

Scientific journal  
**PHYSICAL AND MATHEMATICAL EDUCATION**  
Has been issued since 2013.

ISSN 2413-158X (online)  
ISSN 2413-1571 (print)

Науковий журнал  
**ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА**  
Видається з 2013.



<http://fmo-journal.fizmatsspu.sumy.ua/>

*Ефименко С.М. Засоби Mathcad у навчальному фізичному експерименті. Фізико-математична освіта. 2018. Випуск 1(15). С. 195-199.*

*Yefimenko S. Means Of Mathcad In The Educational Physical Experiment. Physical and Mathematical Education. 2018. Issue 1(15). P. 195-199.*

УДК 372.853:004.942

С.М. Єфименко

Центральноукраїнський державний педагогічний університет  
імені Володимира Винниченка, Україна  
efimenko-shostka@ukr.net  
DOI 10.31110/2413-1571-2018-015-1-036

#### ЗАСОБИ MATHCAD У НАВЧАЛЬНОМУ ФІЗИЧНОМУ ЕКСПЕРИМЕНТІ

**Анотація.** У статті запропоновано використання системи комп'ютерної математики Mathcad у формуванні дослідницької складової фізичної компетентності студентів техніко-технологічних спеціальностей коледжів і технікумів на прикладі виконання лабораторного експерименту по визначенню коефіцієнта в'язкості рідини за методом Стокса. Описано створення навчальної комп'ютерної моделі, яка дозволяє всебічно аналізувати процес руху кульки в рідині, змінюючи вхідні параметри моделі: діаметр кулі, відстань між мітками на циліндрі, діаметр циліндра, густину рідини, її температуру, матеріал кулі (густину). Відмічено переваги системи комп'ютерної математики Mathcad як середовища чисельних обчислень та моделювання фізичних явищ і процесів, яке посяде вагоме місце в інтернаціональній освіті у зв'язку з переходом до нових Grid-технологій. Вказано, що залучення програмних засобів систем комп'ютерної математики в навчальний експеримент, зокрема під час визначення коефіцієнта в'язкості води за методом Стокса, не перекреслює попередні здобутки в методиці проведення фізичного експерименту, не підмінює реальний експеримент віртуальним, а модернізує його. Виконання лабораторного експерименту передбачає вивчення фізичних явищ і процесів. Тому абстрагування від математичних обчислень та візуалізація навчального матеріалу сприяє підвищенню якості фізичних знань, економії часу для змістового аналізу, отриманих у дослідженні результатів. Серед безумовних переваг впровадження систем комп'ютерної математики в навчальний експеримент з фізики є широкі можливості редагування даних експерименту, зберігання їх для спільного використання та обговорення, відкритість для онлайн доступу й оцінювання; можливість в межах документу, завдяки посиланню, звертатися до теоретичних даних. Отже, стаття показує, що знайомство з системами комп'ютерної математики озброює студентів сучасними засобами та методами дослідницької діяльності, які сприятимуть у наступному формуванню професійної компетентності майбутнього фахівця.

**Ключові слова:** системи комп'ютерної математики, Mathcad, програмні засоби математичної підтримки, візуалізація, лабораторний експеримент, дослідницька діяльність, аналіз результатів.

**Постановка проблеми.** В умовах тотальної інформатизації і комп'ютеризації суспільства, освіта і наука миттєво реагує на зміни, які відбуваються в сфері електронно-обчислювальної техніки (ЕОТ), її програмного забезпечення та інформаційних технологій. Таке явище знайшло відображення в нашій державі у прийнятті концепції інформатизації навчальної та наукової діяльності. [1]

Концепція інформатизації навчального процесу, заснована на поєднанні традиційних і новітніх засобів навчання, передбачає поетапне, поступове впровадження у навчальний процес програмних засобів навчально-виховного призначення, раціональне поєднання традиційних методів та засобів навчання з сучасними інформаційними технологіями, що зрештою веде до підвищення ефективності навчання [2, с.72].

У цьому контексті актуальним постає питання поєднання дидактики та сучасних інформаційних технологій під час підготовки майбутніх техніків-технологів у закладах вищої освіти, зокрема коледжах і технікумах, що пояснюється необхідністю орієнтації на вимоги сьогодення до рівня підготовки їхніх випускників. До того ж навички практичного використання програмних засобів інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) майбутніми фахівцями відносяться до ключових компетентностей, якими вони повинні володіти на час отримання відповідного освітнього ступеня.

Одним із етапів реалізації концепції інформатизації у коледжах і технікумах техніко-технологічного спрямування є запровадження нових технологій у організаційно-методичне забезпечення навчального процесу при викладанні фізики, що передбачає створення предметно-орієнтованого навчального середовища дисципліни на основі інтеграційного підходу та адаптацію існуючих програмних засобів під конкретні вимоги щодо формування предметної компетентності фахівця.

До програмних засобів, призначених не тільки для механізації обчислювальних робіт і прийняття логічних рішень, у силу історичного покликання ЕОТ, але й для візуалізації об'єктів вивчення (явищ, процесів) та виконання певних дій над ними (моделювання), які доцільно використовувати під час навчання фізики у технікумах і коледжах техніко-технологічного спрямування, відносяться системи комп'ютерної математики (GRAN, Derive, MathCad, MathLab, Maple, Mathematica та інші).

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дидактичні та методичні проблеми впровадження (ІКТ) у навчальний процес вивчались В.П. Беспалько, О.Л. Коношевським, П.М. Олійником, О.В. Соколюк, Н.Ф. Тализіною, Г.М. Чирвою. Дослідження з питання застосування ІКТ при вивченні різних дисциплін проводились М.Ю.Афанасьєвою, В.Ф. Валюк, М.І. Жалдаком, Ю.В. Єчкало, В.І. Клочко, О.С. Мартинюком, В.П. Муляром, С.А. Раковим, Т.І. Сергєєвою, В.Д. Сиротюком, Т.І. Чепрасовою. Питання формування інформаційного освітнього простору України порушувалось у публікаціях В.Ю. Бикова, Ю.О. Жука. Розробці методики вивчення фізики в умовах застосування нових інформаційних технологій й створення педагогічних програмних засобів у відповідності до цих методик присвячені дослідження Л.І. Анциферова, П.С. Атаманчука, О.І. Бугайова, М.І. Жалдака, Ю.О. Жука, М.В. Головка, В.Ф. Заболотного, О.І. Іваницького, Л.Р. Калапуши, Д.А. Покришня, Н.Л. Сосницької, В.І. Тищука, В.Д. Шарко, М.І. Шута та ін. Різні напрямки застосування систем комп'ютерної математики (СКМ) у навчанні досліджені в роботах вітчизняних та зарубіжних науковців А.В. Антонця, І.М. Горди, В.П. Д'яконова, М.І. Жалдака, А.М. Кундрат, М.М. Кундрат, В.Ф. Очкова, Ю.В. Триуса, Л.О. Флегантова, О.Г. Ясева.

Попри вагомі досягнення вчених у вирішенні задачі залучення засобів і методів ІКТ у процес навчання, можна говорити про недостатню увагу, яку приділяють науковці питанню адаптації систем комп'ютерної математики до формування предметної компетентності майбутнього техника-технолога під час навчання фізики, що надає актуальності темі дослідження.

**Мета статті** полягає у розкритті особливостей реалізації СКМ Mathcad під час формування дослідницької складової фізичної компетентності студентів хіміко-технологічних спеціальностей коледжів і технікумів.

**Виклад основного матеріалу.** Системи комп'ютерної математики – це засоби, які автоматизують як виконання чисельних так і аналітичних обчислень. Їх використовують для розв'язування наукових, інженерних, навчальних задач, наочної візуалізації даних і результатів обчислень і як зручні та повні довідники з математичних обчислень. [3, с.274]

Завдяки потужній графіці, засобам візуального програмування й застосування техніки мультимедіа роль СКМ далеко виходить за межі тільки математичних розрахунків. Вони широко використовуються в освіті як потужні інструментальні засоби для підготовки електронних уроків, курсів лекцій та електронних книг з динамічними прикладами, які учень сам може змінювати та виконувати навчальні дослідження. [3, с.274]

До програмних засобів математичної підтримки, що знайшли поширення у вітчизняній освіті відносяться програмні продукти GRAN, ТерМ, під які розроблена методична система навчання математики. Спроби залучити ці програмні продукти у навчання фізики, на жаль, мають епізодичний характер.

У навчанні фізики студентів технічних і технологічних спеціальностей СКМ мають особливе, виняткове значення, оскільки (з нашого досвіду їх використання) впливають на оволодіння когнітивною, діяльнісною, дослідницькою, інформаційно-технологічною та особистісно-ціннісною компетенціями, що забезпечує формування та розвиток фізичної компетентності в цілому.

Серед зарубіжних програмних продуктів, який заслуговує на увагу науковців-методистів, є універсальний математичний пакет Mathcad, що об'єднує в собі можливості програмних засобів математичної підтримки, комп'ютерної графіки та містить вбудовану мову програмування.

Так як удосконалення і розвиток навчального фізичного експерименту в сучасних умовах потребує не тільки перегляду системи засобів вимірювання, але і методики його виконання, то нами досліджувались методичні аспекти реалізації СКМ Mathcad під час проведення лабораторного експерименту по визначенню коефіцієнта в'язкості рідини за методом Стокса у студентів другого курсу технічних спеціальностей коледжів і технікумів. Треба відмітити, що використання студентами СКМ Mathcad у експерименті не вимагає яких-небудь додаткових знань, окрім тих, що вони набувають на другому курсі під час вивчення основ інформатики. Існує, безумовно, багато переваг такої методики виконання лабораторного експерименту у порівнянні з традиційною. Насамперед, це відсутність залежності результатів дослідження від знань студента з математики, а отже вивільнення часу для проведення ретельного аналізу експериментальних результатів.

Однак зручність використання даного програмного забезпечення не обмежується тільки полегшенням процесу обробки експериментальних результатів. Серед безумовних переваг впровадження систем комп'ютерної математики в навчальний експеримент з фізики є візуалізація, підвищення якості дослідження, виняткова простота і широкі можливості редагування даних експерименту, зберігання їх для спільного використання та обговорення, відкритість для онлайн доступу й оцінювання; можливість, завдяки посиланню, в межах документу звертатися до теоретичних даних.

Треба відмітити, що залучення програмних засобів систем комп'ютерної математики в навчальний експеримент не перекреслює попередні здобутки в методиці проведення фізичного експерименту, не передбачає підміну реального експерименту віртуальним, а модернізує його. Ми допускаємо, що в межах дистанційного навчання або ж за відсутності лабораторного обладнання можна суміщати СКМ Mathcad з імітаційною моделлю устаткування, для створення якої можна використати, наприклад, мову програмування Action Script 3.0.

Традиційна лабораторна робота по визначенню коефіцієнта в'язкості за методом Стокса передбачає знаходження коефіцієнта внутрішнього тертя малов'язких рідин в умовах ламінарної течії при постійній температурі через швидкість руху в них кульки (метод Стокса). [4] Так як факт сталості швидкості падіння кульки в даному експерименті потребує перевірки, ми пропонуємо доповнити роботу дослідженням руху тіл у рідині під час їх падіння на прикладі кульки за допомогою засобів моделювання Mathcad.

Розглянемо особливості виконання лабораторної роботи по визначенню коефіцієнта в'язкості рідини за методом Стокса з використанням СКМ Mathcad.

Під час виконання лабораторної роботи за допомогою СКМ Mathcad можна вносити значення фізичної величини в довільних одиницях з наступним переведенням їх у системні одиниці (СІ) (рис. 1).

6.2 Виміряйте відстань  $l$  між мітками А та В на циліндрі масштабною лінійкою. Запишіть це значення в системних одиницях.

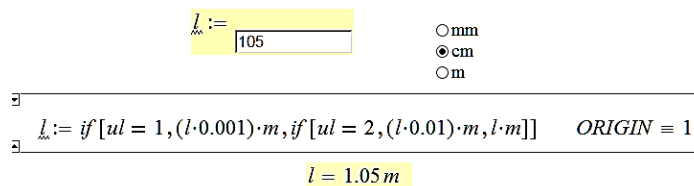


Рис. 1. Внесення значень фізичної величини в Mathcad – документ з переведення одиниць вимірювання в СІ

Програмний засіб дозволяє легко задавати таблиці, текстові поля, заносити до них значення вимірених величин, у разі потреби їх корегувати (рис. 2).

Таблиця 3.1– Результати вимірювань та обчислень

$d :=$	<input type="text" value="3.81"/>	(мм)	$t :=$	<input type="text" value="2.33"/>	(сек)
	<input type="text" value="3.69"/>			<input type="text" value="2.41"/>	
	<input type="text" value="3.65"/>			<input type="text" value="2.44"/>	

6.6 Введіть значення густини рідини ( $\rho_1$ ) та кулі ( $\rho_2$ ) у  $\text{кг}/\text{м}^3$ , а також діаметра циліндра  $D$  у мм:

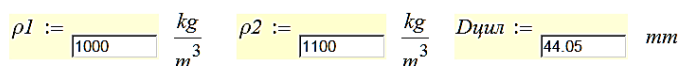


Рис. 2. Заповнення таблиць та текстових полів у Mathcad

Для проведення розрахунків коефіцієнта в'язкості рідини створюється область, до якої записуються формули, додаються проміжні обчислення. Після цього область з формулами можна згорнути, а потім шляхом блокування обмежити доступ студентів до даної області (рис. 3).

6.7 Визначте за формулою (12) коефіцієнт внутрішнього тертя  $\eta_i$  для кожного досліді та його середнє значення.

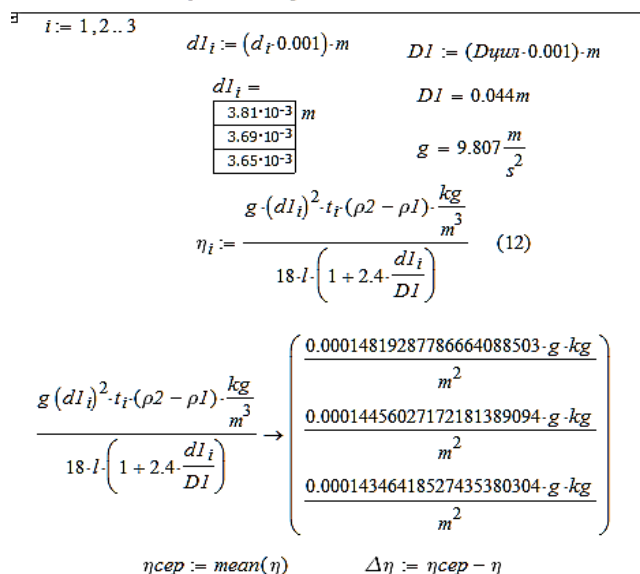


Рис. 3. Область у Mathcad - документі з формулами і проміжними обчисленнями

Результатом автоматичних обчислень будуть значення коефіцієнта в'язкості для кожного досліді і його середнє значення (рис. 4).

$$\Delta \eta = \begin{pmatrix} -2.733 \times 10^{-5} \\ 8.292 \times 10^{-6} \\ 1.904 \times 10^{-5} \end{pmatrix} \text{Pa s} \quad \eta_{\text{сєркє}} := \sqrt{\frac{(\Delta \eta_1)^2 + (\Delta \eta_2)^2 + (\Delta \eta_3)^2}{2}}$$

$$\eta_{\text{сєркє}} = 2.427 \times 10^{-5} \text{ Pa s}$$

Рис. 4. Значення коефіцієнта в'язкості рідини

Потім знаходять абсолютну похибку кожного досліду та середньоквадратичну похибку вимірів (рис. 5).

$$\eta = \begin{pmatrix} 1.453 \times 10^{-3} \\ 1.418 \times 10^{-3} \\ 1.407 \times 10^{-3} \end{pmatrix} Pa \cdot s \quad \eta_{сер} = 1.426 \times 10^{-3} Pa \cdot s$$

Рис. 5. Абсолютні похибки вимірювань та середньоквадратична похибка

Для візуалізації залежності швидкості руху кульки від часу під час нерівномірного руху (до мітки А, з якої починається відлік часу падіння тіла) і порівняння значення набутої кулькою швидкості  $v_{lim}$  (за графіком) з результатом одного з дослідів достатньо створити текстове поле з вибором номеру досліду, ввести необхідні формули і розв'язати диференціальне рівняння  $\frac{dv}{dt} + \frac{v}{\tau} = C$  (рис. 6).

Виберіть номер досліду

---

$t_n = 2.41 \quad dk := (0.001 d_n) \cdot m \quad dk = 3.69 \times 10^{-3} m$

$d_{сер} := \text{mean}(d_1, d_2, d_3) \cdot 0.001 \cdot m \quad d_{сер} = 3.717 \times 10^{-3} m$

$\eta_{сер} := \eta_{сер} \cdot \frac{1}{Pa} \quad C := g \cdot \left(1 - \frac{\rho_1}{\rho_2}\right) \cdot \frac{s^2}{m} \quad \tau := \frac{\rho_2 \cdot d_{сер}^2 \cdot \frac{1}{m^2}}{18 \cdot \eta_{сер}}$

$C = 0.892 \quad \tau = 0.592 \quad v_{lim} := C \cdot \tau \cdot \frac{m}{s} \quad v := \frac{l}{t_n \cdot s}$

Given  $v_{lim} = 0.528 \frac{m}{s}$

$\frac{d}{dt} y(t) + \frac{y(t)}{\tau} = C \quad y(0) = 0$

$y := \text{Odesolve}(t, 10) \quad t := 0, 0.1 .. 10$

Рис. 6. Математичне моделювання падіння кульки в рідині

Наступним кроком буде побудова графічної залежності  $v(t)$  (рис. 7).

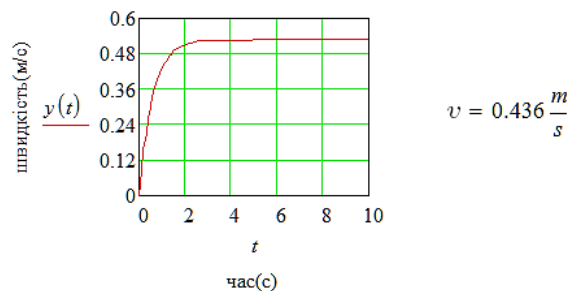


Рис. 7. Графічна модель падіння кульки в рідині

На підставі побудованої моделі проводиться пояснення характеру падіння тіл у рідині, що є корисним для аналізу результатів експерименту і формулювання змістових висновків. До того ж особливо цінним у СКМ Mathcad є те, що результати експерименту дозволено зберігати для їх наступного оцінювання у форматах xmcad, html або як документ Word. За наявності зв'язку з сервером, доступ до такого документу для спільної роботи та корегування можна отримати через мережу Internet з будь-якої точки світу як із персонального комп'ютера, так і зі смартфонів, планшетів.

**Висновки.**

1. Впровадження СКМ (MathCad, MathLab, Maple, Mathematica та ін.) у процес навчання є необхідністю, що підтверджується дієвістю таких продуктів, і повинно стати метою для технічної освіти.

2. Досвід використання Mathcad у навчанні фізики, зокрема під час формування дослідницької складової фізичної компетентності, показав його надзвичайно високу ефективність, яка була цілком сподівана, адже процес проведення лабораторного експерименту – це, по суті, і є наукове дослідження, метою якого є підтвердження раніше відомих фактів, і використання у цьому процесі систем комп'ютерної математики – більш ніж виправдано.

3. Завдяки використанню СКМ Mathcad у навчальному експерименті з фізики стало можливим поєднання компетентнісного, діяльнісного та особистісно зорієнтованого підходів в умовах навчального процесу коледжів та технікумів. Тому питання реалізації засобів Mathcad у навчанні фізики вимагає подальшого розвитку.

#### Список використаних джерел

1. Закон України “Про концепцію національної програми інформатизації” від 4 лютого 1998 р. № 75/98-ВР. ВВР України. 1998. №27-28. С. 182.
2. Валюк В.Ф. Мультимедійні презентації Microsoft PowerPoint як засіб вивчення навчальної дисципліни "Органічна хімія". Наукові записки Ніжинського державного університету ім. Миколи Гоголя. Сер. : Психолого-педагогічні науки. 2012. № 1. С. 72-76.
3. Сінько Ю.І. Системи комп'ютерної математики та їх роль у математичній освіті. Інформаційні технології в освіті: [зб. наук. праць / голов. ред. Співаковський О.В. та ін.]. Херсон: Видавництво ХДУ, 2009. Вип. 3. С.274–278.
4. Розв'язання диференціального рівняння – Графічний метод Ейлера URL: [http://physique.chimie.pagesperso-orange.fr/TS\\_Physique/Physique\\_12\\_PROBLEME\\_RESOLU\\_12\\_B.htm](http://physique.chimie.pagesperso-orange.fr/TS_Physique/Physique_12_PROBLEME_RESOLU_12_B.htm) (дата звернення 26.02.2018).

#### References

1. Zakon Ukrainy "Pro koncepciju nacionalnoji prohramy informatyzacii" vid 4 ljutogho 1998 r. # 75/98-VR // VVR Ukrainy.– 1998. – #27-28. – S. 182. (in Ukrainian)
2. Valjuk V.F. Multimedia presentations of Microsoft PowerPoint as means of study of educational discipline "Organic chemistry" / V.F. Valjuk // Naukovi zapysky Nizhynskogho derzhavnogho universytetu im. Mykoly Ghogholja. Ser. : Psykologho-pedagoghichni nauky. - 2012. - # 1. - S. 72-76. (in Ukrainian)
3. Sinjko Ju.I. The systems of computer mathematics and their role are in mathematical education / Ju.I. Sinjko // Informacijni tekhnologhiji v osviti: [zb. nauk. pracj / gholov. red. Spivakovskij O.V. ta in.]. – Kherson: Vydavnyctvo KhDU, 2009. – Vyp. 3. – S.274–278. (in Ukrainian)
4. Rozv'jazannja dyferencialnogho rivnannja – Ghrafichnyj metod Ejlera [Elektronnyj resurs]. – Rezhym dostupu: [http://physique.chimie.pagesperso-orange.fr/TS\\_Physique/Physique\\_12\\_PROBLEME\\_RESOLU\\_12\\_B.htm](http://physique.chimie.pagesperso-orange.fr/TS_Physique/Physique_12_PROBLEME_RESOLU_12_B.htm) (data zvernennja 26.02.2018) – Nazva z ekrana. (in French)

#### MEANS OF MATHCAD IN THE EDUCATIONAL PHYSICAL EXPERIMENT

Svetlana Yefimenko

Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State Pedagogical University

**Abstract.** The article propose using computer mathematics system Mathcad is offered in forming of research constituent of physical competence of students of technical and technological specialities of colleges on the example of implementation of laboratory experiment on determination of coefficient of viscosity of liquid after the Stokes method. It is described the creation the computer simulation model that allows you to comprehensively analyze the process of ball movement in a liquid, changing the initial parameters of the model: the diameter of the ball, the distance between marks on the cylinder and its diameter, the density of the liquid, its temperature and material of the ball. The advantages of computer mathematics system Mathcad as environment of numeral calculations and mathematical modeling of the physical phenomena and processes, that will take an important place in international education in connection with the transition to new Grid-technologies. It is indicated that the attraction of software systems of computer mathematics into an educational experiment, especially during the determination of coefficient of viscosity of liquid after the Stokes method, does not cross previous achievements in the method of conducting a physical experiment, does not replace an actual experiment with a virtual one, but modernizes it. Making a laboratory experiment supposes studying physical things and processes. That's why abstraction from mathematical calculations and visualization of educational material by mean of computer graphics gives the opportunity to increase the lever of physics knowledge, to save time for detailed analysis, received as a result of investigation. Among the unconditional advantages of the introduction of systems of computer mathematics in the educational experiment in physics there are wide possibilities for editing experimental data, storing them for general using and discussion, openness for online access and evaluation; possibility to refer to theoretical data within the document. Besides this computer mathematics system Mathcad gives students with modern means and methods of investigation activity to help forming the professional competence of a future specialist.

**Key words:** systems of computer mathematics, Mathcad, program means of mathematical support, visualization, laboratory experiment, investigation activity, analysis of results.