

ДИДАКТИЧНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ СЛАЙД-ЛЕКЦІЙ, ПРИСВЯЧЕНОЇ МЕХАНІКО-ЕЛЕКТРОДИНАМІЧНІЙ АНАЛОГІЇ

Мінаєв Ю.П., к. ф.-м. н., доцент, Тихонська Н.І., к. пед. н., ст. викладач,
Кенева І.П., аспірант

Запорізький національний університет

Механіко-електродинамічна аналогія використовується як мнемонічний засіб для запам'ятовування фізичних формул. Презентуються дидактичні матеріали для слайд-лекцій.

Ключові слова: зовнішнє незалежне оцінювання якості освіти, механіко-електродинамічна аналогія, професійна підготовка майбутніх учителів фізики.

Минаев Ю.П., Тихонская Н.И., Кенева И.П. ДИДАКТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СЛАЙД-ЛЕКЦИИ, ПОСВЯЩЕННОЙ МЕХАНИКО-ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЙ АНАЛОГИИ / Запорожский национальный университет, Украина.

Механико-электродинамическая аналогия используется как мнемоническое средство для запоминания физических формул. Представлены дидактические материалы для слайд-лекции.

Ключевые слова: внешнее независимое оценивание качества образования, механико-электродинамическая аналогия, профессиональная подготовка будущих учителей физики.

Minaev Yu., Tihonska N., Kenieva I. DIDACTIC MATERIALS FOR A SLIDE LECTURE ABOUT THE ELECTROMECHANICAL ANALOGY / Zaporizhzhya national university, Ukraine.

Electromechanical analogy is used as a mnemonic tool for remembering physics formulas. Didactic materials for a slide lecture are presented.

Key words: external independent evaluation of education quality, electromechanical analogy, professional training of physics teachers.

Зміни, внесені нами до спецкурсу “Мова фізичних задач” [1], були безпосередньо пов’язані з необхідністю навчити майбутніх учителів фізики готувати своїх учнів до зовнішнього незалежного оцінювання якості освіти (ЗНО). Ми запропонували певну класифікацію завдань “відкритої форми з короткою відповіддю” та надали до кожної категорії завдань загальні рекомендації. Перший із запропонованих нами типів отримав таку розгорнуту назву: “Завдання, де в коротких формалізованих умовах явно натякають на фізичну формулу, яка є розрахунковою, або з якої безпосередньо можна одержати формулу, необхідну для числових розрахунків”. У загальних рекомендаціях щодо виконання завдань цього типу йшлося про необхідність створення системи пригадування фізичних формул. Учню треба навчитися “тримати у голові” чималу їх кількість. Але, як показує педагогічний досвід, це вміння не так просто сформувати.

Результати науково-методичних досліджень, проведених на кафедрі фізики та методики її викладання ЗНУ [2-4], свідчили про те, що поширена тактика механічного зубріння формул не дозволяє учням і студентам контролювати процес їх пригадування. Тому вони дають багато неправильних відповідей, не підозрюючи про наявність помилок. Це підтвердили прямі вимірювання рівня залишкових знань з фізики, коли обсяг матеріалу, що підлягав перевірці, був достатньо великим. Проведений психологічний аналіз і математичне моделювання процесів запам’ятовування та забування навчального матеріалу також показали безперспективність зубріння.

У той же час для реалізації *стратегії логічного запам’ятовування* фізичних формул, що ґрунтується на мнемічних процесах мислення, треба створити відповідні навчальні матеріали. Проблема розробки таких матеріалів залишається актуальною і досі.

Ця стаття присвячена презентації розроблених нами дидактичних матеріалів, якими ми мали на меті допомогти учням налагодити логічні зв’язки між двома великими за обсягом темами курсу фізики. Тема “Електродинаміка” для більшості не лише школярів, а й студентів є достатньо складною для вивчення. Одна з причин такої складності пов’язана з великою кількістю формул, які треба навчитися швидко пригадувати, бо без них не виконаєш навіть найпростіших завдань з цієї теми.

Чи не можна пов’язати навчальний матеріал з електродинаміки з матеріалом раніше вивченої теми? Відповідь на це питання давно відома. Йдеться про так звану механіко-електродинамічну аналогію. Механічні та електродинамічні явища у деяких важливих випадках описуються однаковими за математичною сутністю рівняннями. Цей факт і дозволяє простежити аналогію між механічними і електродинамічними поняттями та формулами.

На жаль, за шкільними підручниками докладно простежити вказаний зв’язок між двома темами доволі складно. Так, у підручнику [5] механіко-електродинамічній аналогії приділяють лише один абзац. Підручник [6] інформації про існування вказаної аналогії взагалі не містить.

Познайомитися детальніше з механіко-електродинамічною аналогією можна за сучасним українським посібником [7]. Але й там аналогія проводиться за формальною подібністю окремо взятих формул механіки і електродинаміки, самі ж формули не виводяться. Отже, глибинна аналогія фізичних процесів залишається прихованою. Але для коректного виводу ключових формул треба володіти відповідним математичним апаратом. А за існуючими нині шкільними програмами математика хронічно відстає від потреб фізики. І все ж таки під час цілеспрямованої підготовки до ЗНО з фізики має сенс докладно розібратися з механіко-електродинамічною аналогією, принаймні на рівні одержання основних формул.

Аналогія між механічними та електромагнітними явищами може виступити тим інструментом мислення, який дозволить логічно пов'язати формули електродинаміки з формулами механіки, які учні зазвичай краще пам'ятають. Це дозволить їм усвідомлено запам'ятати і формули електродинаміки. Що ж до завдань ЗНО з фізики, то виконання помітної частини з них, як ми вже зазначали, пов'язане саме з пригадуванням необхідних формул.

Отже, завданням цієї статті є презентація матеріалів методичного забезпечення стратегії логічного запам'ятовування фізичних формул, що базується на встановленні механіко-електродинамічної аналогії.

Спочатку розглянемо для прикладу зразки завдань, які пропонувалися абітурієнтам 2010 року для підготовки до ЗНО.

Приклад №1. Визначте магнітний потік (у Вб), що виникає в котушці, індуктивність якої 0,05 Гн, а сила струму у витках дорівнює 2 А.

Приклад №2. Визначте силу струму (в амперах) у котушці індуктивністю 0,05 Гн, якщо в ній виникає магнітний потік 0,1 Вб.

Коментар. Обидва завдання натякають на формулу $\Phi = LI$, за якою вводиться індуктивність як характеристика котушки, що є коефіцієнтом пропорційності між магнітним потоком і силою струму. Але в першому завданні ця формула і є розрахунковою, а в другому її треба подати у вигляді $I = \frac{\Phi}{L}$ і лише потім підставляти числові значення, наведені в умові.

Приклад №3. Визначте індуктивність котушки, якщо відомо, що по ній протікає струм 20 А, а енергія магнітного поля котушки становить 100 Дж. Відповідь запишіть у генрі.

Коментар. Йдеться про відому формулу для енергії магнітного поля котушки: $W_L = \frac{LI^2}{2}$, з якої треба одержати розрахункову формулу для цього конкретного завдання: $L = \frac{2W_L}{I^2}$.

Загальний коментар до завдань на пригадування фізичних формул. Як би там не натякали в умовах завдань на конкретні фізичні формули, у більшості випадків їх треба все ж таки знати. Особливо це стосується формул – означень, за допомогою яких у фізичній теорії вводять нові величини, та формул, у яких відбиваються фізичні закони. Важливими також є формули для енергій. У розглянутих прикладах

$\Phi = LI$ — формула – означення для введення поняття індуктивності котушки, а $W_L = \frac{LI^2}{2}$ — формула

для енергії магнітного поля цієї котушки при проходженні електричного струму силою I . Звернемо увагу на той факт, що за допомогою цих формул можна одержати ще дві формули для енергії магнітного поля котушки зі струмом:

$$W_L = \frac{\Phi I}{2} \text{ і } W_L = \frac{\Phi^2}{2L}.$$

Зрозуміло, що і на ці формули без проблем можна “створити” завдання також ж типу, як ми наразі розглядаємо. Для запам'ятовування формул з електродинаміки дуже корисно знати про механіко-електродинамічну аналогію, про яку зазвичай у шкільному курсі згадують, коли звертають увагу на математичну ідентичність рівнянь, що описують коливання у механіці та в електродинаміці.

Тоді на формулу $\Phi = LI$ можна подивитися як на аналог знайомої з механіки формули для імпульсу ($\vec{p} = m\vec{v}$), а на $W_L = \frac{LI^2}{2}$ як на аналог формули для кінетичної енергії матеріальної точки ($E_k = \frac{mv^2}{2}$).

Більшість формул, які з'являються в шкільних підручниках фізики без доведення, виводяться з більш фундаментальних (яких не так уже й багато). Треба наголосити, що математичний апарат, необхідний для цього, у більшості випадків вивчається в курсі шкільної математики. Щоправда, з помітним запізненням порівняно з тим, коли він потрібен на уроках фізики. Але все ж таки під час підготовки до тестування з фізики і повторення матеріалу всього шкільного курсу доцільно скористатися цим математичним апаратом для виведення більшості формул, які наводять у шкільних підручниках в готовому вигляді. Це, безумовно, сприятиме створенню тієї самої власної системи пригадування фізичних формул, про яку йшлося у статті [1].

Правила, за якими організована процедура ЗНО, не передбачають наведення розгорнутих розв'язків фізичних задач, оцінюються лише правильні відповіді. Ця обставина вимагає від учнів уміння швидкого (можна сказати усного) розв'язування задач, складених за навчальним матеріалом практично всього шкільного курсу фізики, який достатньо великий за обсягом.

Як вже було зазначено, знання з фізики, які були здобуті механічним заучуванням, виявляються недовготривалими (іншими словами, мають малий період піврозпаду). Учні, які керуються стратегією механічного запам'ятовування знань, через вельми короткий час не в змозі відтворити формулу чи дати означення терміна, не кажучи вже про використання їх при розв'язуванні задач або поясненні певних фізичних явищ. Отже, така стратегія навчання не дозволяє якісно підготуватися до ЗНО.

З іншого боку, ті, хто користується логічною пам'яттю, можуть швидко самостійно вивести формулу, яку забули, та власними силами відновити означення терміна. Але найголовніше — вони розуміють місце цих формул і термінів у загальній теорії та вміють ними користуватися. Тому вектор переходу на вирашну стратегію засвоєння знань з фізики (і, як наслідок, закладення підґрунтя для формування вміння практично усного розв'язування задач) має бути спрямованим на розвиток логічного мислення.

Один зі шляхів такого розвитку ми вбачаємо в стимулюванні учнів до пошуку аналогій, що базуються на встановленні смислових зв'язків нових знань з раніше засвоєними. Для переходу на логічну пам'ять треба навчитися не лише досить швидко пов'язувати новий матеріал з тим, що вже відомий, а й поновлювати "втрачену" інформацію за рахунок системності знань за допомогою логічних умовиводів; контролювати правильність пригадуваної інформації, користуючись прийомами критичного мислення.

Названі вміння треба цілеспрямовано формувати через спеціально організоване навчання. Розроблені нами дидактичні матеріали призначені для проведення слайд-лекції, спеціально присвяченої механіко-електродинамічній аналогії. Під слайд-лекцією розуміється така форма навчання, у ході якої відбувається інтеграція мовлення вчителя та відеоматеріалу, що поданий на екран за допомогою відеопроєктора, керованого комп'ютером. Це дозволяє здійснювати більш якісне засвоєння учнями та студентами курсу фізики завдяки поєднанню мовлення та образної наочності.

У нашому випадку кожен слайд містить смислові елементи з двох порівнюваних навчальних тем. Ці елементи розміщені так, щоб математична аналогія між механічними і електродинамічними процесами легко простежувалася (див. рис. 1–5).

Звернемо увагу на те, що розроблені дидактичні матеріали можуть бути використані не лише під час відповідної слайд-лекції. Вони цілком готові для розміщення на сторінках друкованих навчальних посібників, орієнтованих на старшокласників та студентів молодших курсів вишів. У цій статті ми зробили основний акцент на застосуванні механіко-електродинамічної аналогії для розвитку в учнів логічної пам'яті та усвідомленого запам'ятовування ними фізичних формул. Але треба зазначити, що ця аналогія має значно ширше коло використання. Зокрема, за допомогою неї можна майже усно розв'язувати доволі складні задачі з електродинаміки [8]. А проблема навчання школярів усного розв'язування фізичних задач надзвичайно актуалізувалася запровадженням ЗНО, що, у свою чергу, спонукає до відповідних змін у програмах підготовки і підвищення кваліфікації вчителів фізики. Оновлені програми мають бути забезпечені відповідними дидактичними матеріалами. Їх розробкою ми плануємо продовжувати займатися.

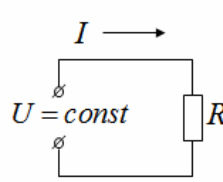
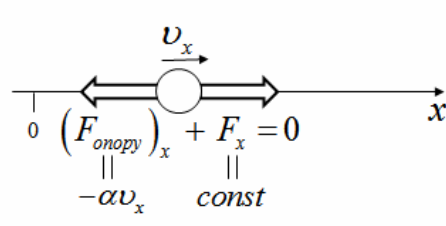
<p style="text-align: center;">Постійний електричний струм через резистор</p>  <p style="text-align: center;">Сила струму: $I = \overset{\text{def}}{\frac{\Delta q}{\Delta t}}$</p> <p>$\Delta q$ – заряд, що пройшов через резистор за час Δt</p> <p style="text-align: center;">Закон Ома для ділянки кола:</p> $U = RI$ <p style="text-align: center;">прикладена постійна напруга опір резистора</p>	<p style="text-align: center;">Рівномірний прямолінійний рух у в'язкому середовищі</p>  <p style="text-align: center;">Швидкість руху: $v_x = \overset{\text{def}}{\frac{\Delta x}{\Delta t}}$</p> <p>$\Delta x$ – приріст координати тіла за час Δt</p> <p style="text-align: center;">Умова рівномірного руху:</p> $F_x = \alpha v_x$ <p style="text-align: center;">прикладена постійна сила коефіцієнт опору</p>
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> Аналогія: $q \leftrightarrow x; I \leftrightarrow v_x; U \leftrightarrow F_x; R \leftrightarrow \alpha$ </div>	

Рис. 1 Порівняння закону Ома й умови рівномірного руху у в'язкому середовищі

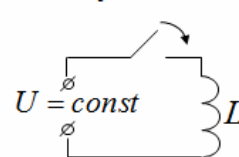
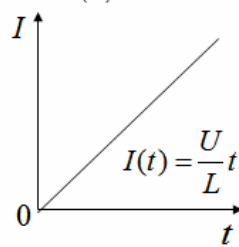
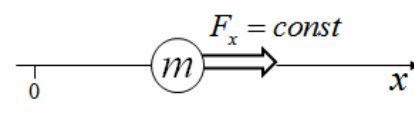
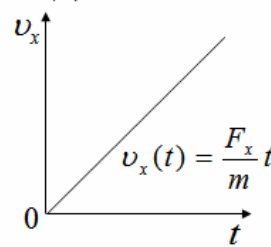
<p style="text-align: center;">Рівномірне зростання сили струму в соленоїді (котушці індуктивності) при підключенні до джерела постійної напруги за умови відсутності активного опору ($R=0$)</p>  <p style="text-align: center;">За законом електромагнітної індукції Фарадея:</p> $U = L \frac{\Delta I}{\Delta t} \quad \text{або} \quad U = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ <p style="text-align: center;">де Φ – магнітний потік.</p> <p>За означенням: $\Phi = LI$.</p> <p>Якщо $I(0) = 0$, то</p> 	<p style="text-align: center;">Рівномірне зростання швидкості тіла під дією постійної сили</p>  <p style="text-align: center;">За II законом Ньютона:</p> $F_x = m \frac{\Delta v_x}{\Delta t}, \quad \text{або} \quad F_x = \frac{\Delta p_x}{\Delta t}$ <p style="text-align: center;">де p_x – імпульс тіла.</p> <p>За означенням: $p_x = mv_x$.</p> <p>Якщо $v(0) = 0$, то</p> 
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> Нова аналогія: $L \leftrightarrow m; \Phi \leftrightarrow p_x$ </div>	

Рис. 2 Порівняння застосування закону електромагнітної індукції і II закону Ньютона

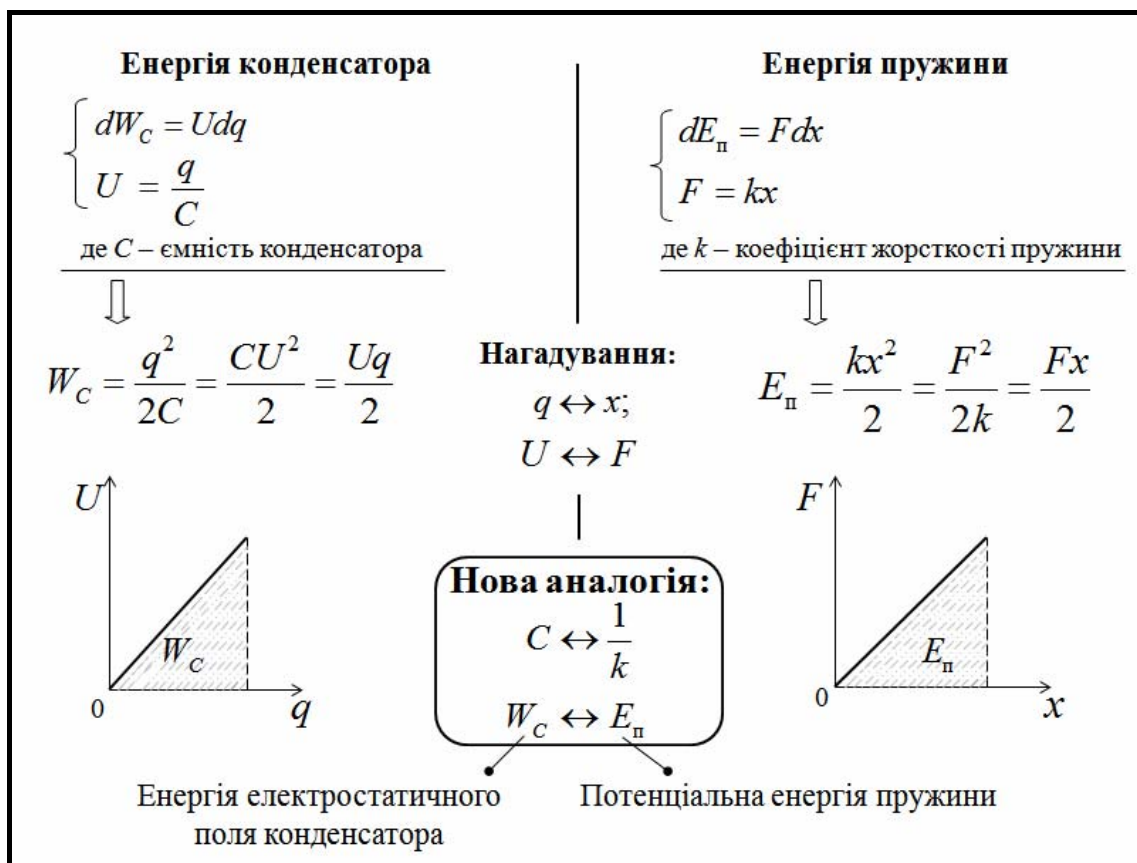


Рис. 3 Порівняння процесів зарядки конденсатора й розтягування пружини

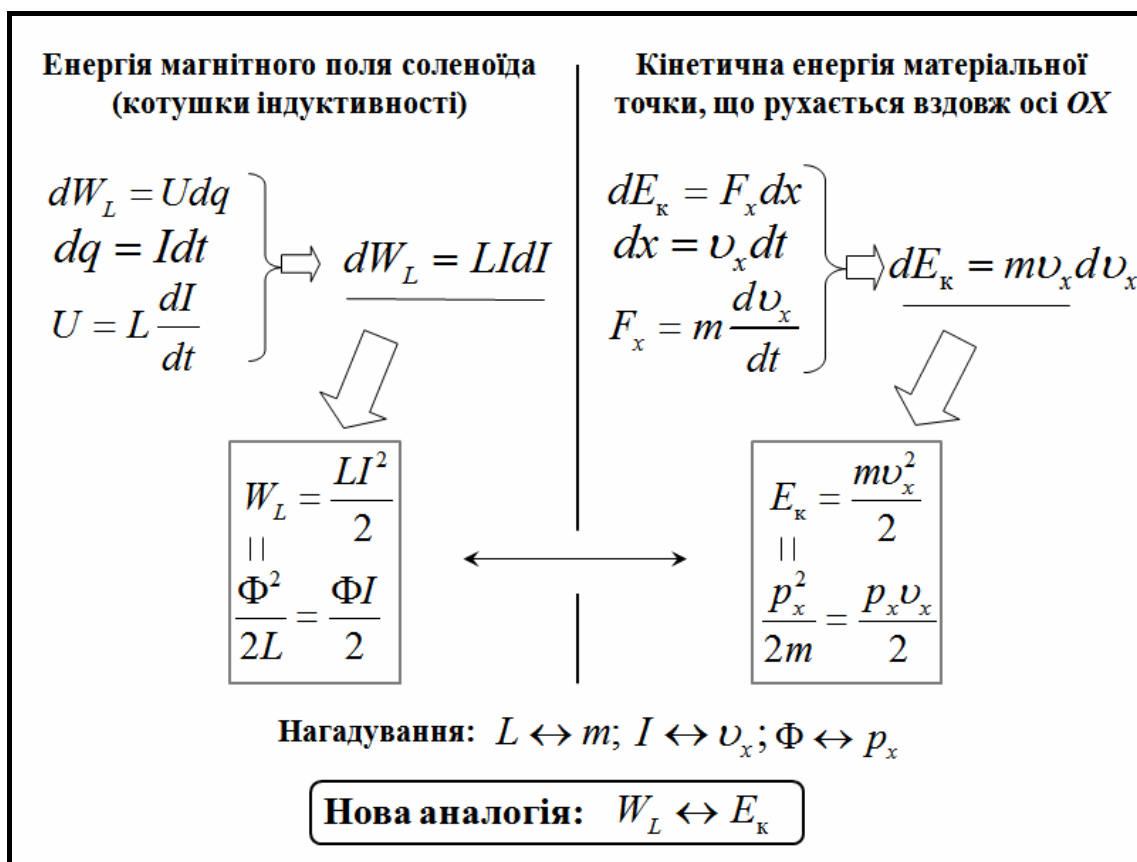


Рис. 4 Порівняння процесів зміни енергії магнітного поля соленоїда й кінетичної енергії тіла

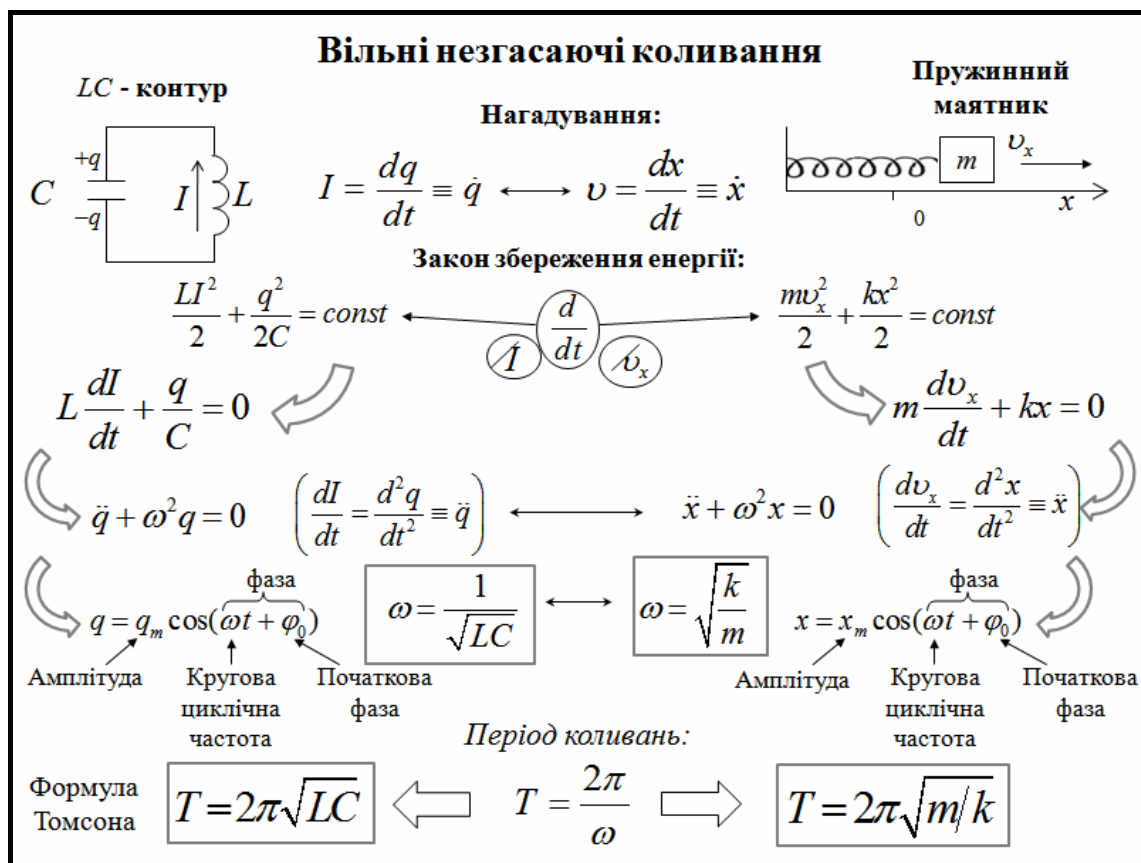


Рис. 5 Аналогія у виводі формул для періодів гармонічних коливань

ЛІТЕРАТУРА

1. Мінаєв Ю.П. Модернізація змісту професійної підготовки майбутніх учителів фізики, пов'язана із запровадженням зовнішнього незалежного оцінювання якості освіти / Ю.П. Мінаєв, Н.І. Тихонська // Вісник Запорізького національного університету : Серія: Педагогічні науки. – Запоріжжя : Запорізький національний університет. – 2011. – С. 209–213.
2. Афанасьєва Н.І. Залежність якості засвоєння школярами і студентами навчального матеріалу з фізики від рівня розвитку їхнього формального мислення / Н.І. Афанасьєва, І.П. Кенева, Ю.П. Мінаєв // Вісник Чернігівського державного університету імені Т. Г. Шевченка : Збірник. Педагогічні науки. Випуск 13. У 2-х т. – Чернігів : ЧДПУ, 2002. – №13. – Т.2. – С. 167–172.
3. Афанасьєва Н.І. Психологічний аналіз стратегій засвоєння навчального матеріалу з фізики / Н.І. Афанасьєва, І.П. Кенева, Ю.П. Мінаєв // Теорія та методика вивчення природничо-математичних дисциплін : Збірник науково-методичних праць. Наукові записки Рівненського державного гуманітарного університету. – Рівне : РДГУ. 2002. – Вип. 5. – С. 98–102.
4. Мінаєв Ю.П. Максимізація знань: вибір освітньої стратегії методом математичного моделювання / Ю.П. Мінаєв, П.И. Самойленко, М. Н. Цыганок // Приложение к ежемесячному теоретическому и научно-практическому журналу “Среднее профессиональное образование”. – 2001. – № 3. – С. 147–160.
5. Гончаренко С.У. Фізика 11 клас / С. У. Гончаренко. – К. : Освіта, 2002. – С. 63–64.
6. Коршак Є.В. Фізика, 11 кл.: Підруч. для загальноосвіт. навч. закл. / Є. В. Коршак, О.І. Ляшенко, В.Ф. Савченко. – К. ; Ірпінь : ВТФ “Перун”, 2004. – 288 с.
7. Методи розв'язування фізичних задач: Методи моделювання та аналогій / [Галатюк М. Ю., Левшенко Я. Ф., Левшенко В. Я., Тишук В. І. – Х. : Вид. група “Основа” : “Триада +”, 2007. – 144 с.
8. Мінаєв Ю.П. Майже усне розв'язування задач за допомогою механіко-електродинамічної аналогії / І.П. Кенева, Ю.П. Мінаєв // Вісник Чернігівського державного університету імені Т.Г. Шевченка : Збірник. Педагогічні науки. Випуск 57. – Чернігів : ЧДПУ, 2008. – № 57. – С. 80–84.