок з інформатикою. За допомогою MS Excel сформуємо таблицю та наочну діаграму (рис. 12).

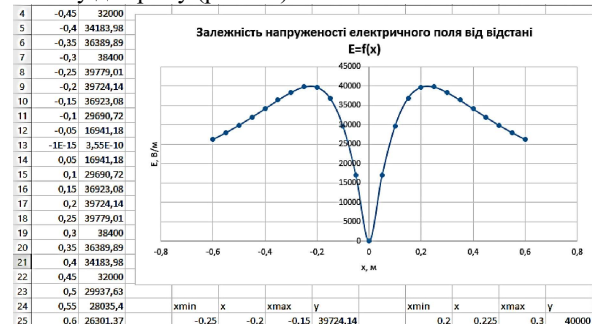


Рис. 12. Залежність напруженості електричного поля від відстані

Знайдемо екстремуми функції та отримаємо звіт про результат (рис. 13).

19	Клітинки змінних					
20	Клітинка	Назва	Вихідне значення	Остаточне значення	Ціле число	
21	\$O\$8	x	0,225	0,225	Продовжити	
22						
23						
24	Обмеження					
25	Клітинка	Назва	Значення клітинки	Формула	Стан	Допуск
26	\$N\$8	xmin		0,2 \$N\$8 <= \$O\$8	Без зв'язування	0,025
27	\$O\$8	x	0,225	\$O\$8 <= \$P\$8	Без зв'язування	0,075

Рис. 13. Звіт про результат

$$x_{max} = 0,225 \text{ м}, \quad E_{max} = 40 \text{ кВ/м}$$

Висновки та перспективи подальших наукових розвідок напряму. Показано, що використання інструментів MS Excel для отримання наочного та точного є перспективним та ефективним засобом для визначення положення й величини екстремального значення цільової функції

задачі, не витрачаючи багато рутинних розрахунків та затрат навчального часу, та як розкриваються міжпредметні зв'язки математики, фізики та інформатики шляхом використання MS Excel при розв'язанні прикладних задач на екстремум.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Дяденчук А. Ф. Застосування інформаційних технологій при викладенні загального курсу фізики майбутнім екологам. *Сучасні інформаційні технології в освіті і науці*: III Всеукр. наук. Інтернет-конф., 26-27 березня 2021 р.: (Зб. матеріалів). Умань: Візаві, 2021. с. 107–109.
2. Задачі на екстремум у шкільному курсі фізики: Посібник для вчителя / Редько Г. Б., Валльє О. Е., Усов В. В., Мельник В. Г.. Одеса: ОДПІ, 1992. 128 с.
3. Інформатика: підруч. для 9 кл. закл. загал. серед. освіти / [Бондаренко О. О., Ластовецький В. В., Пилипчук О. П., Шестопапов Є. А.]. Харків: Вид-во «Ранок», 2022.
4. Кононова О. О. Методи розв'язання оптимізаційних задач на побудову. *Освіта Донбасу*. 2009. № 3–4. С. 19–28. URL: https://shron1.chtyvo.org.ua/Osvita_Donbasu/2009_N3-4_134-135.pdf
5. Моклярчук М. П. Варіаційне числення. Екстремальні задачі. Підручник. Київ: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2009. 380 с. URL: <https://mechmat.knu.ua/wp-content/uploads/2020/05/var-book-2010.pdf>
6. Науменко А. А. Екстремальні задачі як засіб активізації навчально-пізнавальної діяльності учнів під час вивчення геометричних перетворень // Єдність навчання і наукових досліджень – головний принцип університету: збірник наукових праць звітно-наукової конференції викладачів університету за 2012 рік, 9-10 лютого 2013 року. Київ: Вид-во НПУ імені М. П. Драгоманова, 2013. С. 250-251. URL: <https://enpuir.npu.edu.ua/handle/123456789/4907?show=full>

REFERENCES

1. Dyadenchuk, A. F. (2021). Zastosuвання informatsiynych tehnologiy pri vykladanni zagalnogo kursu fizyky maybutnim ekologam. [Application of information technologies in teaching the general course of physics to future ecologists]. "Modern information technologies in education and science: III Vseukr. of science Internet conference", March 26-27, 2021: (Collection of materials). Uman: Visavy. S. 107–109 [in Ukrainian]
2. Zadachi na ekstremum u shkylnomu kursy fizyky: Posibnyk dlya vchytelya (1992). [Extremum problems in a school physics course: A handbook for the teacher] / Redko G. B., Vallie O. E., Usov V. V., Melnik V. G. Odessa: ODPI. 128 s. [in Ukrainian]
3. Informatica: pidruchnik dlya 9 klasu zakladiv zagalnoy serednsyoy osvity (2022). [Informatics: a textbook for the 9th grade of a general secondary education institution] / [Bondarenko O. O., Lastovetskyi V. V., Pylypchuk O. P., Shestopalov E. A.]. Kharkiv: Ranok Publishing House. [in Ukrainian]
4. Kononova, O. O. (2009). Metody rozvyasannya optymizatsiynyh zadach na pobudovu [Methods for solving optimization problems for construction] *Osvita Donbasu* [Education of Donbass]. No. 3–4. S. 19–28. URL: https://shron1.chtyvo.org.ua/Osvita_Donbasu/2009_N3-4_134-135.pdf [in Ukrainian]
5. Mokliarchuk M. P. Variatsiine chyslennia. Ekstremalni zadachi. [Calculus of variations. Extreme tasks.] (2009). *Pidruchnyk*. Kyiv: Vydavnycho-polihrafichnyi tsentr "Kyivskiy universytet", 380 s. URL: <https://mechmat.knu.ua/wp-content/uploads/2020/05/var-book-2010.pdf> [in Ukrainian]

6. Naumenko, A. A. (2013). Extremalni zadachi yak zasib aktyvizatsiyi navchalnoy diyalnosti uchniv pid chas vyvchennya geometrichnyh peretvoren [Extreme problems as a means of activating the educational and cognitive activity of students during the study of geometric transformations] // *Yednist navchannya i naukovykh doslidzhen – golovnyy princip universynetu* [The unity of teaching and scientific research is the main principle of the university]: a collection of scientific works of the report and scientific conference of university teachers for 2012, February 9-10, 2013 year Kyiv: Publishing House of NPU named after M. P. Drahomanov. S. 250–251. URL: <https://enpuir.npu.edu.ua/handle/123456789/4907?show=full> [in Ukrainian]

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

ШКАТУЛЯК Наталія Михайлівна – кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри прикладної математики та інформатики Південноукраїнського національного педагогічного університету імені К. Д. Ушинського.

Наукові інтереси: система вищої освіти, професійна підготовка майбутніх вчителів інформатики та прикладної математики, матеріалознавство конструкційних матеріалів.

УСОВ Валентин Валентинович – доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри технологічної та професійної освіти Південноукраїнського національного педагогічного університету імені К. Д. Ушинського.

Наукові інтереси: система вищої освіти, професійна підготовка майбутніх вчителів технологій, інформатики та фахівців зі сфери дизайну одягу та комп'ютерного дизайну, матеріалознавство конструкційних матеріалів, фізика приладів, елементів і систем.

ТКАЧУК Олена Миколаївна – кандидат фізико-математичних наук, викладач фізико-математичних дисциплін Одеського технічного фахового коледжу Одеського національного технологічного університету.

Наукові інтереси: система вищої освіти, професійна підготовка майбутніх фахівців у сфері інформаційних технологій, фізика твердого тіла.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

SKATULYAK Nataliya Mykhailivna – Candidate of physical and mathematical sciences, PhD, Associate Professor at the Department of Applied Mathematics and Informatics at South Ukrainian Pedagogical University named after K. D. Ushinsky.

Scientific interests: system of higher education, professional training of future teachers of informatics and applied mathematics, materials science of structural materials.

USOV Valentin Valentynovich – Doctor of physical and mathematical sciences, Professor, Professor of the Department of Technological and Vocational Education at South Ukrainian National Pedagogical University named after K. D. Ushinsky.

Scientific interests: the system of higher education, professional training of future teachers of technology, computer science and specialists in the field of clothing design and computer design, material science of structural materials, physics of devices, elements and systems.

TKACHUK Olena Mikolaievna – Candidate of physical and mathematical sciences, PhD, teacher of physical and mathematical disciplines at Odessa Technical Vocational College of Odessa National Technological University.

Scientific interests: system of higher education, professional training of future specialists in the field of information technologies, the solid state physics.

Стаття надійшла до редакції 21.04.2024 р.