МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
Сумський державний педагогічний університет імені А.С. Макаренка
Фізико-математичний факультет

ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА

Науковий журнал

ВИПУСК 2 (3)

Суми – 2014

Друкується згідно з рішенням вченої ради фізико-математичного факультету Сумського державного педагогічного університету імені А.С. Макаренка (протокол № 4 від 27.11.2014р.)

Редакційна колегія

Ф.М. Лиман	доктор фізико-математичних наук, професор
І.О. Мороз	доктор педагогічних наук, професор
В.С. Іваній	кандидат технічних наук, професор
М.В. Каленик	кандидат педагогічних наук, доцент
Т.Д. Лукашова	кандидат фізико-математичних наук, доцент
С.В. Петренко	кандидат фізико-математичних наук, доцент
А.О. Розуменко	кандидат педагогічних наук, доцент
О.В. Семеніхіна	кандидат педагогічних наук, доцент
О.Д. Стадник	кандидат фізико-математичних наук, доцент
М.Г. Друшляк	кандидат фізико-математичних наук

Ф45 Фізико - математична освіта: Науковий журнал. – Суми : Вид-во СумДПУ імені А.С. Макаренка, 2014. – №2 (3). – 80 с.

Автори статей несуть відповідальність за достовірність наведеної інформації (точність наведених у статті даних, цитат, статистичних матеріалів тощо) та за порушення прав інтелектуальної власності інших осіб.

Висловлені авторами думки можуть не співпадати з точкою зору редакції.

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
Sumy State Pedagogical University named after Makarenko
Physics and Mathematics Faculty

PHYSICS AND MATHEMATICS EDUCATION

Scientific Journal

ISSUE 2 (3)

Sumy – 2014

Printed according to the decision of the Academic Council of Physics and Mathematics faculty Sumy State Pedagogical University named after Makarenko (Protocol № 4 from 27.11.2014)

Editorial Board

F.M. Lyman	Doctor of Physics and Mathematics Sciences, PhD, Professor
I.O. Moroz	Doctor of Pedagogical Sciences, Professor
V.S. Ivaniy	PhD (Technical Sciences), Professor
M.V. Kalenyk	PhD (Pedagogical Sciences), associate professor
T.D. Lukashova	PhD (Physics and Mathematics Sciences), associate professor
S.V. Petrenko	PhD (Physics and Mathematics Sciences), associate professor
A.O. Rozumenko	PhD (pedagogical sciences) associate professor
O.V. Semenikhina	PhD (pedagogical sciences) associate professor
O.D. Stadnik	PhD (Physics and Mathematics Sciences), associate professor
M.G. Drushlyak	PhD (Physics and Mathematics Sciences)

F 45 Physics and Mathematics Education: Scientific Journal. – Sumy: Physics and Mathematics Faculty. Sumy State Pedagogical University named after Makarenko, 2014. – №2 (3). – 80 p.

The authors of the articles are responsible for the authenticity of the information (the accuracy of the presented information in the article, quotations, statistical materials, etc.) and for violation of intellectual property rights of others.

Opinions expressed by the authors may not reflect the views of the editors.

ЗМІСТ

Безуглий Д. 7

ПРИЙОМИ ВІЗУАЛЬНОГО ПОДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЇ 7

Коцур О. 17

ПОШАРОВИЙ АНАЛІЗ ЕЛЕМЕНТНОГО СКЛАДУ ТВЕРДИХ ТІЛ МЕТОДОМ ВТОРИННОЇ ІОННОЇ МАС-СПЕКТРОМЕТРІЇ 17

Кулініч С. 27

ФІЗИЧНІ ОСНОВИ РОБОТИ АНАЛІТИЧНОГО ПРИСКОРЮВАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ 27

Мусієнко І. 37

МЕТОДИКА ВИВЧЕННЯ КВАНТОВИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СВІТЛА В ШКОЛІ 37

Бабич О., Семеніхіна О. 47

ДО ПИТАННЯ ПРО СПІВВІДНОШЕННЯ ПОНЯТЬ НАОЧНІСТЬ І ВІЗУАЛІЗАЦІЯ 47

Шамрай С. 55

СПЕЦКУРСИ З ВИВЧЕННЯ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ МАТЕМАТИЧНОГО СПРЯМУВАННЯ: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ 55

Шевченко І. 65

ПРИКЛАДИ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ У НАВЧАННІ МАТЕМАТИКИ 65

АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК 79

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

Науковий журнал
ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА
Видається з 2013.

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

Безуглий Д. Прийоми візуального подання навчальної інформації // Фізико-математична освіта. Науковий журнал. – Суми : СумДПУ ім. А.С.Макаренка, 2014. – № 2(3). – С. 7-15.

Дмитро Безуглий
Сумський державний педагогічний університет імені А.С. Макаренка, Україна

ПРИЙОМИ ВІЗУАЛЬНОГО ПОДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

В останні роки в нашій країні відбувалася переоцінка цінностей в галузі освіти. На зміну репродуктивним методам стали приходити такі, які дозволяють активізувати діяльність школярів, включити їх в самостійне надбання (відкриття) знань. Зазнав змін, хоча і незначних, предметний зміст шкільного курсу математики. Стали розроблятися підручники математики для гуманітарних класів, для класів з поглибленим вивченням математики. З'явилися різні підручники для звичайних класів. Велику увагу стали приділяти диференційованому навчанню математики. Широко обговорюються питання гуманізації та гуманітаризації математичної освіти. Але підхід до вивчення математики змінюється дуже повільно, причому пріоритет має абстрактно-логічний метод з великою часткою формалізму, не використовуються позитивні сторони образного мислення учнів. Як і раніше в більшості шкіл учні досить пасивні у самостійному здобутті нових знань.

У нейрофізіології було зроблено важливе відкриття, про функціональну асиметрію півкуль головного мозку людини, яке не можна не враховувати в процесі навчання. Доведено, що у різних півкуль різні функції. Права півкуля «відповідає» за образне мислення, за цілісне сприйняття, за сприйняття просторових форм, а ліва – за мову, логіку, роботу зі знаками. В абсолютної більшості людей права півкуля включається в роботу першою при ознайомленні з новою інформацією. Тому для успішного освоєння знань доцільним є посилення наочно-образної складової матеріалу, що представляється як противага (в деяких випадках) або необхідна «опора» абстрактно-логічної компоненти. З позиції цього відкриття, як зазначають більшість науковців, в навчанні необхідно давати достатню «їжу» правій півкулі дитини. Тому затребуваними будуть методи, де використовується образне мислення дитини.

Проблемі образного мислення останнім часом стало приділятися значно більше уваги, ніж це було раніше. У роботах В.М. Гордона, А.А. Гостєва, Є.М. Кабанової-Меллер, А.Н. Леонтьєва, А.Р. Лурія, М.В Ричік, С.Д. Смирнова, Л.М. Фрідмана, І.С. Якиманської та ін., де розглядаються питання значення образного мислення людини для формування понять і для продуктивної діяльності, вікові та індивідуальні особливості образного мислення, його можливості при вирішенні різноманітних проблем, наводяться феноменальні випадки образного мислення, вивчаються види образів.

Психологами вивчалося функціонування уяви і її роль у творчій діяльності людини, види уяви і прийоми створення нових образів. Зокрема, у роботах Л.С. Виготського, І.В. Страхова, О.М. Дьяченко, Ц.П. Короленка, С.В. Фатєєва та ін. підкреслюється зв'язок уяви з цілепокладанням, відзначається велике значення практичної діяльності для її розвитку.

Філософському осмисленню образного мислення, виявленню значення знаків у пізнавальній діяльності людини, обговоренню зв'язку знака і образу присвячені роботи І.І. Мантатова, В.С. Тюхтіна, А.В. Славіна, Н.Г. Салминой. При цьому, не зважаючи на велику увагу з боку філософів до знакової діяльності, проблема використання знаків у навчанні математики майже не розглядалася.

Серед частини педагогів математиків є усвідомлення важливості образного мислення в засвоєнні математики. Про це можна знайти висловлювання у Ж. Адамара, А.Д. Александрова, Р. Куранта, Д. Гільберта, В.М. Тихомирова та ін. Також аспекти образного мислення при вивченні математики (від науково-популярних робіт до методичних розробок) досліджували Ю.П. Попов і Ю.В. Пухначев, М.І. Башмаков, В.Г. Болтянский, С.Б. Верченко, Г.Д. Глейзер, В.О. Далінгер, В.Н. Литвиненко, Г.Н. Нікітіна, А. Пардала та ін. Розвитку візуального мислення учнів при навчанні математики присвячено дослідження Н.А. Резник.

В основу нашої роботи лягло визначення візуального мислення, дане В.П. Зінченко: «Візуальне мислення – це людська діяльність, продуктом якої є породження нових образів, створення нових візуальних форм, що несуть певне смислове навантаження і роблять знання видимим» [3, с. 207]. У даному визначенні вбачається деяка тотожність образного та візуального мислення. Однак візуальне мислення є видом образного і не співпадає з останнім. Говорячи про візуальне мислення, мають на увазі тільки зоровий канал надходження інформації, один з найважливіших, особливо при навчанні математики.

Аналізу і систематизації різних аспектів формування та розвитку візуального мислення, математичного бачення присвячені роботи Р. Арнхейма, М.І. Башмакова, Б.І. Беспалова, Р.Л. Грегорі, В.П. Зінченко, Д.В. Пивоварова, Н.А. Резник, А.Я. Цукаря та ін. Сучасні психолого-педагогічні дослідження проблеми формування і розвитку візуального мислення учнів концентруються навколо наступних питань: операції та закономірності невербального мислення; проблеми зорового сприйняття; механізми, характеристичні особливості візуального мислення; динаміка формування математичного образу; проблеми передачі інформації та розпізнавання образу.

На підтримку тези про важливість використання візуальної підтримки під час навчання додатково говорять наступні аргументи.

1. В епоху інформаційного суспільства до 90% інформації передається візуальними каналами, оскільки відбулися значні зміни в засобах, які реалізують унаочнення інформації і які вплинули на організацію навчально-виховного процесу та його вихідні результати. Але можливості візуалізації у галузі освіти реалізуються ще не у повній мірі.

2. Якісні зміни, які відбувалися в освіті протягом століть, спричинені виникненням писемності, друкарства, книговидання, розробкою дидактичних матеріалів, розвитком мережі Інтернет та інформаційних технологій в цілому, дистанційних форм навчання та різних інновацій в області розробки засобів обміну інформації, основою яких є зорове сприйняття та візуальне мислення.

3. Завдяки можливостям візуалізації великі обсяги інформації можна представляти у лаконічній, згорнутій, зручній і логічній формі, що в свою чергу сприяє інтенсифікації навчання.

4. Механізми вербально-логічного та чуттєво-образного відображення не спроможні дати можливість дитині уявити такі властивості, як наприклад, дії у візуальній формі, саме тому пізнавальні процеси повинні спиратися на когнітивно-візуальні форми відображення знань. Через це і виникає інтенсивний пошук візуальних засобів передачі знань (знаки, символи, схеми, графи, матриці, таблиці тощо), які б забезпечували і стимулювали виконання психічно-пізнавальних процесів (сприйняття, запам’ятовування, відтворення інформації) на високому рівні і активізували процес навчання.

В останні десятиліття в області передачі візуальної інформації сталися майже революційні зміни: колосально зросли обсяг і кількість переданої інформації, склалися нові форми унаочнення даних, а також способи їх передачі.

Тому часто залежно від виду та змісту навчальної інформації використовуються прийоми її ущільнення або покрокового розгортання, які базуються на застосуванні різноманітних візуальних підходів [5].

Зокрема, використовується велика кількість прийомів візуального структурування – від традиційних *діаграм* (рис. 1) до *денотатних графів,* схем *фішбоун*, «*Будівля*», «*стратегічних*» (дорожніх) *карт* (roadmaps), *променевих схем-павуків* (spiders), *каузальних ланцюгів* (causal chains) та *інтелект-карт* (mind maps).

Таке розмаїття обумовлюють істотні відмінності у природі, особливості та властивості знань різних предметних областей.

Інтелект-карти – спосіб зображення процесу загального системного мислення за допомогою схем, який базується на методі асоціацій, з подальшим виділенням головної ідеї в асоціативному ланцюзі. Огляд наукових робіт присвячених використанню майндмепінга підтвердив, що в основі інтелект-карт лежить асоціативне мислення, а самі інтелект-карти виступають інструментом, який дозволяє структурувати та опрацьовувати інформацію, використовуючи власний творчий та

інтелектуальний потенціал. Методологічною основою створення інтелект-карт є метод моделювання (рис.2).

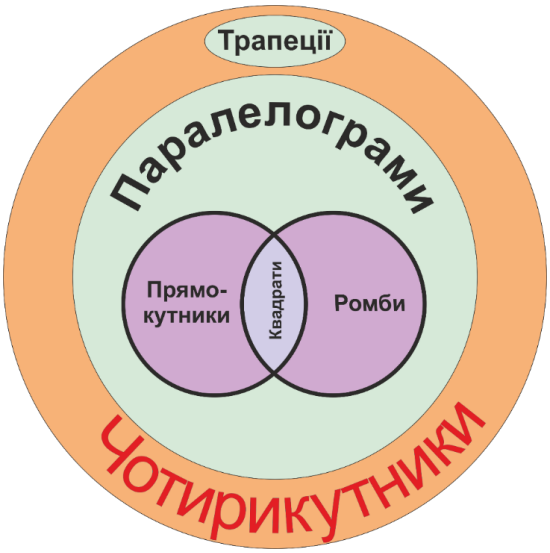


Рис. 1

Як показав проведений нами аналіз програмного забезпечення в галузі створення інтелект-карт [1], такі середовища сприяють не лише розвитку візуального мислення, а і формують у суб'єкта навчання вміння креативно і при цьому зрозуміло (в простій формі) подати матеріал, який вивчається, а також сприяють виробленню раціонального стилю мислення, де на перший план виходить формалізація і структурування основних думок і нівелюється другорядне.

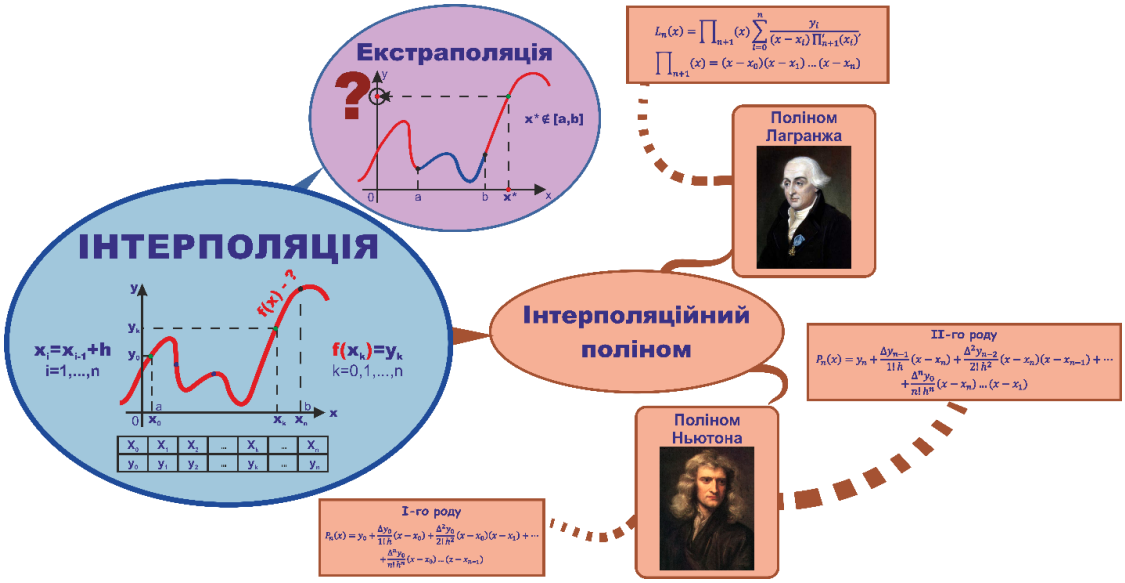


Рис. 2

Денотатний граф – спосіб виокремлення з тексту істотних ознак ключового поняття. В застосуванні цього методу важливим є вибір дієслова, яке пов'язує ключове поняття (іменник) і його істотну ознаку. Іншими словами, відбувається поступове розділення ключового слова на «слова-гілочки» з метою виключення будь-яких

невідповідностей і суперечностей. Характерним для методу є чергування «іменник-дієслово-іменник-дієслово…», яке демонструє динаміку думки, рух від поняття до його істотної ознаки.

Схеми «*Фішбоун*» (риб'ячі кісточки) або *діаграми Ішикава* – візуальний прийом подання інформації, який нагадує кістяк риби. По головному остову фіксується головна ідея (від незначних до самих важливих понять чи характеристик), до неї у вигляді кісточок приєднуються описи проблем, які впливають на головну ідею. Автором даного методу є Кауро Ішикава, який пропонував використання такої схеми в проблемному навчанні через:

- збір фактів, які впливають на ідею;
- групування фактів за смисловими та причинно-наслідковими блоками;
- ранжування фактів всередині кожного блоку;
- аналіз і відкидання тих факторів, на які ми не можемо вплинути;
- ігнорування малозначущих та непринципових фактів, які вже зафіксовані.

Шляхом аналізу пар (чинник-аргумент) синтезується потрібний висновок

Метод «*Будівля*» (рис. 3) застосовується для візуалізації фундаментальних теорій, їх загальної структури, або якось частини. Як правило, у фундаменті будівлі фіксується методологічний рівень теорії, корпусом виступає теоретичний рівень, дахом слугує прикладний рівень.

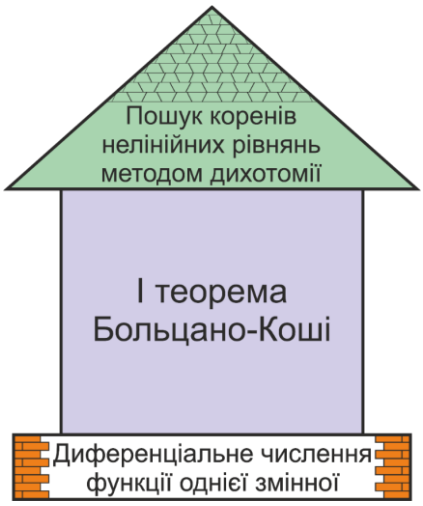


Рис. 3

Прийом використання *каузальних ланцюгів* (рис. 4) у власній назві містить пояснення головної ідеї методу. У перекладі слово «каузальний» означає «той, який зумовлюється певною причиною, причинний», а сам метод візуалізації зумовлює зображення причини і наслідку одночасно.

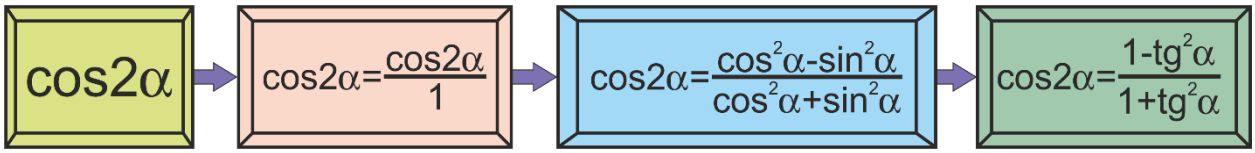


Рис. 4

Стратегічні карти (рис. 5) – достатньо простий і наочний спосіб відображення стратегії, ідеї, її завдань і напрямків розвитку. Частіше використовуються в гуманітарній сфері, економіці, політиці.

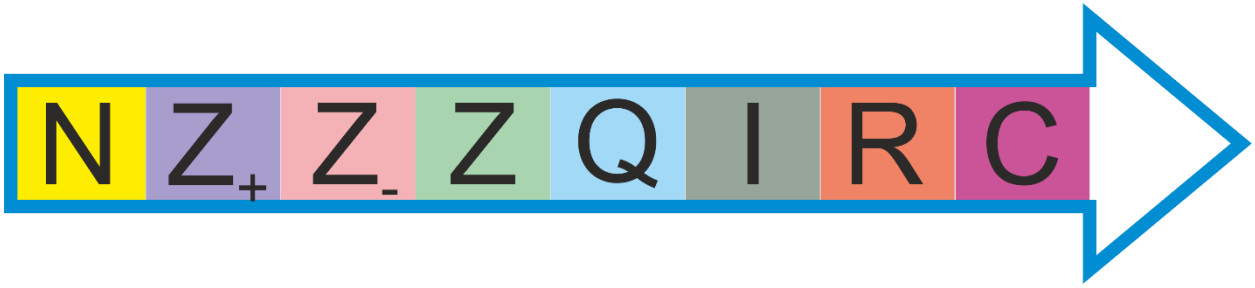


Рис. 5

Схеми-павуки (рис. 6) – різновид діаграм, які за власною структурою нагадують павуків: в центрі розташовується головна ідея, від якої відходять певні «наслідки».

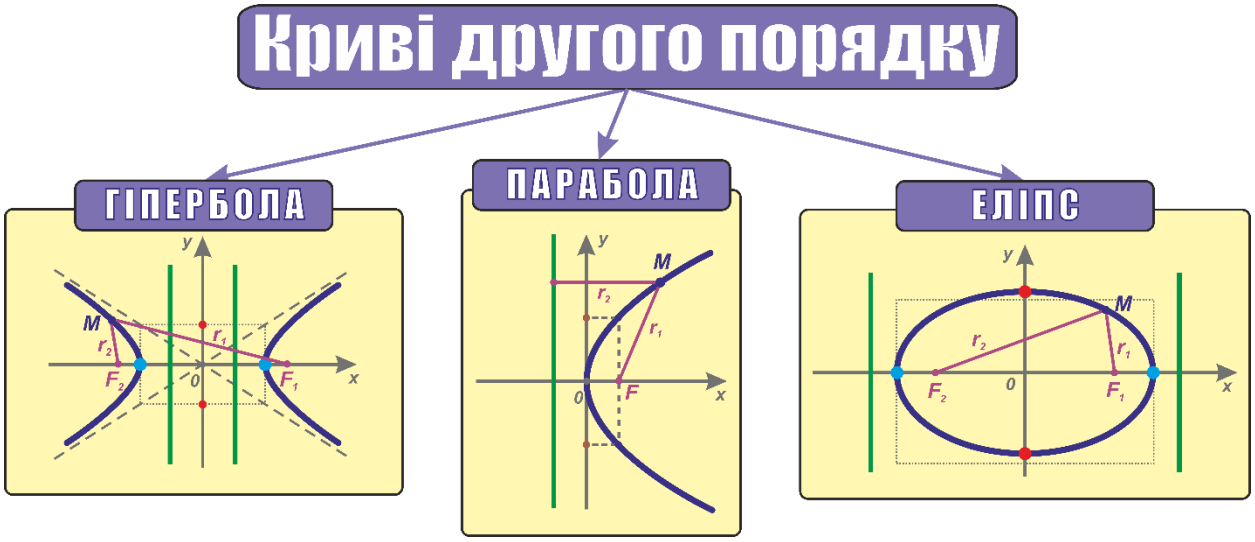


Рис. 6

Найбільшою інформаційною ємністю, на наш погляд, універсальністю та інтегративністю володіють *структурно-логічні схеми*, які подібні до інтелект-карт. Такий спосіб систематизації та візуального відображення навчальної інформації ґрунтується на виявленні істотних зв'язків між елементами знання та аналітико-синтетичної діяльності при перекладі вербальної інформації в невербальну (образну), синтезування цілісної системи елементів знань.

Структурно-логічні схеми створюють особливу наочність, розташовуючи елементи змісту в нелінійному вигляді і виділяючи логічні і спадкоємні зв'язки між ними. Така наочність спирається на структуру і асоціативні зв'язки, характерні для довготривалої пам'яті людини. У деякому роді структурно-логічні схеми виступають в ролі проміжної ланки між зовнішнім лінійним змістом (текст підручника) і внутрішнім нелінійним змістом (у свідомості). Так, у якості однієї з переваг структурно-логічних схем А.В. Петров виділяє те, що «вона виконує функцію об'єднання понять в певні системи» [6, с. 198]. Самі по собі поняття нічого не можуть сказати про зміст предмета

навчання, але будучи пов'язаними певною системою, вони розкривають структуру предмета, його завдання і шляхи розвитку. Розуміння і осмислення нової ситуації виникає тоді, коли мозок знаходить опору в колишніх знаннях і уявленнях.

Звідси випливає важливість постійної актуалізації колишнього досвіду для оволодіння новими знаннями. Процес вивчення нового матеріалу можна представити як сприйняття та обробку нової інформації шляхом її співвідношення з поняттями і способами дій, відомими учню, за допомогою використання освоєних ним інтелектуальних операцій. Інформація, що надходить у мозок різними каналами концептуалізується і структурується, утворюючи у свідомості концептуальні мережі. Нова інформація вбудовується в існуючі когнітивні схеми, перетворює їх і формує нові когнітивні схеми та інтелектуальні операції. При цьому встановлюються зв'язки між відомими поняттями і способами дій і новими знаннями, виникає структура нового знання [4, с. 178].

За даними психологів нова інформація засвоюється і запам'ятовується краще тоді, коли знання і вміння «вкарбовуються» в систему візуально-просторової пам'яті [2, с. 89], отже уявлення навчального матеріалу в структурованому вигляді дозволяє швидше і якісніше засвоювати нові системи понять, способи дій.

Узагальнюючи сказане, зауважимо, що в залежності від місця і призначення візуальних дидактичних матеріалів в процесі формування поняття (вивченні теорії, явища) до вибору певної структурної моделі та наочному відображенню змісту навчання повинні бути пред'явлені різні психолого-педагогічні вимоги.

При візуалізації навчального матеріалу слід враховувати, що наочні образи скорочують ланцюг словесних міркувань і можуть синтезувати схематичний образ більшої «ємності», ущільнюючи тим самим інформацію. У процесі розробки навчально-методичних матеріалів необхідно контролювати ступінь узагальнення змісту навчання, дублювати вербальну інформацію образною і навпаки, щоб при необхідності ланки логічного ланцюга були повністю відновлені учнями.

Іншим важливим аспектом використання візуальних навчальних матеріалів є визначення оптимального співвідношення наочних образів і словесної, символьної інформації. Понятійне і візуальне мислення на практиці знаходяться в постійній взаємодії. Вони, доповнюючи одне одного, розкривають різні сторони досліджуваного поняття, процесу або явища. Словесно-логічне мислення дає нам більш точне і узагальнене відображення дійсності, але це відображення є абстрактним. У свою чергу, візуальне мислення допомагає організувати образи, робить їх цілісними, узагальненими, повними.

Таким чином, візуалізація навчальної інформації у різних своїх формах дозволяє вирішити цілий ряд педагогічних завдань: забезпечення інтенсифікації навчання, активізації навчальної та пізнавальної діяльності, формування і розвиток критичного і візуального мислення, зорового сприйняття, образного представлення знань і навчальних дій, передачі знань і розпізнавання образів, підвищення візуальної грамотності та візуальної культури.

Освоєння перелічених прийомів візуалізації щодо конкретизації сенсів, розгортання логічного ланцюжка міркувань, опису образів і їх ознак розумової діяльності, а також операцій за допомогою вербальних засобів обміну інформацією сприяє формуванню продуктивних способів мислення, необхідних фахівцям при сучасних темпах розвитку науки, техніки і технологій. [2, 87].

Список використаних джерел

1. Безуглий Д. Огляд програмного забезпечення для створення інтелект-карт / Матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції «Наукова діяльність як шлях формування професійних компетентностей майбутнього фахівця» (НПК-2014), м. Суми, 3-4 грудня 2014 р. – Суми : ВВП «Мрія», 2014. – Том 1. – С.126-127
2. Блейк, С. Пейп, С. Чошанов, М.А. Использование достижений нейропсихологии в педагогике США // Педагогика. – № 5. – 2004. – С. 85-90.
3. Зинченко В.П. Современные проблемы образования и воспитания //Вопр. Философии, 1973. № 11.
4. Лозинская А.М. Фреймовый способ структурирования содержания модульной программы обучения физике / А. М. Лозинская // Известия Уральского государственного университета. – 2009. – № 3(67). – С. 176-184.
5. Манько Н.Н. Когнитивная визуализация дидактических объектов в активизации учебной деятельности // Известия алтайского государственного университета. Серия: Педагогика и психология. – № 2. – 2009. – С. 22-28.
6. Петров А.В. Развивающее обучение. Основные вопросы теории и практики вузовского обучения физике: монография / А.В. Петров. – Челябинск: Издательство ЧГПУ «Факел», 1997.

Анотація. Безуглий Д. Прийоми візуального подання навчальної інформації.

У статті зазначено про важливість використання візуальної підтримки під час навчання учнів в загальноосвітніх навчальних закладах. На підтримку даної тези наведені наступні аргументи: 1) до 90% інформації передається візуальними каналами, оскільки відбулися значні зміни в засобах, які реалізують унаочнення інформації; 2) основою засобів обміну інформації є зорове та візуальне мислення; 3) великі обсяги інформації можна представляти в лаконічній формі; 4) пізнавальні процеси повинні спиратися на когнітивно-візуальні форми відображення знань. Описані прийоми ущільнення або покрокового згортання інформації (залежно від виду та змісту навчальної інформації) які базуються на застосуванні різноманітних візуальних підходів. Серед яких виділяють прийоми візуального структурування: діаграми, денотатні графи, схеми фішбоун, схеми «Будівля», «стратегічні» (дорожніх) карти (roadmaps), променеві схеми-павуки (spiders), каузальні ланцюги (causal chains) та інтелект-карти (mind maps).

Розглянуто фактори, які необхідно враховувати у процесі розробки навчально-методичних матеріалів задля забезпечення максимальної ефективності від їх подальшого використання під час навчання.

Ключові слова: візуалізація, візуальні методи подання інформації, прийоми візуального структурування, візуальна підтримка.

Аннотация. Безуглый Д. Приемы визуального предоставления учебной информации.

В статье рассказывается о важности использования визуальной поддержки при обучении учащихся в общеобразовательных учебных заведениях. В поддержку данного тезиса приведены следующие аргументы: 1) до 90% информации передается визуальными каналами, поскольку произошли значительные изменения в средствах, которые реализуют иллюстрацию информации; 2) основой средств обмена информации является зрительное и визуальное мышление; 3) большие объемы информации можно представлять в лаконичной форме; 4) познавательные процессы должны опираться на когнитивно-визуальные формы отражения знаний. Описанные приемы уплотнения или пошагового свертывания информации (в зависимости от вида и содержания учебной информации) основанные на применении различных визуальных подходов. Среди которых выделяют приемы визуального структурирования такие как: диаграммы, денотатные графы, схемы фишбоун, схемы «Здание», «стратегические» (дорожных) карты (roadmaps), лучевые схемы-пауки (spiders), каузальные цепи (causal chains) и интеллект-карты (mind maps). Рассмотрены факторы, которые необходимо учитывать в процессе разработки учебно-методических материалов для обеспечения максимальной эффективности от их дальнейшего использования во время обучения.

Ключевые слова: визуализация, визуальные методы предоставления информации, приемы визуального структурирования, визуальная поддержка.

Abstract. Bezuhlyi D. Technique of visual presentation of educational information.

In this article describes about importance of visual support during the studying of students in secondary schools. In support of this thesis are the following arguments: 1) to 90% of visual information is transmitted channels since there have been significant changes in the media that implement illustrate information; 2) the basis of means of exchange of information is visual and visual thinking; 3) large amounts of information can be presented in concise form; 4) cognitive processes must be based on cognitive mapping visual forms of knowledge. The described methods of sealing or coagulation step information (depending on the type and content of educational information) are based on the use of different visual approaches. Among the techniques which produce visual structuring: charts, graphs denotatni, fishboun scheme, the scheme "building", "strategic" (road) maps (roadmaps), beam scheme spiders (spiders), causal chains (causal chains) and intelligence card (mind maps). The factors that must be considered in the development of training materials to ensure maximum effectiveness of their further use during training.

Keywords: visualization, visual methods of presenting information, methods of visual structuring, visual support.

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

Науковий журнал
ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА
Видається з 2013.

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

Коцур О. Пошаровий аналіз елементного складу твердих тіл методом вторинної іонної мас-спектрометрії // Фізико-математична освіта. Науковий журнал. – Суми : СумДПУ ім. А.С.Макаренка, 2014. – № 2 (3). – С. 17-26.

УДК 535.24.2

Ольга Коцур
Сумський державний педагогічний університет імені А.С. Макаренка, Україна

ПОШАРОВИЙ АНАЛІЗ ЕЛЕМЕНТНОГО СКЛАДУ ТВЕРДИХ ТІЛ МЕТОДОМ ВТОРИННОЇ ІОННОЇ МАС-СПЕКТРОМЕТРІЇ

Декілька останніх десятиліть багато дослідників почали вивчати розподіл елементів в об’ємі різних твердих тіл і змін цього розподілу під впливом різних факторів. Немале значення це має при розробці проектів для створення виробів мікро- і нанотехніки, де використовуються деталі досить малих розмірів, що визначають електрофізичні властивості приладу, характеристики його надійності і термін служби.

Розвиток методів елементного аналізу складу об’єму твердого тіла дає поштовх для розвитку різних галузей мікро- і нанотехніки (мікроелектроніка, мікромеханіка, акустоелектроніка, оптоелектроніка, мікросенсорика та інші). Елементний аналіз дозволяє не тільки отримати інформацію про елементний склад твердого тіла, а й в подальшому створювати нові деталі з потрібними властивостями. Саме такі деталі вже зараз дозволяють зменшувати розміри приладів та збільшувати можливості їх використання.

Основними методами дослідження елементного складу твердих тіл є: рентгенівська фотоелектронна спектроскопія, оже-електронна спектроскопія, дифракція рентгенівських променів, просвічуюча електронна мікроскопія, вторинна іонна мас-спектрометрія. До того ж мас-спектрометричні методи аналізу поділяються на: зондовий метод, кількісний лазерно-мас-спектрометричний аналіз та пошаровий аналіз. Кожен з методів має свої переваги та недоліки. Основними перевагами є: можливість детектувати майже всі елементи таблиці Менделєєва, проводити пошаровий аналіз матеріалів з високою роздільною здатністю по глибині, ідентифікувати не лише окремі елементи, а і їх сполуки. Недоліками є: необхідність високого вакууму, деякі з методів руйнують поверхню зразка.

Вторинна іонна мас-спектрометрія (ВІМС) один з методів дослідження елементного складу який займає особливе місце в науці. Цей метод володіє низьким порогом чуттєвості (10^{-12} г), високою роздільною здатністю за глибиною (порядку нанометрів), здатний розрізняти ізотопи елементів. Крім того, ВІМС дозволяє не тільки встановити елементний склад досліджуваного об’єкта та побудувати їхній розподіл у об’ємі зразку, а й визначити концентрацію компонентів.

Сьогодні метод ВІМС – один із найбільш поширених методів дослідження речовини. Тому і розглянемо його більш детально.

У процесі розпилення поверхневі шари руйнуються, і тому вимірювання відносного вмісту продуктів розпилення є прямим методом визначення складу зруйнованого шару. Розпилені частинки випускаються у вигляді нейтральних атомів, що перебувають у різних збуджених станах, у вигляді позитивних і негативних іонів, заряджених однократно або багаторазово, і у вигляді кластерів. Відношення числа іонів до нейтральних частинок може змінюватися для того самого зразка на кілька порядків залежно від стану поверхні. Аналіз продуктів розпилення є найбільш чутливим методом дослідження поверхні. Звичайно він використовується при вимірюванні малих концентрацій чужорідних атомів у твердих тілах [2, 88].

Найбільш широке розпилення застосовується з метою наступної реєстрації й аналізу іонізованих продуктів розпилення — вторинних іонів. Як показано на рис. 1,

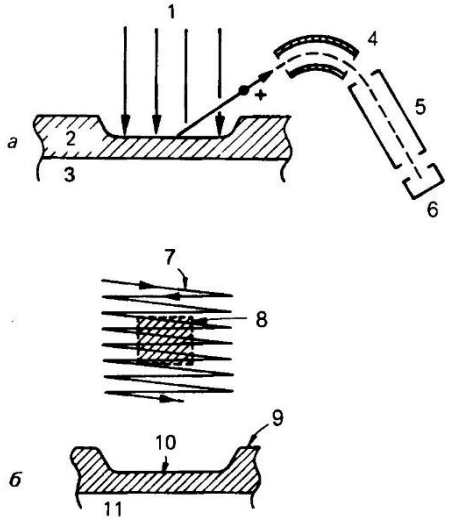


Рис. 1

а — схема установки для мас-спектрометрії вторинних іонів. Пучок іонів, падаючи на мішень, викликає розпилення мішені, частки якої проходять через електростатичний фільтр енергій, мас-спектрометр і потім реєструються детектором іонів;

б — звичайно пучок іонів падає на більшу площу зразка, а сигнал реєструється тільки від центральної частини місця падіння. Це дозволяє виключити ефекти, пов'язані із краями кратера.

1 — пучок іонів; *2* — плівка; *3* — підкладка; *4* — фільтр енергій; 5 — мас-спектрометр; *6* — детектор вторинних іонів; 7 — траєкторія пучка іонів; *8* — електронні ворота; *9* — поверхня зразка; *10* — кратер; *11* — підкладка.

вторинні іони потрапляють спочатку у фільтр, що є звичайним електростатичним аналізатором, а потім збираються в мас-спектрометрі. Це дало назву методу мас-

спектрометрії вторинних іонів. Усі прилади ВІМС дозволяють виконувати поверхневий і об'ємний аналіз концентрацій елементів. В одному з режимів роботи пучок іонів переміщається по поверхні зразка, на якій він створює кратер. Щоб іони від стінок кратера не реєструвалися, система детектування забезпечується електронними воротами, що пропускають сигнали від іонів із центральної частини кратера. Існують також прилади прямого відображення — іонні мікроскопи, у яких вторинні іони з певних мікроділянок зразка реєструються таким чином, що в результаті на дисплеї формується візуальне зображення складу поверхні [2, 89].

Спектри як позитивних, так і негативних вторинних іонів мають складну структуру, тому що створюються не тільки однократно або багаторазово зарядженими іонами атомів, але й усіма іншими іонізованими кластерами. Як показано на рис. 2, спектр мас, отриманий при бомбардуванні Al іонами Ar, утворений не тільки однократно, але й дворазово й трикратно іонізованими атомами, а також кластерами із двох, трьох і чотирьох атомів. Однак у більшості випадків переважає вихід однократно іонізованих атомів [2, 89].

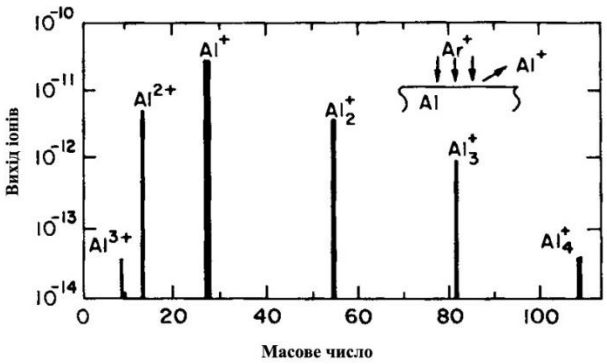


Рис. 2

Спектр вторинних іонних кластерів, що був одержаний при бомбардуванні Al іонами Ar. По осі ординат використаний логарифмічний масштаб. Переважним продуктом розпилення є Al^+, але Al_2^+ і Al_3^+ також є у великій кількості.

Залишаючи тверде тіло, розпилені частки мають розподіл енергій, відповідний до безлічі випадкових зіткнень, з яких складається процес розпилення. Повний вихід продуктів розпилення *Y* пов'язаний зі спектром енергій *Y(E)* виразом

$$Y = \int_0^{E_{макс}} Y(E)dE \qquad (1),$$

де $E_{макс}$ – максимальна енергія розпилених частинок. Спектральний вихід позитивно заряджених вторинних іонів $Y^+(E)$ пов'язаний зі спектральним виходом продуктів розпилення $Y(E)$ співвідношенням

$$Y^+(E) = a^+(E)Y(E) \qquad (2),$$

а повний вихід позитивних іонів рівний

$$Y^+ = \int_0^{E_{макс}} \alpha^+(E)Y(E)dE \quad (3),$$

де ймовірність іонізації $a^+(E)$ залежить від енергії частинок і речовини підкладки. Як показано на рис. 3, повний вихід розпилення окремих елементів може бути майже однаковий, а вихід іонізованих компонентів може різнитися на три порядки величини. Головні труднощі кількісного аналізу методом ВІМС полягають у визначенні ймовірності $a^+(E)$ [2, 90].

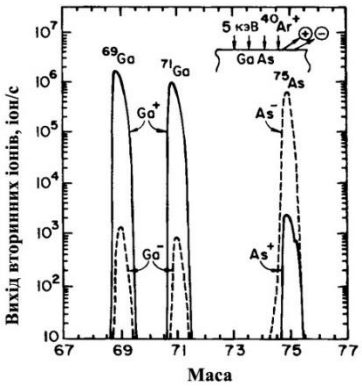


Рис. 3

Вихід позитивних (суцільна лінія) і негативних (штрихова лінія) іонів при бомбардуванні GaAs іонами Ar з енергією 5 кеВ. На спектрі видно більшу різницю в чутливості методу ВІМС відносно різних іонізованих станів при практично ідентичних повних виходах розпилення Ga й As.

Вимірюваний сигнал I^+ (який звичайно представляється як число відліків у секунду) від моно ізотопного елемента масою A с концентрацією C_A в мішені визначається виразом

$$I_A^+ = C_A i_p \beta T \alpha^+(E,\theta) Y(E,\theta) \Delta\Omega \Delta E \quad (4)$$

де i_p – струм первинного пучка (іон/с), ϑ і E – кут і енергія системи детектування, що реєструється, $\Delta\Omega$ і ΔE – тілесний кут і «ширина» смуги пропускання фільтра енергій, β і T – чутливість детектора й ефективність проходження сигналу від вимірюваних іонів в установці. Величини α^+ і Y залежать від складу зразка. Однак цією залежністю звичайно можна знехтувати, якщо потрібно визначити розподіл концентрації компоненти з низьким рівнем вмісту в однорідній по сполуці матриці. Гарним прикладом завдання такого роду є вимірювання профілів розподілу іонно-імплантованих у напівпровідника домішок (рис. 4). Максимальна концентрація домішок не перевищує 10^{-3}, і тому наявність миш'яку мінімально позначається на величині α^+. Великою перевагою методу ВІМС є можливість дослідження вмісту водню в широкому діапазоні концентрацій (рис. 5). Однак у цьому випадку забруднення поверхні зразка парами води може сильно вплинути на динамічний діапазон методу [2, 92].

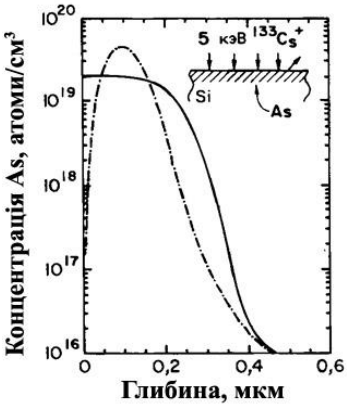


Рис. 1

Отриманий методом ВІМС профіль концентрації As, імплантованого в Si з енергією 200 кеВ при загальній дозі $5 \bullet 10^{14}$ (атом As)/см^2 (штрих пунктирна лінія). Суцільна лінія відповідає перерозподілу концентрації As у результаті наступного імпульсного лазерного плавлення зовнішнього шару зразка. Обмірювані профілі концентрації спускаються нижче рівня 10^{16}см$^{-3}$

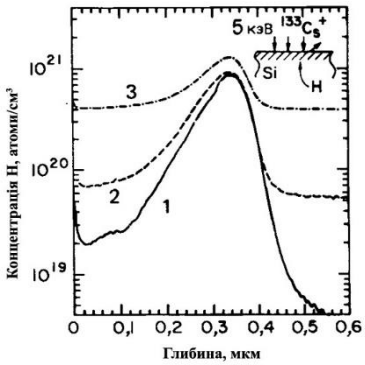


Рис. 2

Виміряні методом ВІМС профілі концентрацій іонів H, імплантованих в Si з енергією 35 кеВ при загальній дозі 10^{16} іон/см^2. Розпилення проводилося іонами Cs^+ з енергією 5 кеВ. Тиск пару води в робочій камері регулювалося й становив: менш 10^{-10} мм рт. ст. (крива 1); 10^{-9}мм рт. ст. (крива *2), 10*$^{-8}$мм рт. ст. (крива *3).* Очевидний вплив парціального тиску водяних пар у камері на результати вимірів

Виходи вторинних іонів дуже чутливі до присутності електропозитивних або електронегативних іонів на поверхні мішені. Нейтралізація позитивного іона, що залишає поверхню, визначається рівнями енергії атомів, що випускаються, і наявністю на поверхні твердого тіла електронів, які можуть заповнити вільний рівень. Цей процес найбільш імовірний, коли у твердому тілі є електрони з енергією зв'язку, у точності рівної енергії незайнятого рівня. При цих умовах може відбутися резонансне тунелювання, що нейтралізує атоми, що вилітають (рис. 6). Таким чином, імовірність нейтралізації залежить від зонної структури твердого тіла й атомних рівнів енергії розсіяних іонів.

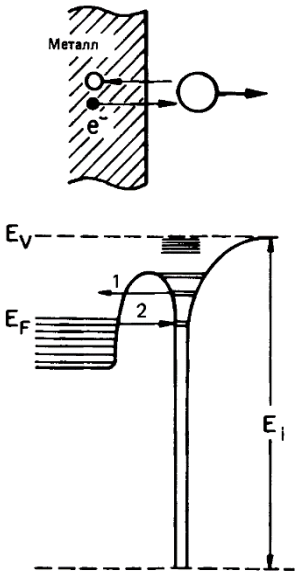


Рис. 3

Модель електронної структури іона або атома поблизу поверхні металу.

Ер — енергія Фермі; *Е.* — енергія іонізації.

Переходи: *1* — резонансна іонізація, *2* — резонансна нейтралізація.

Для одержання великого виходу іонізованих частинок бажано зменшити ймовірність нейтралізації. Це можливо здійснити створенням на поверхні зразка тонкої окисної плівки, що приводить до утворення великої забороненої зони й до зменшення числа електронів, доступних для нейтралізації. Наприклад, адсорбція кисню викликає збільшення виходу вторинних іонів. На рис. 7, *а* зображені виходи вторинних іонів при бомбардуванні чистої й покритої киснем поверхонь металів іонами Ar з енергією 3 кеВ.

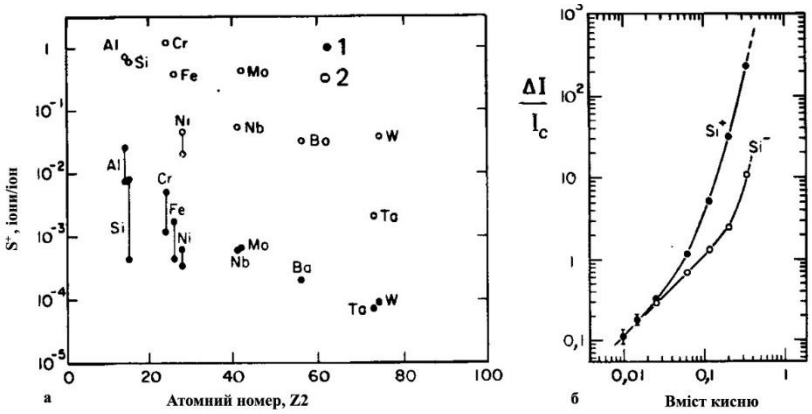


Рис. 4

а — порівняння виходів вторинних позитивних іонів на чистій *(1)* і покритій киснем (*2)* металевих поверхнях, які підлягали розпиленню іонами Ar з енергією 3 кеВ;

б — залежність відношення інтенсивностей $\Delta I / I_c$ для виходів іонів Si^+ і Si^- із кремнію з імплантованим у нього киснем від відносного вмісту атомів кисню. Розпилення ведеться іонами Ar з енергією 3 кеВ. Викликане присутністю кисню зменшення інтенсивності рівне $\Delta I = I - I_c$, де *I* — інтенсивність виходу із кремнію, що містить кисень, I_c — іонна емісія із чистого кремнію.

Розмір збільшення виходу охоплює широкий діапазон від двох до трьох порядків. На рис. 7, *б* показане збільшення виходу Si з ростом вмісту кисню в Si.

Чутливість методу до оксидування поверхні є одним з його переваг; із цієї причини ВІМС-аналіз часто виконується для поверхні, «залитої» киснем або обстріляної кисневим пучком [2, 93].

Мас-спектрометрія вторинних іонів в принципі дозволяє визначати як валову концентрацію елементів або окремих ізотопів, так і їх розподіл в трьох вимірах з високою локальністю. Проте успіх реального застосування цього методу до рішення конкретних аналітичних завдань значною мірою залежить від відповідних методичних розробок. До теперішнього часу в основному розроблені методики аналізу металів і напівпровідників. Тому ВІМС використовують у фізиці твердого тіла (зокрема, в металофізиці) і в мікроелектроніці. Аналіз діелектриків методично значно складніший. Розглянемо одне із завдань, пов'язану з розробкою методики пошарового аналізу конденсатних плівок природних силікатів з метою моделювання перерозподілу речовини в процесі метеоритного бомбардування поверхні Землі і інших небесних тіл. Плівки отримували у вакуумі напиленням речовини на металеву підкладку. При аналізі основним завданням було усунення впливу заряду поверхні діелектрика, що бомбардується пучком іонів. Накопичення потенціалу на зразку гальмує низькоенергетичні іони, порушує їх фокусування в мас-аналізаторі, а також призводить до зміни співвідношення інтенсивностей піків[1, 169].

Для аналізу діелектриків методом ВІМС запропонований ряд методичних прийомів, проте усі вони виявилися недостатньо ефективними для даного завдання. Бомбардування зразка негативними іонами або використання додаткової електронної гармати не дозволяють досить точно компенсувати поверхневий заряд. Не усуває його і бомбардування поверхні нейтральними первинними частинками замість іонів, до того ж їх важко сфокусувати на поверхню зразка.

Відомий спосіб аналізу компактних діелектриків, заснований на напиленні металевої плівки або розміщенні металевої сітки на поверхню зразка. Наявність металу в області іонізації або в безпосередній близькості від неї забезпечує стікання позитивного заряду по поверхні діелектрика до місця контакту. Проте при пошаровому аналізі плівка металу швидко руйнується, а сітка викликає нерівномірне руйнування проби.

Простий і ефективний спосіб усунути вплив зарядки поверхні - накласти на аналізовану область металеву діафрагму з отвором, дещо меншим діаметра пучка первинних іонів, бомбардуючих зразок. Електрони, вибиті з матеріалу діафрагми, притягуються позитивно зарядженими областями поверхні діелектрика, що (при дотриманні певних умов) призводить до автокомпенсації поверхневого заряду. Проте діафрагму важко накласти на плівку конденсату так, щоб забезпечити надійний контакт металу з діелектриком. Проблему було вирішено через модифікацію методики напилення самих досліджуваних плівок. Їх наносили на металеву підкладку через маску з круглим отвором. В результаті отримували плівку у вигляді острівця, оточеного чистою металевою поверхнею, яка при аналізі грала ту ж роль, що і діафрагма в роботі [1, 169].

Плівки отримували випаром у вакуумній камері близько 20 мг базальту відомого складу, який завантажували у вольфрамовий тигель. На відстані 95 мм від тигля

поміщали поліровану мідну підкладку. На підкладку, температура якої складала 25°С, накладали маску з діаметром отвору 2 мм. В результаті конденсації на підкладці утворювалася плівка у вигляді круглого острівця діаметром 2 мм і завтовшки 60 нм. Частина металевої підкладки, що залишилася вільною, забезпечувала нейтралізацію заряду на поверхні проби під час аналізу[1, 170].

Завдяки невеликому діаметру острівця конденсату шари речовини конденсувалися досить однорідно по площі. Оскільки діаметр пучка первинних іонів має бути дещо більше діаметру проби (острівець конденсату), застосування для аналізу іонного мікрозонду типу IMS-3f (чи IMS-4f) недоцільно. Використання ж пучка первинних іонів, який опромінює зону на поверхні діаметром 2-3 мм, дозволяє витрачати при аналізі тонкої плівки більшу кількість речовини і тим самим знижує відносну межу виявлення елементів. Такий пучок формує іонне джерело мас-спектрометра МС-7201, що серійно випускався Сумським ПО «Електрон» [1, 170].

У подібного типу приладах розподіл щільності струму пучка первинних іонів (j_n) по радіусу (r) описується гаусіаном виду

$$j_n = j_{макс} \cdot \exp(-r/r_s) \qquad (5)$$

де $j_{макс}$ – максимальна щільність струму в центрі пучка, r_s- номінальний радіус фокусування пучка. Пучок падає на поверхню проби не перпендикулярно, а під деяким кутом до нормалі (у нашому приладі цей кут складає 45°). Для плоско паралельного стравлювання плівки необхідно забезпечити рівномірність щільності пучка вторинних іонів по поверхні проби, що досягається зменшенням діаметру острівця плівки в два рази в порівнянні з діаметром зони травлення пучка. При цьому пучок повинен падати на поверхню плівки перпендикулярно. Пробу слід встановлювати під пучок первинних іонів так, щоб центр острівця плівки співпадав з областю максимальної інтенсивності пучка[1, 170].

У приладі МС- 7201 відсутня система візуального спостереження за пробою під час аналізу і не передбачена можливість установки пластини з пробою перпендикулярно пучку первинних іонів. У зв'язку з цим були розроблені і виготовлені прицільний пристрій і утримувач, що забезпечує похиле (під кутом 45° до горизонталі) положення підкладки з конденсатною плівкою (рис. 8).

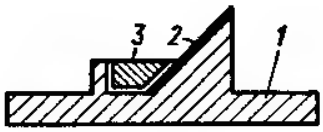


Рис. 5.

Тримач підкладок з конденсатною плівкою:
1- корпус тримача, 2 – підкладка з напиленою плівкою, 3 – фіксуюча вставка.

За допомогою прицільного пристрою утримувач з підкладкою перед введенням в джерело вторинних іонів встановлювали в шлюзі на задане місце. Після шлюзування утримувач розташовується так, що центр острівця напиленої плівки з точністю 0,1 мм співпадає з центром пучка первинних іонів. Номінальний радіус плями фокусування 40 мм; при цьому відмінність щільності струму пучка вторинних іонів (Δ) в центрі ($r_ц$=0) і на

периферії ($r_{пер}$=1 мм) острівця плівки склала

$$\Delta = j_{макс} \cdot \exp\left[-\left(r_{пер} / r_s\right)^2\right] / j_{макс} \cdot \exp\left[-\left(r_ц / r_s\right)^2\right] = 0{,}999 \quad (6)$$

тобто пучок можна було вважати однорідним по площі.

Враховуючи, що розмір зони травлення таким пучком був більше діаметру острівця плівки, ефектом утворення кратера можна було б нехтувати. У зв'язку з тим, що зона відбору вторинних іонів набагато менше вхідної апертури електростатичної системи мас-спектрометра, що знаходиться близько до зони аналізу, вплив пам'яті приладу був несуттєвим[1, 171].

Первинні іони прискорювали до енергії 4,5 кеВ, щільність струму на поверхні проби 0,05 мА/см^2. Позитивні вторинні іони відбирали імерсійним об'єктивом, що знаходиться в електричному і механічному контакті з пробою, і направляли в монопольний мас-аналізатор. Час розгортки спектру в діапазоні m/z від 2 до 65 складало 10 хв, загальний час травлення острівця плівки конденсату - близько 4 год, тобто середня швидкість розпилення дорівнювала 0,25нм/хв. За час розгортки одного спектру знімали шар проби завтовшки 2,5 нм. Протягом аналізу реєстрували в мас-спектрі лінії основних елементів проби, а також ізотопів міді, що утворюються з підкладки навколо острівця плівки. Кінець травлення конденсатної плівки фіксували по припиненню наростання інтенсивності ізотопів міді [1, 171].

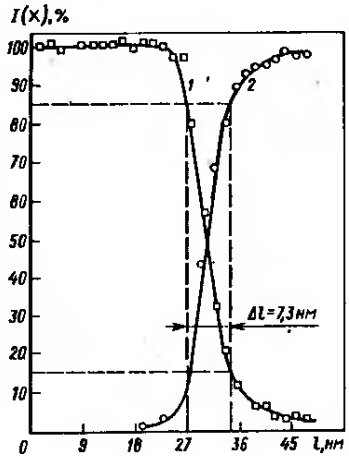


Рис. 6

Зміни складу іонного струму при пошаровому аналізу двошарової модельної структури:
1 – мідь, 2 – кремній.

Роздільна здатність по глибині є основною характеристикою пошарового аналізу. Для визначення здатності по глибині виготовили модельну пробу. Напиленням міді через круглу маску на підкладку з діоксиду кремнію отримали двошарову структуру Cu/SiO_2. Товщина плівки *h*, визначена по формулі

$$h = M / 4\pi R^2 \delta \qquad (7)$$

(*M* – навішування, *R* – відстань до підкладки, δ – густина міді) склала 30 нм. Первинні іони водню мали енергію 4,2 кеВ. Щільність струму первинних іонів на поверхні мішені 0,21 мА/см^2, діаметр плями 3,5 мм, швидкість травлення 1,9 нм/хв. З результатів,

приведених на мал. 15, видно, що зміна реєстрованої мас-спектрометром концентрації від 100% по 15% відбувається на ділянці завтовшки 7,3 нм. Таким чином, здатність по глибині при пошаровому аналізі (на рівні 15%) дорівнює приблизно 7 нм [1, 172].

Отже, пошаровий елементний аналіз твердих тіл методом ВІМС дозоляє визначити склад та концентрацію елементів в плівці, його основною перевагою є роздільна здатність по глибині. Але його найбільшими, але не надто значними, недоліками є час обробки проби та руйнування під час роботи.

Список використаних джерел

1. Рамендик Г.И. Элементный масс-спектрометрический анализ твердых тел. Физические основы и аналитические характеристики. – М.: Химия, 1993. – 192с.: ил.
2. Фелдман Л., Майер Д. Основы анализа поверхности и тонких пленок./Пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 342 с.

Анотація. Коцур О. Пошаровий аналіз елементного складу твердих тіл методом вторинної іонної мас-спектрометрії.

У статі розглянуто основні сфери застосування елементного аналізу твердих тіл, що є дуже важливим для розвитку сучасної науки. Більш детально розглянуто пошаровий аналіз методом вторинної іонної мас-спектрометрії. Також зазначено основні переваги та недоліки пошарового аналізу.

Ключові слова: елементний аналіз, вторинна іонна мас-спектрометрія, пошаровий аналіз.

Аннотация. Коцур О. Послойный анализ элементного состава твердых тел методом вторичной ионной масс-спектрометрии.

В статье рассмотрены основные области применения элементного анализа твердых тел, что является очень важным для развития современной науки. Более подробно рассмотрен послойный анализ методом вторичной ионной масс-спектрометрии. Также указаны основные преимущества и недостатки послойного анализа.

Ключевые слова: элементный анализ, вторичная ионная масс-спектрометрия, послойный анализ.

Abstract. Kotsur O. Layered analysis of the elemental composition of solids by secondary ion mass spectrometry.

In article reviews the main scope applying of the elemental analysis of solids, which is very important for the development of modern science. The more detail reviews the layered analysis by secondary ion mass spectrometry. Also outlines the advantages and disadvantages of layered analysis.

Keywords: elemental analysis, secondary ion mass spectrometry, layered analysis.

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

Науковий журнал
ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА
Видається з 2013.

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

Кулініч С. Фізичні основи роботи аналітичного прискорювального комплексу // Фізико-математична освіта. Науковий журнал. – Суми : СумДПУ ім. А.С.Макаренка, 2014. – № 2 (3). – С. 27-35.

Ця стаття була видалена на прохання директора Інституту фізики твердого тіла, матеріалознавства та технологій Національного наукового центру «Харківський фізико-математичний інститут» Воєводіна В.М.

Листом №34-00/01-790 від 28.03.2016 р., який надійшов до редакції журналу 1.04.2016 р., було повідомлено, що стаття Кулініча С. «Фізичні основи роботи аналітичного прискорювального комплексу» є практично 100% плагіатом (оригінал статті http://kinr.kiev.ua/NPAE_Kyiv2006/proc/Contents.html)

Редакція приносить вибачення на адресу авторів оригінальної статті і зазначає, що в кожному номері журналу просить авторів звертати увагу на те, що вони несуть відповідальність за достовірність наведеної інформації (точність наведених у статті даних, цитат, статистичних матеріалів тощо) та за порушення прав інтелектуальної власності інших осіб.

Ця стаття була видалена на прохання директора Інституту фізики твердого тіла, матеріалознавства та технологій Національного наукового центру «Харківський фізико-математичний інститут» Воєводіна В.М.

Листом №34-00/01-790 від 28.03.2016 р., який надійшов до редакції журналу 1.04.2016 р., було повідомлено, що стаття Кулініча С. «Фізичні основи роботи аналітичного прискорювального комплексу» є практично 100% плагіатом (оригінал статті http://kinr.kiev.ua/NPAE_Kyiv2006/proc/Contents.html)

Редакція приносить вибачення на адресу авторів оригінальної статті і зазначає, що в кожному номері журналу просить авторів звертати увагу на те, що вони несуть відповідальність за достовірність наведеної інформації (точність наведених у статті даних, цитат, статистичних матеріалів тощо) та за порушення прав інтелектуальної власності інших осіб.

Ця стаття була видалена на прохання директора Інституту фізики твердого тіла, матеріалознавства та технологій Національного наукового центру «Харківський фізико-математичний інститут» Воєводіна В.М.

Листом №34-00/01-790 від 28.03.2016 р., який надійшов до редакції журналу 1.04.2016 р., було повідомлено, що стаття Кулініча С. «Фізичні основи роботи аналітичного прискорювального комплексу» є практично 100% плагіатом (оригінал статті http://kinr.kiev.ua/NPAE_Kyiv2006/proc/Contents.html)

Редакція приносить вибачення на адресу авторів оригінальної статті і зазначає, що в кожному номері журналу просить авторів звертати увагу на те, що вони несуть відповідальність за достовірність наведеної інформації (точність наведених у статті даних, цитат, статистичних матеріалів тощо) та за порушення прав інтелектуальної власності інших осіб.

Ця стаття була видалена на прохання директора Інституту фізики твердого тіла, матеріалознавства та технологій Національного наукового центру «Харківський фізико-математичний інститут» Воєводіна В.М.

Листом №34-00/01-790 від 28.03.2016 р., який надійшов до редакції журналу 1.04.2016 р., було повідомлено, що стаття Кулініча С. «Фізичні основи роботи аналітичного прискорювального комплексу» є практично 100% плагіатом (оригінал статті http://kinr.kiev.ua/NPAE_Kyiv2006/proc/Contents.html)

Редакція приносить вибачення на адресу авторів оригінальної статті і зазначає, що в кожному номері журналу просить авторів звертати увагу на те, що вони несуть відповідальність за достовірність наведеної інформації (точність наведених у статті даних, цитат, статистичних матеріалів тощо) та за порушення прав інтелектуальної власності інших осіб.

Ця стаття була видалена на прохання директора Інституту фізики твердого тіла, матеріалознавства та технологій Національного наукового центру «Харківський фізико-математичний інститут» Воєводіна В.М.

Листом №34-00/01-790 від 28.03.2016 р., який надійшов до редакції журналу 1.04.2016 р., було повідомлено, що стаття Кулініча С. «Фізичні основи роботи аналітичного прискорювального комплексу» є практично 100% плагіатом (оригінал статті http://kinr.kiev.ua/NPAE_Kyiv2006/proc/Contents.html)

Редакція приносить вибачення на адресу авторів оригінальної статті і зазначає, що в кожному номері журналу просить авторів звертати увагу на те, що вони несуть відповідальність за достовірність наведеної інформації (точність наведених у статті даних, цитат, статистичних матеріалів тощо) та за порушення прав інтелектуальної власності інших осіб.

Ця стаття була видалена на прохання директора Інституту фізики твердого тіла, матеріалознавства та технологій Національного наукового центру «Харківський фізико-математичний інститут» Воєводіна В.М.

Листом №34-00/01-790 від 28.03.2016 р., який надійшов до редакції журналу 1.04.2016 р., було повідомлено, що стаття Кулініча С. «Фізичні основи роботи аналітичного прискорювального комплексу» є практично 100% плагіатом (оригінал статті http://kinr.kiev.ua/NPAE_Kyiv2006/proc/Contents.html)

Редакція приносить вибачення на адресу авторів оригінальної статті і зазначає, що в кожному номері журналу просить авторів звертати увагу на те, що вони несуть відповідальність за достовірність наведеної інформації (точність наведених у статті даних, цитат, статистичних матеріалів тощо) та за порушення прав інтелектуальної власності інших осіб.

Ця стаття була видалена на прохання директора Інституту фізики твердого тіла, матеріалознавства та технологій Національного наукового центру «Харківський фізико-математичний інститут» Воєводіна В.М.

Листом №34-00/01-790 від 28.03.2016 р., який надійшов до редакції журналу 1.04.2016 р., було повідомлено, що стаття Кулініча С. «Фізичні основи роботи аналітичного прискорювального комплексу» є практично 100% плагіатом (оригінал статті http://kinr.kiev.ua/NPAE_Kyiv2006/proc/Contents.html)

Редакція приносить вибачення на адресу авторів оригінальної статті і зазначає, що в кожному номері журналу просить авторів звертати увагу на те, що вони несуть відповідальність за достовірність наведеної інформації (точність наведених у статті даних, цитат, статистичних матеріалів тощо) та за порушення прав інтелектуальної власності інших осіб.

Ця стаття була видалена на прохання директора Інституту фізики твердого тіла, матеріалознавства та технологій Національного наукового центру «Харківський фізико-математичний інститут» Воєводіна В.М.

Листом №34-00/01-790 від 28.03.2016 р., який надійшов до редакції журналу 1.04.2016 р., було повідомлено, що стаття Кулініча С. «Фізичні основи роботи аналітичного прискорювального комплексу» є практично 100% плагіатом (оригінал статті http://kinr.kiev.ua/NPAE_Kyiv2006/proc/Contents.html)

Редакція приносить вибачення на адресу авторів оригінальної статті і зазначає, що в кожному номері журналу просить авторів звертати увагу на те, що вони несуть відповідальність за достовірність наведеної інформації (точність наведених у статті даних, цитат, статистичних матеріалів тощо) та за порушення прав інтелектуальної власності інших осіб.

Ця стаття була видалена на прохання директора Інституту фізики твердого тіла, матеріалознавства та технологій Національного наукового центру «Харківський фізико-математичний інститут» Воєводіна В.М.

Листом №34-00/01-790 від 28.03.2016 р., який надійшов до редакції журналу 1.04.2016 р., було повідомлено, що стаття Кулініча С. «Фізичні основи роботи аналітичного прискорювального комплексу» є практично 100% плагіатом (оригінал статті http://kinr.kiev.ua/NPAE_Kyiv2006/proc/Contents.html)

Редакція приносить вибачення на адресу авторів оригінальної статті і зазначає, що в кожному номері журналу просить авторів звертати увагу на те, що вони несуть відповідальність за достовірність наведеної інформації (точність наведених у статті даних, цитат, статистичних матеріалів тощо) та за порушення прав інтелектуальної власності інших осіб.

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

Науковий журнал
ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА
Видається з 2013.

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

Мусієнко І. Методика вивчення квантових властивостей світла в школі // Фізико-математична освіта. Науковий журнал. – Суми : СумДПУ ім. А.С.Макаренка, 2014. – № 2 (3). – С. 37-45.

УДК 371.315.6:51

Ігор Мусієнко
Сумський державний педагогічний університет імені А.С. Макаренка, Україна

МЕТОДИКА ВИВЧЕННЯ КВАНТОВИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СВІТЛА В ШКОЛІ

Мабуть, жодне з фізичних понять шкільного курсу фізики не потребує такої зміни уявлень у процесі його вивчення, як це відбувається зі світлом. Дійсно, спочатку при вивченні світлових явищ у 7 класі на основі властивостей світла прямолінійно поширюватися в однорідному середовищі будується геометрична модель світла. Потім ця модель закономірно змінюється на хвильову модель, в якій геометричні уявлення замінюються хвильовими. У подальшому ситуація ще раз повторюється при переході до квантової моделі випромінювання. «Учні залишаються переконаними, що існує не одна наука оптика про єдиний об'єкт – випромінювання, а кілька різних оптик (геометрична, хвильова, квантова), які вивчають різні об'єкти (промені, світлові хвилі, фотони). У гіршому випадку у них формується невпевненість в істинності будь-яких моделей випромінювання, фізичних моделей взагалі. В жодному разі знання учнів про оптичні явища в цілісну систему не перетворюються. Негативне значення такого факту очевидне» [1, 4 – 7].

У зв'язку з цим у процесі викладання квантової оптики дуже важливо правильно користуватися понятійним апаратом теорії випромінювання. Це в першу чергу стосується поняття дуалізму природи світла, яке зустрічається в літературі. Зрозуміло, що ніякого дуалізму природи світла не існує. Природа світла така ж єдина, як єдина природа взагалі. А ось відсутність єдиної наочної моделі світла, яка б пояснювала усі його властивості, – це факт, який був встановлений на початку XX століття і який змушує нас говорити про дуалізм властивостей світла. Природа світла – електромагнітна, а властивості світла – хвильові та корпускулярні. При вивченні квантових властивостей світла використовуються деякі положення теорії відносності, зокрема, закон взаємозв'язку між масою та енергією. Для більш високого наукового рівня викладу

матеріалу потрібно, щоб учні попередньо були ознайомлені і з релятивістським співвідношенням між енергією та імпульсом. Як відомо, енергія та імпульс є універсальними характеристиками матеріальної точки у вільному стані. У процесі взаємодії енергія та імпульс матеріальної точки змінюються, але таким чином, що їх зв'язок описується співвідношенням:

$$\mathrm{E}^2 = p^2c^2 + m_0^2c^4 \quad (1.),$$

де *E* – повна енергія матеріальної точки, *p* – її імпульс, m_0 – маса спокою.

Ця формула є фундаментальним співвідношенням релятивістської механіки. Оскільки це співвідношення випливає із властивостей простору-часу, то воно є універсальним для будь-яких фізичних об'єктів, в тому числі і для фотонів [6, 6 – 10].

У шкільних підручниках вираз для імпульсу фотона записують за відомою із механіки формулою $p = m\upsilon$. Але цю формулу для фотона неможливо застосувати без важливих додаткових пояснень. Більш науково обґрунтованим є виведення формули для імпульсу фотона саме із релятивістського співвідношення між енергією та імпульсом.

Для фотона $m_0 = 0$ і $\mathrm{E} = \mathrm{h}\nu$. Тому

$$p = \frac{E}{c} = \frac{h\nu}{c} = mc \quad (2.)$$

де *m* – маса фотона, яка визначається за формулою $m = \frac{h\nu}{c^2}$.

Ознайомити учнів із співвідношенням між енергією та імпульсом можна під час вивчення спеціальної теорії відносності. Для цього використаємо вираз для релятивістської маси:

$$\mathrm{m} = \frac{\mathrm{m}_0}{\sqrt{1 - \frac{\upsilon^2}{c^2}}} \quad (3.)$$

Піднесемо цей вираз до квадрата:

$$\mathrm{m}^2 = \frac{\mathrm{m}_0^2}{1 - \frac{\upsilon^2}{c^2}}$$

і запишемо у вигляді:

$$\mathrm{m}^2 - \frac{m^2\upsilon^2}{c^2} = m_0^2,$$

помноживши на c^4, одержимо $m^2c^4 - m^2\upsilon^2c^2 = m_0^2c^4$. Враховуючи, що $E = mc^2$, а $p = m\upsilon$, записуємо:

$$\mathrm{E}^2 - p^2c^2 = m_0^2c^4.$$

Це співвідношення можна використати також при виведенні формули Комптона і при розв'язуванні задач з квантової фізики [6, 6 – 10].

Аналіз навчального матеріалу з квантової оптики показав, що є можливість його викласти відповідно до гносеологічного циклу пізнання і на прикладі розвитку квантових уявлень проілюструвати виникнення нових наукових фактів, накопичення

експериментальних даних, висунення гіпотез, виведення наслідків із них й експериментальну перевірку цих наслідків, побудову послідовної теорії і відкриття з її допомогою нових, не відомих раніше явищ, створення на основі фізичної теорії нової техніки.

Як відмічав В.Г. Разумовський, саме ці ступені так необхідні для формування творчого потенціалу особистості, для радості навчального пізнання, для розвитку мислення.

На *рис. 1* представлена схема циклічної побудови навчального матеріалу з квантової оптики.

Рис. 1. Схема циклічної побудови навчального матеріалу з квантової оптики

Розглянемо її більш детально. Спочатку з учнями вивчаємо висхідні факти, які потім кладемо в основу квантової моделі світла. Такими фактами є розподіл енергії в спектрі абсолютно чорного тіла і закономірності фотоефекту. Від висхідних фактів індуктивно здійснюємо перехід до побудови моделі, яка виступає спочатку як гіпотеза. Такою гіпотезою є гіпотеза Ейнштейна про те, що світло — потік частинок (фотонів) з енергією $h\nu$.

З цієї моделі одержуємо наслідки, які підтверджуються експериментально. Дійсно, якщо світло — потік фотонів, то, по-перше, для слабких фотонних потоків повинні спостерігатись флуктуації, а по-друге, відповідно до співвідношення між енергією та імпульсом фотони повинні володіти імпульсом:

$$p_\phi = \frac{E_\phi}{c}.$$

Потім вивчаємо досліди Боте, Йоффе-Добронравова, Вавилова, в яких спостерігаються флуктуації фотонів, і досліди Комптона і Лебедєва, які є доказом наявності у фотона імпульсу. Після цього узагальнюємо знання про властивості фотонів і формуємо поняття корпускулярно-хвильового дуалізму властивостей світла. На цьому

завершується перший етап побудови квантової теорії світла. Далі розглядаємо такі світлові явища, як хімічна дія світла, люмінесценція та ін., які пояснюємо в рамках квантової теорії світла.

Наступний етап побудови квантової теорії світла відбувається при вивченні атомної та ядерної фізики. Тут вона поглиблюється та узагальнюється. Розкривається механізм випускання й поглинання випромінювання атомами та ядрами, пояснюється походження атомних і ядерних спектрів. Прикладом евристичної сили теорії є передбачення Ейнштейном вимушеного випромінювання, а прикладом створення на основі квантової теорії нової техніки є квантові генератори радіо- та оптичного випромінювання (мазери та лазери).

При такому підході до розробки структури навчального матеріалу його дидактичні, розвиваючі й виховні функції розглядаються в єдності і взаємозв'язку. Але цим не обмежуються шляхи підвищення ефективності вивчення цього розділу.

Вивчення квантової оптики може проходити успішно тільки за умови застосування сучасних інтерактивних технологій навчання, які ґрунтуються на діалозі, спільному розв'язанні проблем, вільному обміні думками, активній взаємодії всіх учнів. Особливо широкі можливості виникають при вивченні цього розділу у зв'язку з використанням у навчанні нових інформаційних технологій, зокрема мультимедійних посібників.

Досліди, які підтверджують фотонну структуру світла

Якщо ознайомлення учнів з тепловим випромінюванням і гіпотезою Планка переконує їх у квантовому характері випромінювання, а розгляд закономірностей фотоефекту та ефекту Комптона послужив доказом квантового характеру поглинання та розсіювання світла, то це не означає, що ці ж явища слугують доказом того, що світло поширюється у просторі у вигляді дискретних частинок (фотонів). Тому дуже важливо познайомити учнів ще й з дослідами, які безпосередньо підтверджують квантову (фотонну) структуру випромінювання, яке ще не вступило у взаємодію з речовиною. Такими дослідами є спеціальні досліди, що були виконані вченими В. Боте, О. Йоффе і М. Добронравовим, С. Вавиловим.

Ідея їх полягає в тому, що якщо світло має дискретну структуру, то для слабких світлових потоків повинні спостерігатись флуктуації числа фотонів. Щоб учням стала зрозумілою ця ідея, необхідно спочатку провести аналогію з ідеєю про дискретну структуру речовини. Якщо, наприклад, число молекул газу в системі дуже велике, то їхні властивості проявляються як деякі середні величини: тиск, густина і т. ін.

Якщо число молекул мале, то стає помітним відхилення від середніх величин, які називають флуктуаціями тих чи інших величин. Флуктуації саме і вказують на корпускулярну природу газів. Так і у світлових потоках. Як тільки число фотонів у світловому потоці зменшується, повинні стати помітними флуктуації інтенсивності світла, що й буде доказом його квантової структури. Після цього можна перейти до розгляду самих дослідів [6, 43 – 46].

Дослід Боте

У 1924 році В. Боте поставив дослід щодо спостереження флуктуацій фотонів рентгенівського випромінювання. Установку Боте схематично зображено на *рис. 2.* Тут *А* — металева (залізна чи мідна) фольга, яка освітлювалась збоку вузьким пучком рентгенівських променів, при цьому фольга сама ставала джерелом рентгенівського випромінювання з певною частотою (рентгенівська флуоресценція).

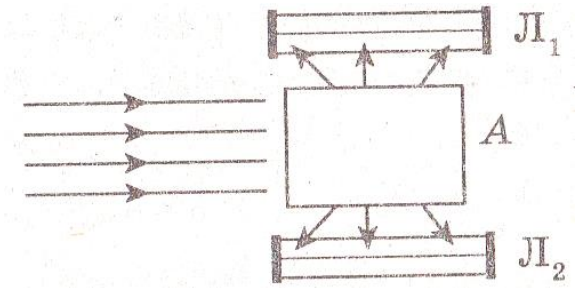


Рис. 2. Установка Боте

Це вторинне випромінювання потрапляє у два лічильники Гейгера $Л_1$ і $Л_2$. Потрапляння фотона в лічильник призводить до виникнення розряду в ньому. Якби джерело *А* випромінювало так, як цього вимагає хвильова теорія, то сферична хвиля одночасно досягла б обох лічильників $Л_1$ та $Л_2$ і розряди в них виникали б одночасно. Якщо із фольги *А* вилітають окремі фотони, то вильоти їх вгору і вниз будуть незалежними хаотичними подіями. При малому числі фотонів буде безладно спрацьовувати то перший лічильник, то другий. Досліди показали, що розряди, які виникали у лічильниках під впливом рентгенівських імпульсів, проходили в обох лічильниках незалежно і безладно, що підтверджувало квантову структуру випромінювання [6, 43 – 46].

Дослід Йоффе-Добронравова

Знайомство учнів з цим дослідом можна провести у вигляді розв'язування відповідної фізичної задачі:

Негативно заряджена порошинка вісмуту діаметром *d*=0,6 мкм урівноважена в електричному полі на відстані h=0,2 мм від нижньої пластинки конденсатора, виготовленого із тонкої фольги *(рис. 3).* В точку *А* цієї пластинки щосекунди потрапляє 1000 електронів з енергією 12 кеВ кожний. При ударах електрона об фольгу в цій точці виникає рентгенівське випромінювання, що вільно проходить крізь неї.

Вважати, що енергія електрона повністю переходить в енергію випромінювання. Чи буде рентгенівське випромінювання вибивати електрони з порошинки і порушувати її рівновагу? ($A_{вих}$ =4,4 еВ - робота виходу для Bi). Дати відповідь спочатку на основі хвильової, а потім квантової теорії світла.

Дано: d = 0,6 мкм, h=0,2 мм, n = 10^3 c^{-1}, E = 12 кеВ, $A_в$ = 4,4еВ

Знайти: E_0 - ?, t - ?

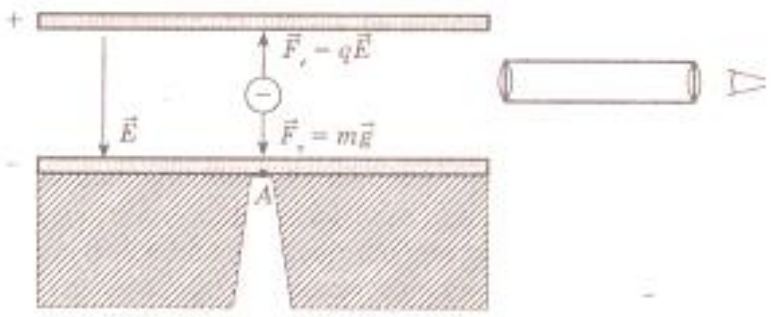


Рис. 3. Дослід Йоффе-Добронравова

Розв’язування

Хвильова теорія

Під час удару електрона об фольгу виникає в точці *А* сферична хвиля з енергією Е = 12 кеВ = $1{,}2\cdot10^4$еВ. Згідно з хвильовою теорією, ця енергія повинна рівномірно розподілитися по сферичному фронту хвилі, тобто в тілесному куті 4π ср. (1 стерадіан — це тілесний кут, що вирізає на сфері площу, яка дорівнює площі квадрата із стороною, що дорівнює радіусу сфери.) [6, 43 – 46].

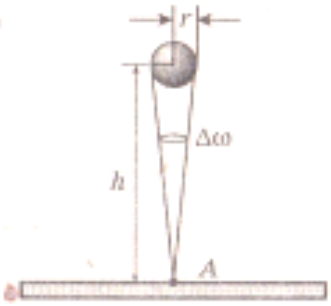


Рис. 4.

Порошинку видно із т. *А* під тілесним кутом Δω *(рис. 4):*

$$\Delta\omega = \frac{\pi \mathrm{d}^2}{4h^2},$$

де *d* – діаметр порошинки, h – відстань від нижньої пластинки. Тоді:

$$\Delta\omega = \frac{\pi\cdot 0{,}6^2\cdot 10^{-12}}{4\cdot 4\cdot 10^{-8}} = 7\cdot 10^{-6}\ \text{(ср.)}$$

Отже, на порошину падає енергія хвилі:

$$\mathrm{E}_0 = \frac{E}{4\pi}\Delta\omega = \frac{12\cdot 10^3\cdot 7\cdot 10^{-6}}{4\cdot 3{,}14} \approx 6{,}68\cdot 10^{-3}\ \text{(еВ)},$$

оскільки $E_0 < A_в$ ($A_в$ — робота виходу), то електрон вириватись не буде, а відтак рівновага порошинки порушуватись теж не буде.

Квантова теорія

При ударі електрона об фольгу в т. *А* виникає один фотон рентгенівського випромінювання з енергією 12 кеВ, яка набагато більша роботи виходу електрона,

отже, цей фотон, якщо потрапить у порошинку, обов'язково вирве електрон з неї, і рівновага повинна порушитись. При цьому потік фотонів повинен бути слабким.

Дослід, описаний у задачі, у 1922 р. поставили А. Йоффе і М. Добронравов, і він підтвердив правильність зробленого припущення.

Рівновага порошинки порушувалась. Змінюючи напругу між обкладками, порошинку знову зрівноважували і продовжували спостерігати за нею за допомогою мікроскопа. Дослід показав, що через деякий час порошинка знову зривалась з місця.

Можна запропонувати учням визначити проміжок часу між послідовними потраплянням фотонів у порошинку.

Але треба повідомити їм, що ймовірність потрапляння фотона в порошинку визначається відношенням:

$$\mathrm{k} = \frac{\Delta\omega}{4\pi}.$$

Оскільки за 1 с на фольгу в т. *А* падає 10^3 електронів, то стільки ж фотонів за 1 с і випромінюється, тоді проміжок часу між потраплянням фотонів буде визначатися:

$$\mathrm{t} = \frac{1}{\mathrm{nk}} = \frac{1 \cdot 4\pi}{n\Delta\omega} = \frac{4 \cdot 3{,}14}{10^3 \cdot 7 \cdot 10^{-6}} \approx 1799\,c = 30\,хв.$$

Одержали результат, який добре збігається з дослідом. У досліді, проведеному вченими, окремі виривання електронів з порошинки наставали одне за одним через випадкові проміжки часу, але середній проміжок часу виявився дійсно рівним 30 хвилинам. Робимо висновок: розглянутий дослід може бути пояснений тільки на основі квантової структури випромінювання.

Цей дослід особливий тим, що дозволяє простежити дії саме окремих фотонів. Рентгенівське випромінювання було настільки слабким, що наступний фотон випромінювався з т. *А* набагато пізніше після того, як пролетів попередній фотон: відстань h=0,2 мм фотон проходить за $\frac{0{,}0002}{3 \cdot 10^8} = 7 \cdot 10^{-13}$ (с), а наступний фотон випромінювався тільки через 10^{-3} с.

На зауваження учнів про те, що, можливо, один електрон неймовірно тривалий час (t=30хв.) накопичував енергію рентгенівського випромінювання, не віддаючи її сусіднім частинкам, або всі електрони порошинки незрозумілим чином іноді передавали енергію, яку поглинають, одному електронові, який вивільнювався з порошини, можна пояснити, що для цього немає підстав, оскільки випромінювання електронів відбувалось з однаковою енергією через різні проміжки часу.

Таким чином, порошинка витрачає електрони під дією слабкого рентгенівського випромінювання, і це відбувається саме внаслідок дії окремих фотонів [4, 22 – 23].

Для осмислення результатів досліду Йоффе-Добронравова пропоную учням ряд запитань:

1. Як у розглянутому досліді проявляються флуктуації фотонів?

2. Як буде змінюватись проміжок часу між потраплянням фотонів у порошинку, якщо число електронів, які щосекунди потрапляють в т. А, весь час зростатиме?

3. Виривання електронів з порошинки є результатом явища фотоефекту чи ефекту Комптона?

Висновок

Таким чином, теорія світла мала три періоди розвитку:

1) корпускулярна теорія, запропонована Ньютоном, що панувала в оптиці з XVIII ст. і до 30-х років XIX ст.;

2) другий період розвитку теорії світла (XIX ст.) був періодом відносно швидкого розвитку хвильової теорії, яка розглядала світло як поширення хвильового процесу в деякому гіпотетичному середовищі — світлоносному ефірі, що пронизує всі тіла;

3) третій період розвитку теорії світла (початок XX ст.) характеризується всебічним розвитком квантової теорії світла – вчення про єдність корпускулярно-хвильових властивостей світла.

Список використаних джерел

1. Бугаев А.И., Горбунцова Л.Г., Савченко В.И. Квантовая физика: Дидактич. материал.- К.: Рад. шк., 1988. – 88 с. – На укр. яз.- ст. 4 – 7.
2. Величко С.П., Костенко Л.Д. Вивчення основ квантової фізики: Навч. Посібник. – Кіровоград, 2002. – 274 с.
3. Гончаренко С.У., Розенберг М.Й. Методика обучения физике в средней школе. (Колебания и волны. Оптика. Теория относительности. Физика атомного ядра).
4. Гончаренко С.У. Формування наукового світогляду учнів під час вивчення фізики: Посібник для вчителя. – К.: Рад. шк., 1990. – 208 с. – Мова укр. – ст. 119 – 138.
5. Костенко Л.Д. Диференційоване вивчення основ квантової фізики у середніх навчальних закладах різного профілю. Дис.... канд.. пед. наук: 13.00.02. – Кіровоград, 2000. – 316с.
6. Сущенко С.С. Вивчення квантових властивостей світла у школі / С.С. Сущенко, Л.С. Недбаєвська – Х: Вид. група. «Основа», 2007. – 144 с.

Анотація. Мусієнко І. Методика вивчення квантових властивостей світла у школі.

У статті розглянуто методичні підходи до вивчення квантових властивостей світла в школі, розкрито циклічний принцип побудови навчального матеріалу з квантової оптики.

Ключові слова: корпускулярно-хвильовий дуалізм, фотон, квантова оптика, вивчення фізики у школі.

Аннотация. Мусиенко И. Методика изучения квантовых свойств света в школе.

В статье рассмотрены методические подходы к изучению квантовых свойств света в школе; описан циклический принцип построения учебного материала по квантовой оптике.

Ключевые слова: корпускулярно-волновой дуализм, фотон, квантовая оптика, изучение физики в школе.

Abstract. Musienko I. Method for studying the quantum properties of light in the school.

Article touches upon the methodical approaches to the study of the quantum properties of light in the school; second - disclosed cyclic principle of educational material on quantum optics, and the third - has developed lessons and their experimental verification of teaching physics lessons.

Keywords: wave-particle duality, photon, quantum optics.

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

Науковий журнал
ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА
Видається з 2013.

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

Бабич О., Семеніхіна О. До питання про співвідношення понять наочність і візуалізація // Фізико-математична освіта. Науковий журнал. – Суми : СумДПУ ім. А.С.Макаренка, 2014. – № 2(3). – С. 47-53.

Оксана Бабич, Олена Семеніхіна
Сумський державний педагогічний університет імені А.С. Макаренка, Україна

ДО ПИТАННЯ ПРО СПІВВІДНОШЕННЯ ПОНЯТЬ НАОЧНІСТЬ І ВІЗУАЛІЗАЦІЯ

Постановка проблеми. Інформатизація освіти зумовила зміни традиційних підходів у навчанні: крім залучення технічних новацій, використання інтернет-простору, впровадження інтерактивних технологій особливу увагу науковців привернули питання використання комп'ютерних програмних засобів для унаочнення навчального матеріалу. З'явилися нові терміни «візуалізація» і «візуальна підтримка», які певним чином характеризують залучення інформаційних технологій у сферу навчальної діяльності. І якщо усталені погляди на наочність як базовий принцип навчання довго не переглядалися, то з появою мультимедіа питання унаочнення навчального матеріалу набули нової актуальності.

Аналіз актуальних досліджень. Значний вклад в теорію сприйняття і засвоєння різних видів інформації внесли В. Безпалько, Л. Виготський, О. Леонтьев, Н. Тализіна, І. Якиманська та інші. Їх дослідження стосувалися впливу на органи чуттів аудіовізуальної інформації.

Результати психолого-педагогічних досліджень в області візуалізації навчальної інформації представлені роботами різних рівнів і форматів. Зокрема, теоретичними основами візуалізації навчальної інформації займалися В.В. Давидов, П.М. Ерднієв, В.В. Зінченко, Г.В. Лаврентьєв, Н.Н. Манько. Вивченню особливостей візуального мислення присвячені роботи Р. Арнхейма, Н.А. Рєзніка і В.Я. Сквирського.

Різноманітні питання розробки засобів мультимедійної візуалізації розглядаються в роботах М.І. Бєляєва, Л.Х. Зайнутдінової, Г.А. Краснової, К.Г. Крєчєтнікова, А.В. Солового, Л.Н. Чуксіної.

Терміни «наочність» і «візуалізація» пересічною людиною, як правило, ототожнюються. Але детальний аналіз наукових і педагогічних досліджень, присвячених питанням теоретичних основ унаочнення навчального матеріалу, видам,

типам і засобам наочності, а також теоретичним основам візуальної підтримки навчання, візуального мислення, практичним питанням створення засобів візуалізації тощо показує, що ці поняття різняться між собою.

Мета статті. Узагальнити підходи до тлумачення цих понять та уточнити їх відмінності.

Виклад основного матеріалу. У педагогіці наочність розуміють як один з основних принципів дидактики, відповідно до якого навчання базується на конкретних образах, що безпосередньо сприймаються суб'єктами навчання.

Це говорить про те, що наочність необов'язково пов'язувати з візуальним сприйняттям об'єкту. В процесі утворення психічного образу можуть приймати участь усі органи чуттів людини. У зв'язку з цим розрізняють візуальну, аудіальну, кінестетичну і мовну наочності (рис.1).

Рис. 1

До візуальної наочності відносяться ілюстрації, схематичні зображення, фотографії тощо. До аудіальної – різноманітні аудіозаписи. Зразки речовин, які можна дослідити за допомогою тактильних відчуттів, відносяться до кінеститичного виду наочності. До мовної відноситься словесний опис, який здатний викликати утворення психічного образу навчального об'єкту.

У психолого-педагогічній літературі розрізняють два типи візуальної наочності: образну й необразну. До образної наочності відносять натуральні об'єкти, а також об'ємні, образотворчі (фото, малюнки), графічні (креслення, графіки) і умовні. До необразної наочності відносять схеми, таблиці, формули (рис. 2).

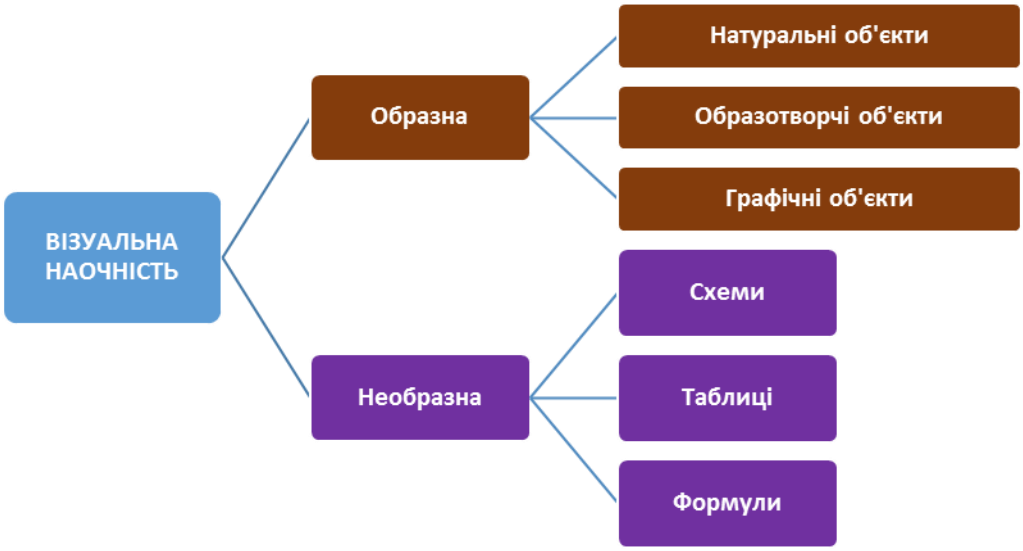


Рис. 2

Серед засобів унаочнення навчального матеріалу розрізняють натуральні, зображувальні та знаково-символьні (рис.3). До натуральних належать природні

реальні предмети, явища, процеси, факти, до зображувальних – картини, муляжі, копії. Інформаційна насиченість других дещо менша, ніж натуральних об’єктів, але вона дозволяє виділити або підкреслити конкретну окрему характеристику навчального об’єкта з метою концентрації уваги саме на ній.

Третій вид засобів наочності – знаково-символьні – формули, графіки, діаграми, схеми. Науковці зазначають, що особлива подача цих засобів більшою мірою, ніж інші, сприяє розвитку мислення та уяви.

Узагальнюючи підходи, можна стверджувати, що наочність – ототожнюється з образом навчального об’єкта у свідомості суб’єкта навчання. Це може бути не лише деяке зображення, яке характеризує навчальний об’єкт, а і деяке психічне утворення, яке виникає у свідомості індивіда при згадці про навчальний об’єкт.

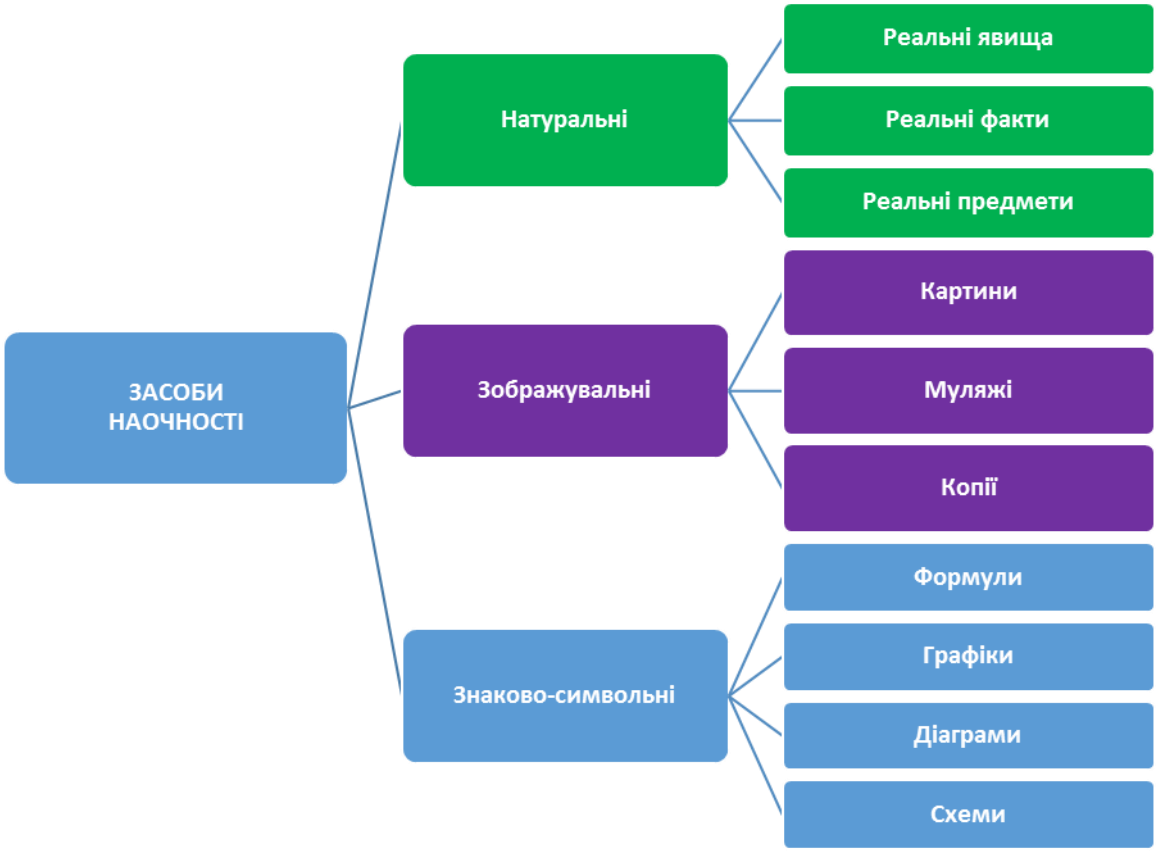


Рис. 3

Широкий загал трактує візуалізацією як всякий спосіб забезпечення унаочнення реальності. Термін «візуалізація» походить від латинського visualis – той, що сприймається очима, наочний.

Означення, які ми зустріли у наукових виданнях, різняться родовим поняттям – одні автори вважають візуалізацію як готове представлення числової та текстової інформації у вигляді графіків, діаграм, структурних схем, таблиць, карт тощо. Інші стоять на позиції, що візуалізація – це процес представлення даних через зображення з метою максимальної зручності їх розуміння; надання видимої форми об'єкту, суб'єкту, процесу тощо.

Деякі дослідники визначають візуалізацію як наочність, тобто вважають, що візуалізація виконує тільки ілюстративну функцію. Інші розглядають візуалізацію як вплив на психолого-фізіологічні процеси, які відбуваються при наочному сприйнятті, – при візуалізації у людини виникають асоціативні проекції та зв’язки, які сприяють кращому сприйняттю та засвоєнню навчального матеріалу.

Ще одне тлумачення терміну «візуалізація» полягає не стільки у демонстрації образу навчального об’єкта, скільки у створенні цього образу. Такі ідеї зумовили трактовку терміну «візуалізація» як специфічної категорії дидактики, яка має складнішу структуру, ніж традиційне поняття «наочність», оскільки вона додатково включає систему дій викладача по конструюванню образу предметів чи явищ, які вивчаються, і тому основним призначенням візуалізації є включення механізмів уяви, встановлення і закріплення асоціативних зв’язків між зоровими образами і характером основних понять.

Візуальне подання інформації розподіляють на статичне, динамічне, абстрактне і символьне (рис. 4).

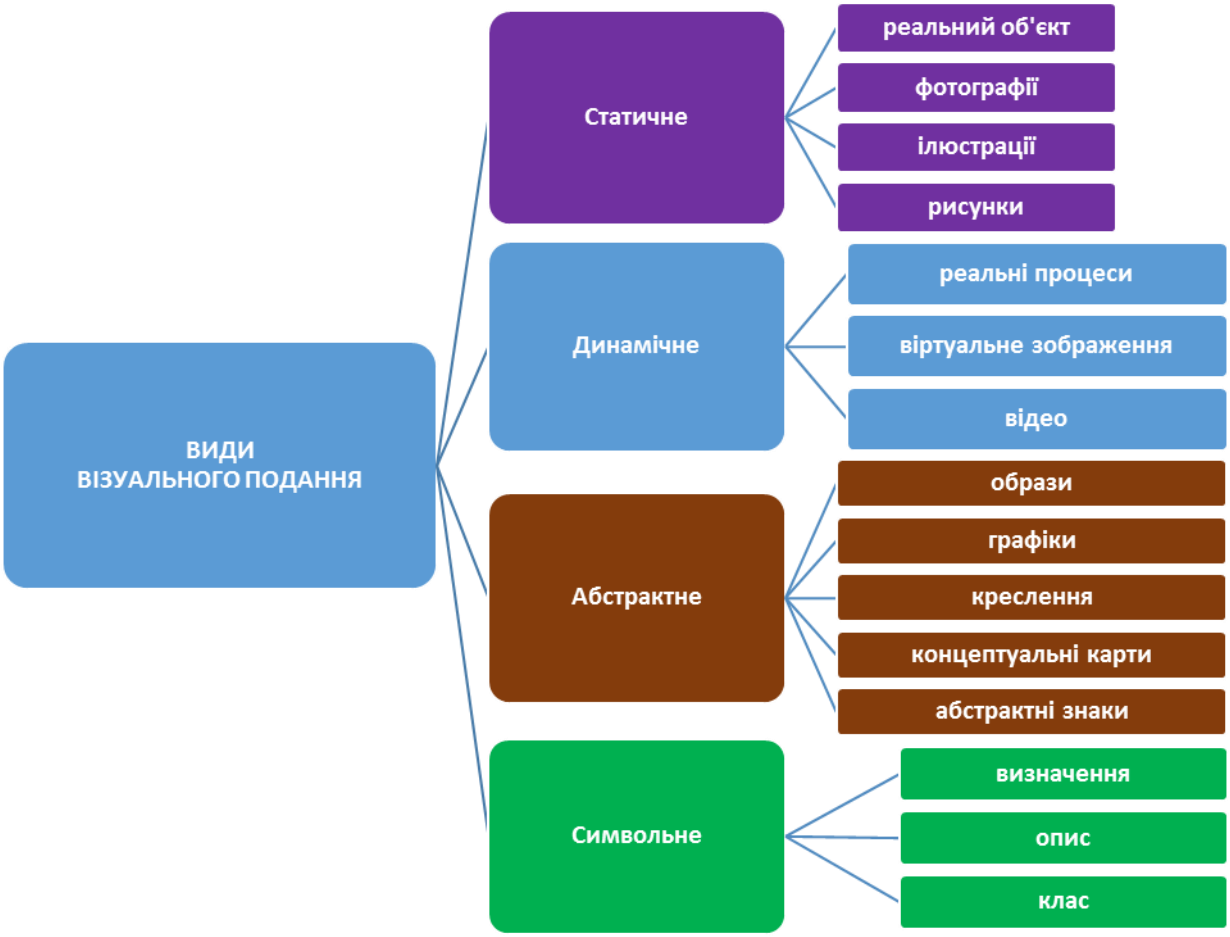


Рис. 4

Набір інструментів візуалізації достатньо широкий, починаючи від простих лінійних графіків до складних відображень множин зв’язків (рис.5).

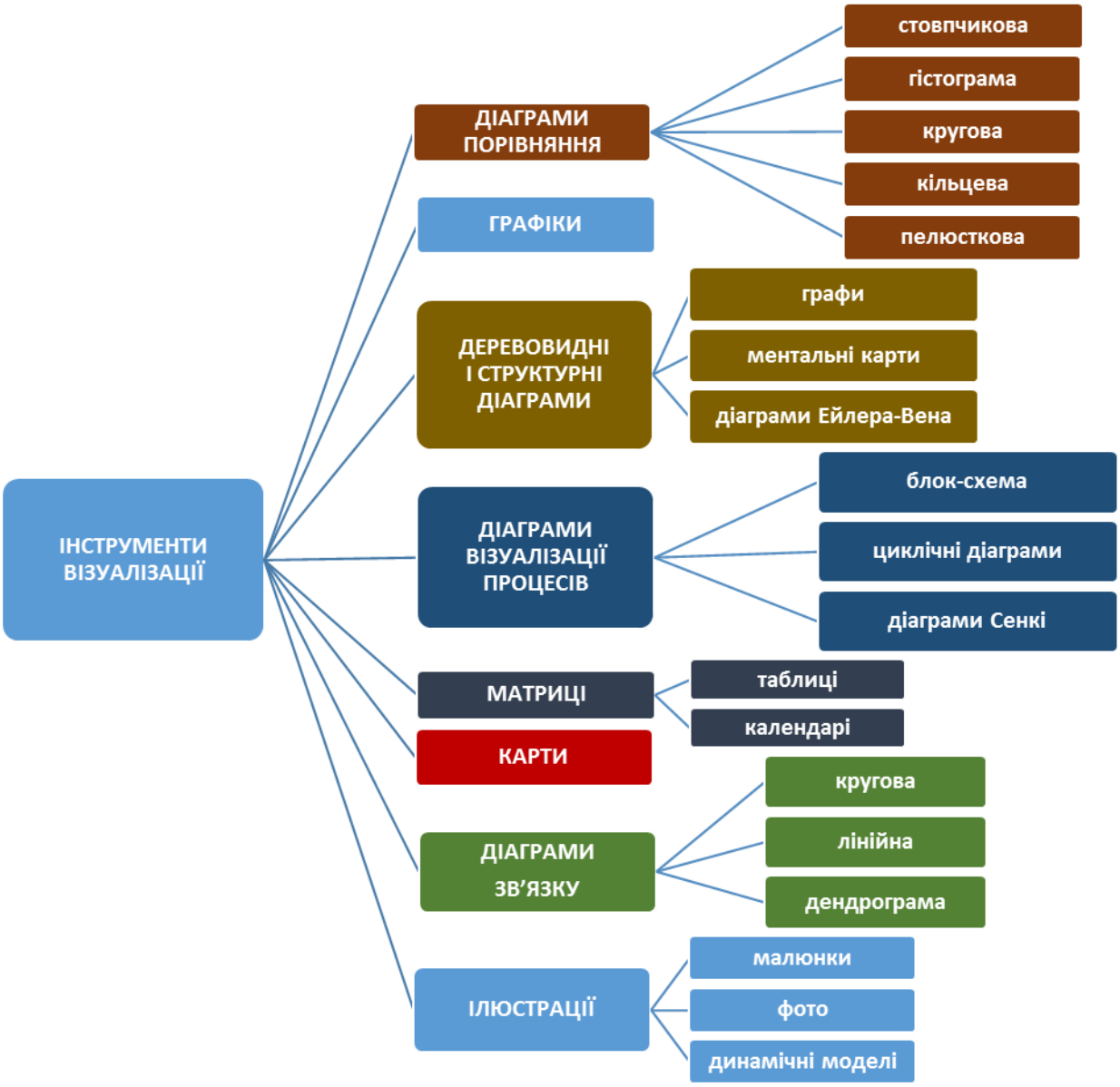


Рис. 5

Крім цього, кожен із цих типів може використовуватись як окремо, так і в поєднанні з іншими.

Також автори відокремлюють поняття візуалізації навчального матеріалу, візуальної моделі, комп'ютерної візуалізації.

За аналізом підходів у тлумаченні терміну «візуалізація» можна стверджувати про одностайність у думках про сприйняття навчального об'єкту через зір, тобто наочний образ. Разом з цим сам термін «візуалізація» і його походження від англійського слова visualization як похідні від дієслова вимагають дії, тому візуалізацію скоріше варто сприймати як процес унаочнення навчального матеріалу, що вимагає не тільки відтворення зорового образу, а і процес його конструювання.

Висновки. Таким чином, аналіз тлумачень термінів «наочність» і «візуалізація» дозволяє зробити наступні висновки.

1. Серед видів наочності виділяють візуальну наочність, тому візуалізація навчального матеріалу може бути включеною до родового поняття «наочність» як вид.

2. Тлумачення терміну «візуалізація» передбачає процес створення зорового образу, тоді як термін «наочність» асоціюється уже із сформованим образом навчального об'єкта. Це дає підстави стверджувати, що поняття візуалізації навчального матеріалу виходить за рамки, окреслені терміном «наочність».

3. Не можна ототожнити поняття «наочність» і «візуалізація» у сучасних тлумаченнях цих термінів.

Список використаних джерел

1. Аранова С.В. К методологии визуализации учебной информации. Интеграция художественного и логического: [електронний ресурс] / С.В. Аранова. – Режим доступу до статті: http://cyberleninka.ru/article/n/k-metodologii-
2. Занков Л.В. Наглядность и активизация учащихся в обучении. / Л.В. Занков – М.: Гос. учеб.-пед. изд-во Мин-ва просвещения РСФСР, 1960. – 312 с.
3. Зінченко В.В. Візуалізація навчання як засіб ефективності уроку біології: електронний ресурс / В.В.Зінченко, – Режим доступу: http://kafpppo.narod.ru/user-files/conference2012.pdf
4. Основы визуализации: [електронний ресурс]. – Режим доступу до статті: http://www.dialektika.com/PDF/978-5-8459-1768-3/part.pdf
5. Пескова О.В. О визуализации информации: [електронний ресурс] / О.В. Пескова. – Режим доступу до статті: http://engjournal.ru/articles/24/html/files/assets/basic-html/page1.html
6. Резник Н.А. Визуализация учебного контента в современном информационном пространстве: [електронний ресурс] / Н.А. Резник. – Режим доступу до статті: http://www.vischool.rxt.ru/texts/rez07mgpu.htm

Анотація. Бабич О., Семеніхіна О. До питання про співвідношення понять наочність і візуалізація.

В статті розглянуто підходи до означення понять «наочність» і «візуалізація». За аналізом тлумачень цих термінів зроблено висновок про хибність їх ототожнення. Поняття «наочність» є більш широким по відношенню до терміну «візуалізації», але поняття «візуалізація» не може «поглинутися» наочністю через включення у цей термін додаткових вимог конструювання наочного образу.

Ключові слова: наочність, види наочності, візуалізація, види візуалізації.

Аннотация. О. Бабич, Е. Семенихина. К вопросу о соотношении понятий наглядность и визуализация.

В статье рассмотрены подходы к определению понятий «наглядность» и «визуализация». Анализ толкования терминов дает основания утверждать, что они не тождественны. Понятие «наглядность» является более широким по отношению к понятию «визуализация». Но визуализация не может пониматься как

вид наглядности, поскольку включает в себя дополнительные условия конструирования наглядного образа.

Ключевые слова: наглядность, виды наглядности, визуализация, виды визуализации.

Abstract. Babych O., Semenikhina O. To questions about interpretation of clarity and visualization.

This article touches upon of interpretations of determination of notion "clarity" and "visualization". The Analysis of these interpretations gives the basis to confirm that they are not identical. The Notion "clarity" is broader. However, visualization not can include in determine of the clarities, because comprises of additional conditions of create demonstrative image.

Keywords: clarity, types of clarities, visualization, types of visualizations.

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

Науковий журнал
ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА
Видається з 2013.

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

Шамрай С. Уточнення переліку комп'ютерних математичних інструментів, необхідних вчителю математики // Фізико-математична освіта. Науковий журнал. – Суми : СумДПУ ім. А.С.Макаренка, 2014. – № 2 (3). – С. 55-64.

УДК 378.14

Світлана Шамрай
КУ Сумська загальноосвітня школа І-ІІІ ступенів № 6, Україна

СПЕЦКУРСИ З ВИВЧЕННЯ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ МАТЕМАТИЧНОГО СПРЯМУВАННЯ: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ

У сучасному світі технологічних змін і зростання конкуренції на ринку праці необхідність професійного розвитку, можливість іти пліч-о-пліч з технічним прогресом, рушійною силою якого вважають технічне мислення, стають вкрай необхідними умовами, тому особливої актуальності набуває організація підготовки студентів вищих навчальних закладів щодо використання інформаційних технологій у майбутній професійній діяльності. Це стає визначальним фактором у підготовці нового покоління педагогів, здатних до професійної діяльності в умовах впровадження у навчальний процес інформаційно-комунікаційних технологій.

Аналіз психолого-педагогічної літератури показав, що у вітчизняній педагогічній науці достатньо висвітлені концептуальні основи процесу інформатизації системи освіти. У полі зору багатьох учених був педагогічний потенціал інформаційних технологій, досліджувалась проблема формування інформаційної культури вчителів, зокрема у працях Н.В. Апатової, В.Ю. Бикова, Л.П. Бабенко, Л.І. Білоусової, І.Є. Булах, А.Ф. Верланя, Б.С. Гершунського, Ю.О. Дорошенка, А.П.Єршова, М.І. Жалдака, Б.Г. Житомирського, В.М. Монахова, Н.В. Морзе, С.А. Ракова, Ю.С. Рамського та інших науковців.

Психологічні аспекти використання інформаційних технологій у навчальному процесі досліджені в працях В.П. Безпалька, В.В. Рубцова В.М. Бондаревської, П.Я. Гальперіна, В.П. Зінченка, О.М. Леонтьєва, В.А. Львовського, В.Ф. Паламарчук, Л.Н. Прокопенка та інших.

Проблема формування педагогічних умінь учителя висвітлена у працях Ю.П. Азарова, В.І. Бондаря, О.А. Дубасенюка, М.І. Дьяченка, О.В. Киричука, Л.О. Кандибовича, Н.В. Кузьміної, Н.В. Кухарева, В.О. Сластьоніна та інших.

Питання підготовки вчителя в умовах інформатизації освіти висвітлюються в працях С.О. Гунька, Ю.О. Жука, О.В. Майбороди, Е.М. Разинкіної, І.М. Смирнової, С.І. Тадіян, О.Є. Трофімова, О.І. Шиман тощо.

Додатково нами було проведено анкетування вчителів Сумщини, а також студентів, магістрантів СумДПУ ім. А.С. Макаренка, яке виявило потребу у вивченні комп'ютерного інструментарію та програм динамічної математики.

Так на питання «Чи бажаєте Ви у професійній діяльності використовувати електронні освітні ресурси?» 93% опитаних вказали відповідь «Так» і лише 7% – відповідь «Ні».

Відповіді на питання «Як часто у професійній діяльності Ви використовуєте електронні освітні ресурси?»: не використовую – 7%; не менше разу на день – 23%; не менше разу на тиждень – 47 %; не менше разу на місяць – 13%; не менше разу на чверть – 10%.

Показовим є те, що більшість вчителів розуміють важливість і необхідність використання комп'ютерних програмних засобів у своїй діяльності. Про це свідчать відповіді на питання «Чи потрібно, на Вашу думку, вчителю математики володіти комп'ютерними програмними засобами математичного спрямування?» (позитивно відповіли 83% респондентів).

Також вчителям було запропоновано відповісти на запитання «Які електронні ресурси, на Вашу думку, сьогодні варто використовувати в навчанні математики?». Відповіді розподілилися наступним чином «Програми динамічної математики» – 47%; «Системи комп'ютерної математики» – 30%; «Електронні підручники» – 80%; «Віртуальні лабораторії» – 20%; «Інше» – 3% (рис. 1).

Серед різних електронних освітніх ресурсів в навчанні математики уподобання вчителів розподілилися наступним чином: «*Gran*» – 7%; «*GeoGebra*» – 7%; «*DG*» – 3%; «*MathKit*» – 43%; «*Живая математика*» – 20%; «*Maple*» – 3%; «*Maxima*» – 7%; «Електронні підручники» – 70%; «Презентації *Power Point*» – 73%; «Системи комп'ютерного тестування» – 50% (рис. 2).

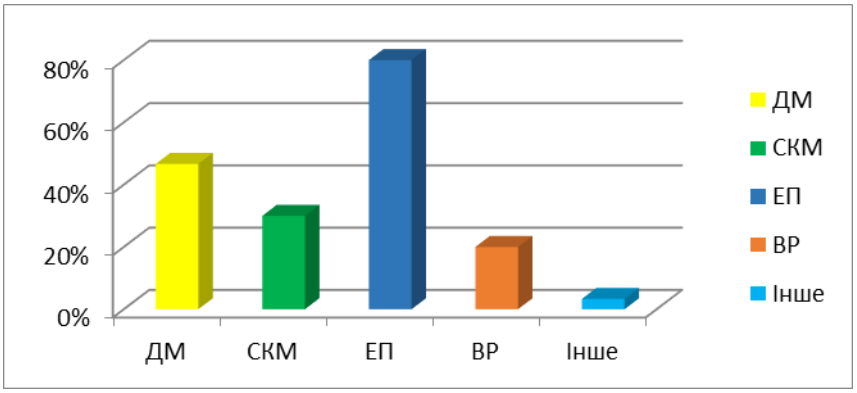


Рис. 1

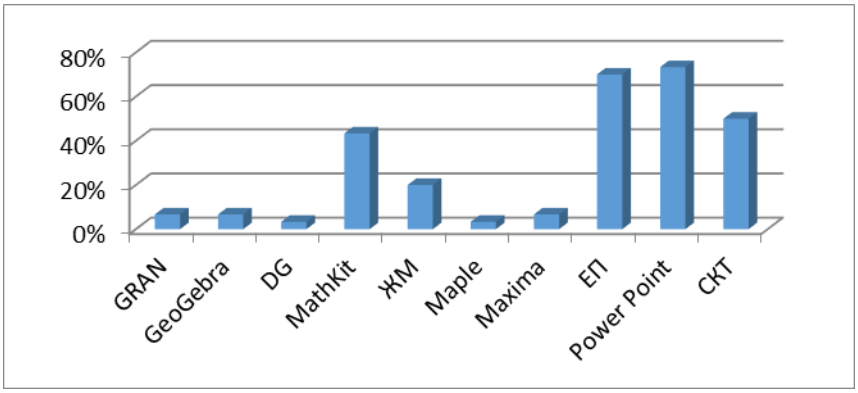


Рис. 2

Відповіді на запитання «Яку з наведених програм Ви б хотіли вивчити?» розподілилися наступним чином «*Gran*» – 33%; «*GeoGebra*» – 33%; «*DG*» – 20%; «*MathKit*» – 33%; «*Живая математика*» – 37%; «*Cabri*» – 13%; «*Maple*» – 20%; «*Maxima*» – 23%; «Жодну» –2% (рис. 3).

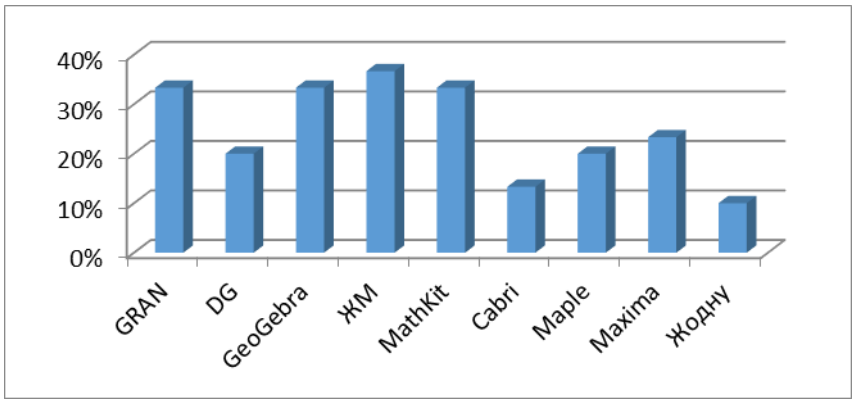


Рис. 3

Проведене анкетування та аналіз праць науковців засвідчили, що у педагогічній науці накопичено певний досвід використання і впровадження інформаційних технологій в освіту. Водночас ряд аспектів потребує подальшого вивчення, зокрема недостатньо досліджено процес формування у майбутніх вчителів технологічних вмінь використовувати інформаційні технології у професійній діяльності, який неможливий без оцінки напрацьованого у галузі. Тому нами було проведено огляд навчальних курсів, покликаних сформувати уміння та навички використовувати у професійній діяльності вчителя математичні програмні засоби. Зокрема, нами вивчалися навчальні плани математичних спеціальностей, які зафіксовані або у дисертаційних дослідженнях, або викладені на офіційних сайтах вищих навчальних закладів.

У таблиці 1 наведені короткі характеристики навчальних курсів, які передбачають вивчення програмних засобів математичного спрямування.

Основна мета цих навчальних курсів полягає в отриманні предметних знань та напрацюванні навичок розв’язування математичних задач, розробки алгоритмів та реалізації їх у вигляді комп’ютерних програм.

Серед завдань згаданих курсів:

1) вивчення базових принципів роботи систем комп’ютерної математики (СКМ) та програм динамічної математики (ПМД);

2) розвиток вміння аналізу та практичної інтерпретації отриманих математичних результатів;

3) напрацювання вмінь та навичок самостійного вивчення спеціальної літератури, користування довідковими матеріалами і посібниками, необхідними для розв’язування практичних завдань.

У результаті освоєння курсів студент повинен володіти компетенціями:

1) загальнокультурними (мати уявлення про сучасний стан та проблеми математики, історії та методології її розвитку; здатністю використовувати поглиблені теоретичні і практичні знання в галузі математики; здатністю породжувати нові ідеї і демонструвати навички самостійної науково-дослідної роботи та роботи в науковому колективі; здатністю і готовністю до активного спілкування в науковій, виробничій та соціально-громадській сферах діяльності;

2) професійними: (здатністю розробляти концептуальні та теоретичні моделі наукових проблем і задач; здатністю проводити семінарські та практичні заняття з

учнями, а також лекційні заняття спецкурсів за профілем спеціалізації; здатністю розробляти навчально-методичні комплекси для електронного та мобільного навчання;

Таблиця 1

Назва курсу і відповідне програмне забезпечення	ВНЗ	Спеціальність	К-ть годин Ауд / С.р	Форма контролю	Основні розділи
Елементи комп'ютерної математики / *Mathematica*	Полтавський державний педагогічний університет ім. В. Г. Короленка	Математика*	72 / 54	Зал.	Система *Mathematica* Символьні обчислення. Розв'язування диференціальних рівнянь. Графічні можливості системи *Mathematica.* Програмування в системі *Mathematica.*
Системи комп'ютерної математики та їх використання у навчальному процесі / *Maple, Sage*	Національний педагогічний університет ім. М.П. Драгоманова	Інформатика*	64/80	Зал.	Комп'ютерна математика. Системи комп'ютерної математики. Основи роботи у СКМ *Maple.* Основи роботи у СКМ *Sage.*
Застосування комп'ютерних технологій до розв'язування задач аналізу / *Maple*	Харківський державний педагогічний університет ім. Г.С. Сковороди	Математика*	72/54	Зал.	Математичний пакет *Maple.* Застосування пакету *Maple* у лінійній алгебрі та диференціальних рівняннях.
Інформаційно-комунікаційні засоби навчання математики / *Gran1* *Gran2D* *Gran3D*	м. Кривий Ріг	Математика	36 / 18	Зал.	ППЗ навчання математики (5-6 кл.), алгебри (7-9 кл.) Інформаційно-комунікаційні засоби навчання геометрії (7-9 кл.)

Назва курсу і відповідне програмне забезпечення	ВНЗ	Спеціальність	К-ть годин Ауд / С.р	Форма контролю	Основні розділи
Методи комп'ютерної математики / *MathCad* *MatLab* *Mathematica* *Maple*	Московський державний університет ім. М.В. Ломоносова	Математика	14/14	Екз.	Символьні перетворення та чисельні алгоритми. Кодування. Візуалізація функцій однієї та кількох змінних. Моделювання руху. Символьні та чисельні методи лінійної алгебри
Моделювання многогранників у комп'ютерній системі *Maple* (в рамках дисципліни «Елементарна математика»)	Московський державний педагогічний університет	Математика*	12 / 12	Зал.	Багатогранники та їх властивості. Опуклі багатогранники та їх властивості. Правильні багатогранники. Зірчасті багатогранники.
Системи комп'ютерної математики / *Maple*	Тюменський державний університет	Прикладна математика	34 / 44	Зал.	Основні правила роботи в *Maple*. Рівняння і нерівності. Графіки на площині і в просторі. Завдання аналітичної геометрії, лінійної алгебри та математичного аналізу. Програмування: найпростіші приклади.

Назва курсу і відповідне програмне забезпечення	ВНЗ	Спеціальність	К-ть годин Ауд / С.р	Форма контролю	Основні розділи
Системи комп'ютерної математики / *MatLab*	Тюменський державний університет	Прикладна математика	36 / 46	Зал.	Основні правила роботи в системі *MatLab*. Графіки на площині. Спеціальна графіка системи *MatLab*. Вектори і матриці. Графіки функцій двох змінних. Розв'язування рівнянь. Знаходження екстремумів функцій. Інтегрування. Системи лінійних рівнянь. Диференціальні рівняння. Основи програмування.
Системи комп'ютерної математики / *MathCad* *MatLab* *Mathematica* *Maple*	Далекосхідний федеральний університет	Прикладна математика та інформатика	54 / 54	Екз.	Системи комп'ютерної математики (СКМ) СКМ *MathCad* СКМ *Maple* СКМ *Mathematica* СКМ *MatLab*

У результаті освоєння курсів студент повинен:

– *знати* основні прийоми роботи з комп'ютерними програмами у галузі математики, а також способи аналізу отриманої інформації;

– *вміти* практично реалізовувати вивчені алгоритми, а також при необхідності модифікувати їх;

– *володіти* навичками роботи з уже написаним програмним забезпеченням, знати його переваги і недоліки.

Додатково нами було проаналізовано спецкурси, які вивчаються на базі Сумського педагогічного університету імені А.С. Макаренка.

Спецкурс «Обчислювальний практикум»[1]

Мета навчального курсу – освоєння сучасного програмного забезпечення в галузі математики [2].

Завдання:

– формування та закріплення навичок роботи з програмним забезпеченням математичного спрямування;

– розширення знань про прикладні математичні пакети;

– поглиблення знань інформаційних технологій в галузі математичного моделювання.

У результаті вивчення дисципліни студенти повинні:

– *знати* призначення та роль комп'ютерного програмного забезпечення, призначення та основні сфери використання пакету *Maple*, прийоми роботи у *Maple*;

– *вміти* аналізувати літературу з проблем комп'ютерного програмного забезпечення математичного спрямування, розв'язувати типові задачі курсу математики з використанням *Maple*, моделювати процеси в середовищі пакету *Maple*, проводити обчислення та створювати графічні інтерпретації модельованих процесів.

Вивчення спецкурсу здійснювалося протягом 54 аудиторних робіт. Форма контролю – залік.

Спецкурс «Застосування комп'ютера при вивченні математики»[2]

Мета – визначити шляхи використання ІТ для підтримки вивчення шкільного курсу математики (планіметрії, стереометрії, елементів алгебри і початків аналізу) [1].

Завдання дисципліни:

– знайомство з різним програмним забезпеченням математичного спрямування;

– формування умінь використовувати різні програмні засоби для розв'язування задач шкільного курсу математики;

– розвиток конструктивних умінь за рахунок математичного комп'ютерного інструментарію.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні *знати:*

1) ППЗ навчання математики, їх класифікацію;
2) особливості використання окремих ППЗ на уроках математики.

Після вивчення спецкурсу студенти повинні *уміти:*

1) аналізувати літературу з проблем використання ПЗ у галузі шкільної математики;
2) вміти розв'язувати типові задачі шкільного курсу засобами ІТ:
   - побудова графічних зображень плоских фігур;
   - вимірювання довжини відрізків і величин кутів;
   - обчислення довжин ланок ламаних і площ областей, обмежених замкненими ламаними;
   - розв'язування і дослідження розв'язків задач на побудову;
   - розв'язування трикутників;
   - обчислення площ, периметрів, кутів многокутників;
   - побудова графічних зображень просторових фігур за допомогою комп'ютера;

[1] Програма спецкурсу була дійсна на початок 2014 року

[2] Програма курсу була дійсна на початок 2013 року

- обчислення довжин ребер, висот, площ граней, бічних і повних поверхонь, об’ємів многокутників;
- обчислення об’ємів і площ поверхонь паралелепіпеда, піраміди, зрізаної піраміди, циліндра, конуса, зрізаного конуса, кулі;
- аналіз перетину многогранника площиною;
- обчислення об’ємів і площ поверхонь тіл, обмежених поверхнями, що утворюються обертанням ламаних і кривих ліній навколо однієї з координатних осей;
- тотожні перетворення алгебраїчних виразів за допомогою комп’ютера;
- побудова графіків і дослідження функцій;
- обернені функції та побудова їх графіків;
- графічне і символьне розв'язування рівнянь і нерівностей та їх систем;
- чисельне і символьне відшукання похідних функцій;
- з’ясування властивостей похідних функцій;
- відшукання первісних та обчислення визначених інтегралів;
- наближене обчислення за допомогою комп'ютера довжин кривих ліній та площ криволінійних трапецій з використання ламаних ліній;
- набір спостережених даних та побудова на їх основі варіаційного ряду;
- дискретні та неперервні розподіли статистичних ймовірностей та їх дослідження;
- многокутник дискретного розподілу та гістограма неперервного розподілу статистичних ймовірностей та їх побудова;
- функції дискретного та неперервного розподілів статистичних ймовірностей та побудова їх графіків;
- визначення числових характеристик розподілів статистичних ймовірностей;
- обчислення статистичних ймовірностей випадкових подій при заданих розподілах статистичних ймовірностей.

Структура спецкурсу наведена у таблиці 2.

Таблиця 2

Назви змістових модулів	**Кількість годин**				
	Усього	**у тому числі**			
		лек	**пр**	**лаб**	**ср**
Змістовий модуль 1. Програми динамічної математики	64	8		26	30
Змістовий модуль 2. Проектні технології навчання математики	62	2		14	46
Усього годин	**126**	**10**		**40**	**76**

Аналіз наведених спецкурсів дозволяє припустити, що на їх основі можливе формування вмінь використовувати ПЗ математичного спрямування майбутнім вчителем математики. При цьому:

1) на вивчення розглянутих спецкурсів відводиться від 24 годин (Московський державний педагогічний університет) до 144 годин (Національний педагогічний університет ім. М.П. Драгоманова);

2) вивчаються програмні засоби математичного спрямування: системи комп’ютерної математики (*Maple, Mathematica*, *MathCad, MatLab)* та програми динамічної математики (*Gran1, Gran2D, Gran3D, DG, GeoGebra*), причому як разом, так і окремо;

3) мета вивчення розглянутих спецкурсів різниться відповідно до навчального закладу та спеціальності, на якій вивчається відповідний спецкурс.

Також відзначається, що використання комп'ютерних засобів на заняттях з математики не зводиться тільки до технічної сторони навчання, хоча їх застосування передбачає досить високий рівень оснащення навчальних приміщень і робочих місць. Не зводиться проблема і до методичної сторони, хоча вчитель повинен бути впевненим у своїх знаннях і можливостях використовувати програмний засіб. Змістова сторона передбачає органічну єдність змісту інформаційно-дидактичних матеріалів, що представляється за допомогою комп'ютерного засобу, із змістом і логікою самого заняття. Сутність комплексного застосування комп'ютерних засобів на уроках математики пов'язано з їх здатністю активізувати мислення учнів та додати проблемного характеру навчально-пізнавальній діяльності, що неможливо без володіння вчителем комп'ютерним інструментарієм та бажанням і готовністю його використати.

Список використаних джерел

1. Семеніхіна О.В. Система комп'ютерної математики Maple: [методичні вказівки] / О.В. Семеніхіна, М.Г. Друшляк, В.Г. Шамоня. – Суми: СумДПУ ім. А.С. Макаренка, 2014. – 132 с.
2. Семеніхіна О.В. Використання інформаційних технологій при вивченні математики: [методичні вказівки до спецкурсу] / О.В. Семеніхіна, М.Г. Друшляк. – Суми: СумДПУ ім. А.С. Макаренка, 2013. – 122 с.
3. Семеніхіна О.В., Друшляк М.Г. Комп'ютерні інструменти програм динамічної математики і методичні проблеми їх використання [Електронний ресурс] / Семеніхіна Олена Володимирівна, Друшляк Марина Григорівна // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2014. – Том 42, № 4. – С. 109-117. – Режим доступу: http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/1055/813#.VDPbk2d_vE4
4. Elena Semenikhina, Marina Drushlyak. Computer Mathematical Tools: Practical Experience of Learning to use them // European Journal of Contemporary Education. – 2014. – Vol.(9), № 3. – Pp. 175-183.
5. Elena Semenikhina. Development of Dynamic Visual Skills SKM MAPLE among Future Teachers // European Journal of Contemporary Education. – 2014. – Vol.(10), № 4. – Pp. 265-272. (http://ejournal1.com/journals_n/1417761453.pdf)
6. Шамрай С.В. Уточнення переліку комп'ютерних математичних інструментів, необхідних вчителю математики // Фізико-математична освіта. Науковий журнал. – Суми : СумДПУ ім. А.С.Макаренка, 2014. – № 1 (2). – С.33-43
7. Семенихина Е.В. О необходимости введения спецкурсов по компьютерной математике / Елена Семенихина // Вестник ТулГУ. Серия Современные образовательные технологии в преподавании естественно-научных дисциплин. Вып.12. – Тула:Изд-во ТулГУ, 2013. – С.102-107.
8. Семенихина Е.В., Чашечникова О.С. К вопросу о формировании ИКТ-компетентности будущего учителя математики // Бюллетень лаборатории математического, естественнонаучного образования и информатизации. Т.5: Материалы Международной научно-практической конференции «ИКТ-компетенции современного педагога», г. Москва 20–21 марта 2013 г. – М.: ГБОУ ВПО МГПУ, 2013. – С. 49-53.

Анотація. Шамрай С. Спецкурси з вивчення програмних засобів математичного спрямування: порівняльний аналіз.

У статті розкривається питання вивчення комп'ютерних математичних інструментів та їх використання сучасними вчителями математики у своїй професійній діяльності. При цьому наводяться результати анкетування вчителів, щодо використання комп'ютерного інструментарію у їхній роботі. Проведено огляд навчальних курсів, покликаних сформувати уміння та навички використовувати у професійній діяльності вчителя математичні програмні засоби. Зокрема, розглянуті навчальні плани математичних спеціальностей, які зафіксовані або у дисертаційних дослідженнях, або викладені на офіційних сайтах вищих навчальних закладів. Опрацьовані програми узагальнено та систематизовано у таблицю, в якій наведені короткі характеристики навчальних курсів.

Ключові слова: математичний інструмент, комп'ютерна програма, комп'ютерний математичний інструмент, навчальний курс, навчальні плани.

Аннотация. Шамрай С. Спецкурсы по изучению программных средств математического направления: сравнительный анализ.

В статье раскрывается вопрос изучения компьютерных математических инструментов и их использование современными учителями математики в своей профессиональной деятельности. При этом приводятся результаты анкетирования учителей, по использованию компьютерного инструментария в их работе. Проведен обзор учебных курсов, призванных сформировать умения и навыки использовать в профессиональной деятельности учителя математические программные средства. В частности, рассмотрены учебные планы математических специальностей, которые зафиксированы или в диссертационных исследованиях, или выложены на официальных сайтах высших учебных заведений. Рассмотренные программы обобщены и систематизированы в таблицу, в которой приведены краткие характеристики учебных курсов.

Ключевые слова: математический инструмент, компьютерная программа, компьютерный математический инструмент, учебный курс, учебные планы.

Abstract. Shamray S. Special courses for the study of software for mathematical sciences: comparative analysis.

The article deals with the question of studying computer mathematical tools and their use of modern mathematics teachers in their professional activities. At the same time the results of the survey of teachers on the use of computer tools in their work. A review of training courses designed to create skills to use in the professional work of the teacher math software. In particular, we consider the curricula of mathematical specialties, which are fixed or thesis research, or posted on the official websites of higher education institutions. The above programs are summarized and organized into a table that summarizes the characteristics of the training courses.

Keywords: mathematical tool, computer software, computer mathematical tool, training course curricula.

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

Науковий журнал
ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА
Видається з 2013.

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

Шевченко І. С. Приклади візуалізації у навчанні математики // Фізико-математична освіта. Науковий журнал. – Суми : СумДПУ ім. А.С.Макаренка, 2014. – № 2 (3). – С. 65-78.

УДК 378.14

Інна Шевченко
Сумський державний педагогічний університет імені А.С. Макаренка, Україна

ПРИКЛАДИ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ У НАВЧАННІ МАТЕМАТИКИ

Сучасний етап розвитку людства характеризується глобальним зростанням обсягів різноманітної інформації, а практика сучасної школи свідчить про існування об’єктивної суперечності між обсягом знань, яким повинен оволодіти суб’єкт навчання, та традиційними способами засвоєння цих знань. До новацій у розв’язанні означеної суперечності наразі відносять технології візуалізації.

Зазначимо, що серед російських педагогів проблемами візуалізації навчання займався В.Ф. Шаталов. Його досвід використання у навчальному процесі опорних сигналів у свій час активно впроваджувався у шкільну практику. Новаторство цього досвіду полягає у створенні і використанні наочних схем, що охоплюють декілька параграфів матеріалу, який вивчається. Однак, зазначимо, що основою його методики є асоціативна модель запам’ятовування інформації. Ті асоціації, які використовував В.Ф. Шаталов для створення своїх опорних сигналів, є результатом його професійного досвіду, креативності та непересічних рис особистості. Тому, на жаль, цей досвід не здобув широкого впровадження в шкільну практику.

Процес візуалізації активно вивчається у сучасних дослідженнях науковців, серед яких Далінгер В.О., Резник Н.О., Арнхейм Р., Ерднієв Б.П., Бровка Н.В., Вербицький А.А., Селевко Г.К., Плотинський Ю.М. та інші.

Але, як показує аналіз навчальної літератури з математики, ця проблема ще не достатньо вивчена. Як наслідок, вчителі математики мало використовують ці методи в процесі навчання.

На нашу думку, саме технологія візуалізації навчальної інформації може стати основою нових методик навчання математики як у загальноосвітніх школах, так і у вищих навчальних закладах, оскільки мова математики – це, насамперед, мова

математичних моделей, символів, образів, які беззаперечно є частиною процесу візуалізації математичного знання.

Нижче наведемо приклади когнітивної візуалізації, розроблені науковцями та авторські варіанти когнітивної візуалізації.

1. Статичні схеми

Приклад. Довести нерівність $\frac{b-a}{b} < \int_a^b \frac{dx}{x} < \frac{b-a}{a}$ [1].

Нерівність стає очевидною, коли на рис. 1 оцінити площу криволінійної трапеції – вона обмежена знизу площею меншого прямокутника $(b-a)\frac{1}{b}$ і зверху площею більшого прямокутника $(b-a)\frac{1}{a}$.

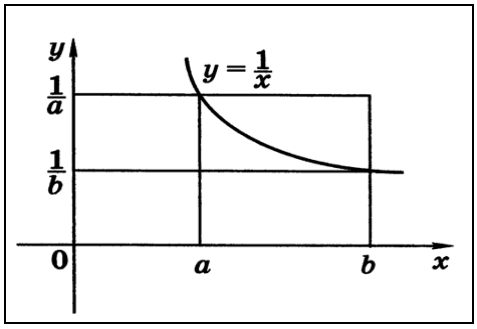


Рис. 1

Приклад 2. Довести, що $(a+b+c)^2 = a^2 + b^2 + c^2 + 2ab + 2ac + 2bc$ [1].

Рівність стає очевидною, коли звернутися до геометричного тлумачення квадрата числа – відрізки *a*, *b*, *c* розбивають квадрат на частини, сумарна площа яких стоїть праворуч у рівності і складає площу великого квадрата. Зауважимо, що рівність справедлива і для від'ємних *a*, *b*, *c*, але при цьому не є очевидною і вимагає іншого доведення.

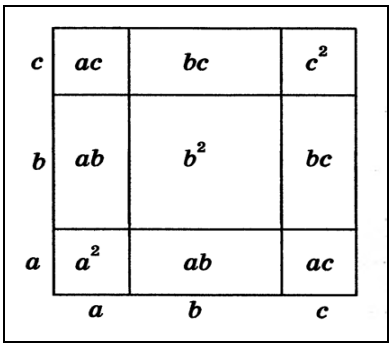


Рис. 2

Приклад 3. Довести нерівність $x + \frac{1}{x} \geq 2 \ (x \geq 1)$ [1].

Піднесемо обидві частини нерівності до квадрату і звернемося до геометричної інтерпретації (рис. 3).

$$(x + \frac{1}{x})^2 \geq 4, \qquad x + \frac{1}{x} \geq 2$$

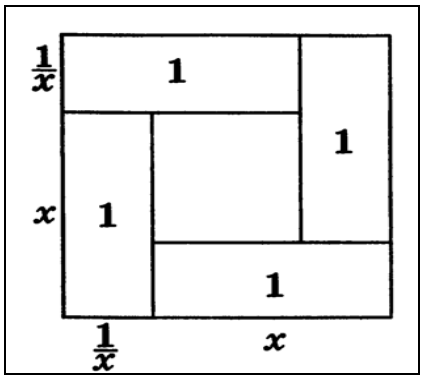


Рис. 3

Приклад. Довести формулу $\sin(x-y) = \sin x \cos y - \sin y \cos x$ [1].

На рис. 4 унаочнена ідея доведення, яку нижче зафіксовано аналітичними викладками.

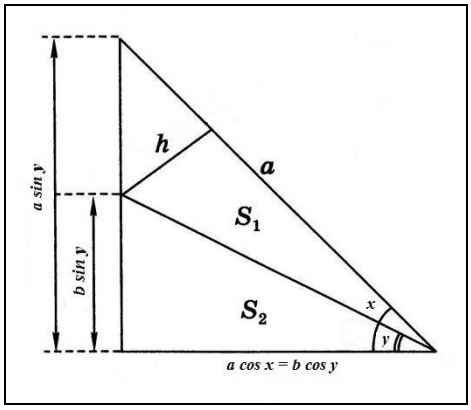


Рис. 4

$$s = s_1 + s_2,\ s_1 = s - s_2,\ h = b \cdot \sin(x-y)$$

$$S = \frac{1}{2} \cdot a \cdot \sin x \cdot\ b \cdot \cos y,\ s_2 = \frac{1}{2} \cdot b \cdot \sin y \cdot a \cdot \cos x$$

$$S - S_2 = \frac{1}{2} \cdot a \cdot b \cdot (\sin x \cdot \cos y - \sin y \cdot \cos x)$$

$$s_1 = \frac{1}{2} \cdot h \cdot a = \frac{1}{2} \cdot a \cdot b \cdot \sin(x-y)$$

$$s_1 = s - s_2 \Rightarrow$$

$$\frac{1}{2} \cdot a \cdot b \cdot (\sin x \cdot \cos y - \sin y \cdot \cos x) = \frac{1}{2} \cdot a \cdot b \cdot \sin(x-y) \Rightarrow$$

$$\sin(x-y) = \sin x \cos y - \sin y \cos x$$

Приклад. Навчальне теоретичне дослідження зі сторінок навчального посібника «Візуальна алгебра. Многочлени» (рис. 5) [2].

Приклад. На базі лабораторії використання інформаційних технологій в освіті (фізико-математичний факультет Сумського державного педагогічного університету імені А.С. Макаренка) (науковий керівник – Семеніхіна О.В.) розроблялися візуальні дидактичні матеріали з курсу аналітичної геометрії, які частково вивчаються у шкільному курсі математики: пряма у просторі, площина у просторі (рис. 6-7) (геометрія 10 клас) [3].

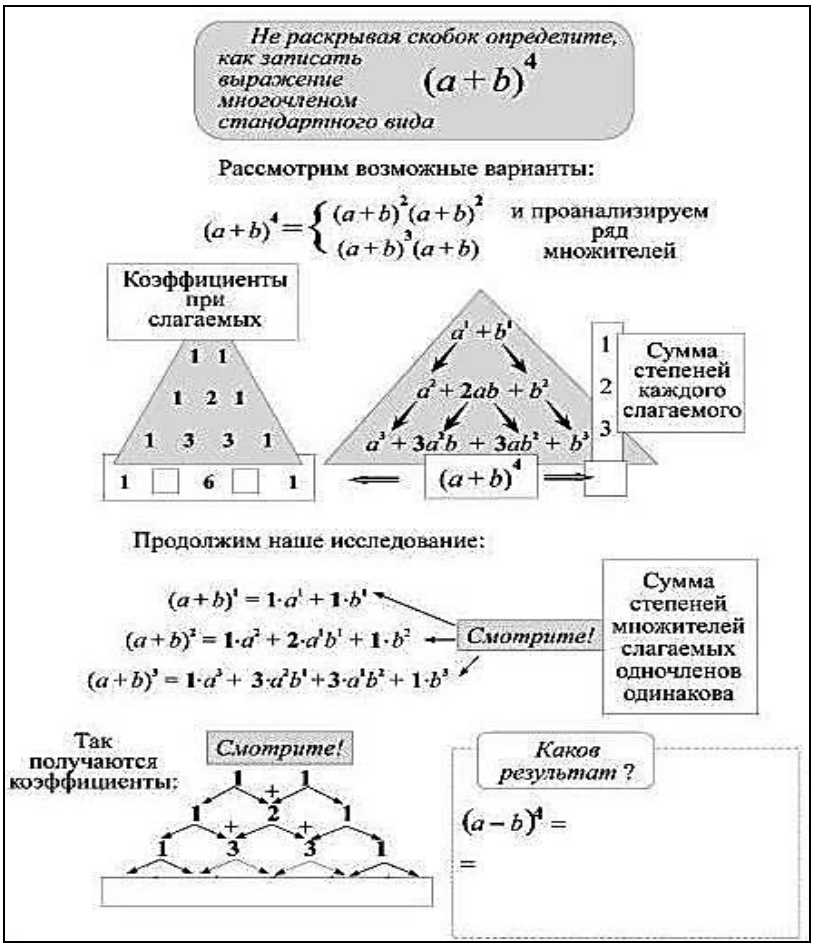


Рис. 5

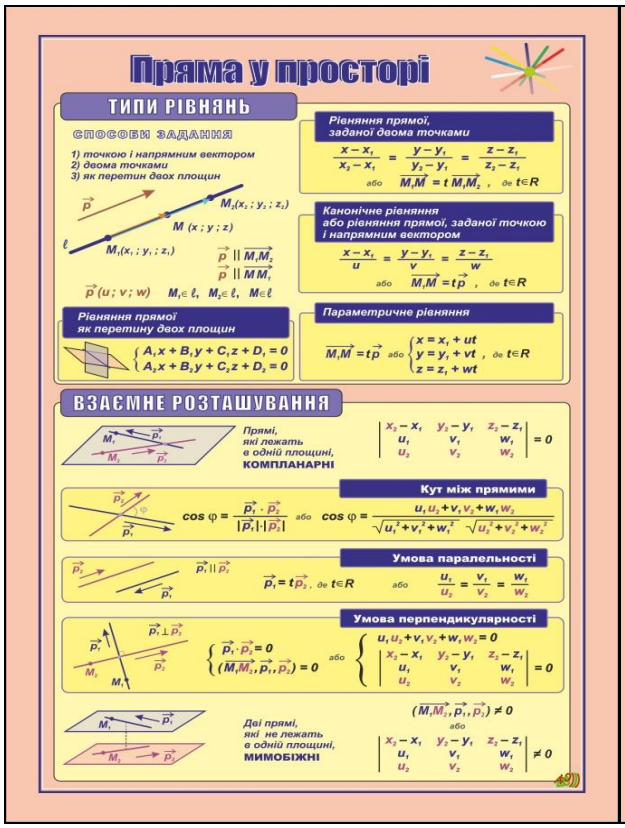


Рис. 6

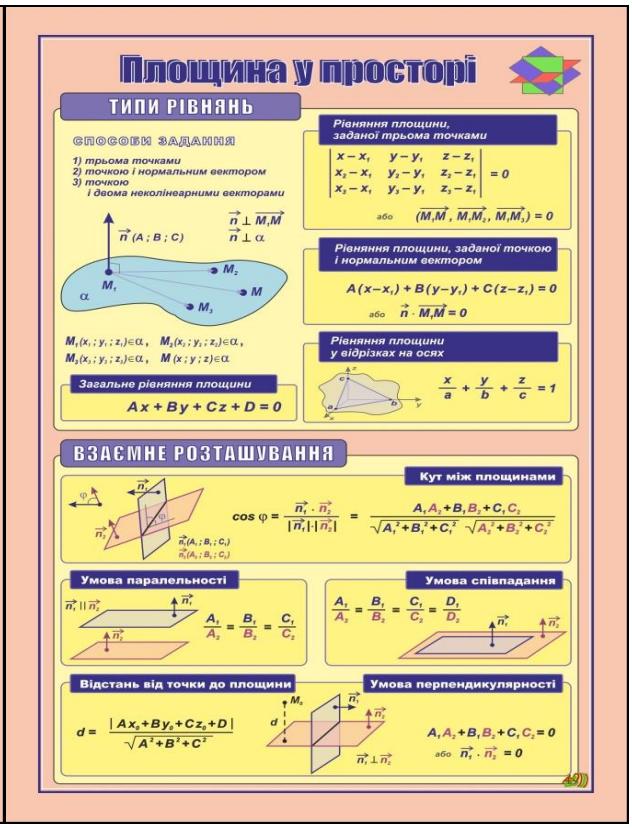
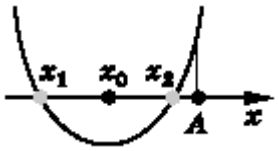
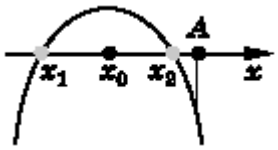
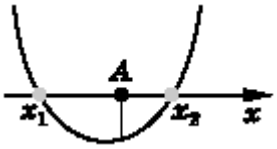
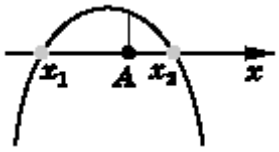
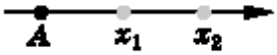
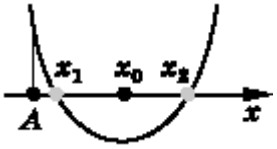
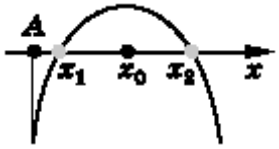
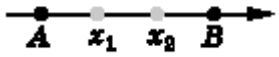
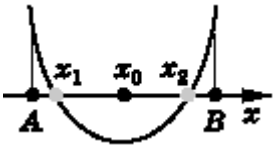
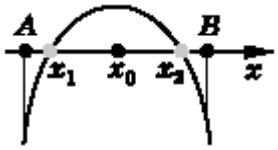
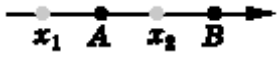
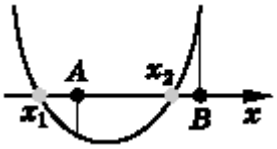
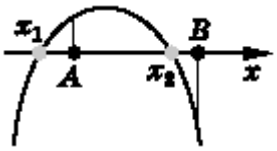
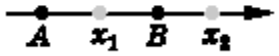
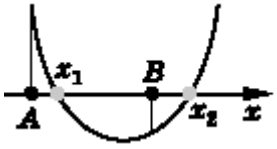
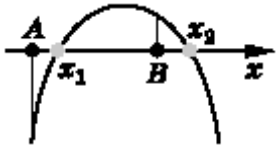
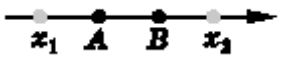
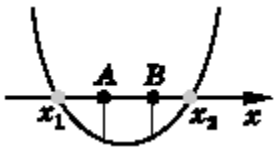
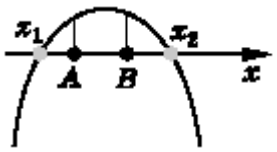


Рис. 7

Приклад 8. Розташування коренів квадратного тричлена.

У таблиці 1 наведені аналітичні умови розташування коренів та їх геометрична інтерпретація.

Таблиця 1

Розміщення коренів	*Необхідні і достатні умови розміщення коренів*		
	при a>0	*при a<0*	*у загальному випадку a≠0*
1. $x_1<A$, $x_2<A$,	$f(A)>0$, $D\geq 0$, $x_0<A$ 	$f(A)<0$, $D\geq 0$, $x_0<A$ 	$\begin{cases} a\cdot f(A)>0, \\ D\geq 0, \\ x_0<A \end{cases}$
2. $x_1<A<x_2$	$f(A)<0$ 	$f(A)>0$ 	$a\cdot f(A)<0$
3. $x_1>A$, $x_2>A$ 	$f(A)>0$, $D\geq 0$, $x_0>A$ 	$f(A)<0$, $D\geq 0$, $x_0>A$ 	$\begin{cases} a\cdot f(A)>0, \\ D\geq 0, \\ x_0>A \end{cases}$
4. $A<x_1<B$ $A<x_2<B$ 	$f(A)>0$, $f(B)>0$ $D\geq 0$, $A<x_0<B$ 	$f(A)<0$, $f(B)<0$ $D\geq 0$, $A<x_0<B$ 	$\begin{cases} a\cdot f(A)>0 \\ a\cdot f(B)>0 \\ D\geq 0 \\ A<x_0<B \end{cases}$
5. $x_1<A$ $A<x_2<B$ 	$f(A)<0$, $f(B)>0$ 	$f(A)>0$, $f(B)<0$ 	$\begin{cases} a\cdot f(A)<0 \\ a\cdot f(B)<0 \end{cases}$
6. $A<x_1<B$ $x_2>B$ 	$f(A)>0$, $f(B)<0$ 	$f(A)<0$, $f(B)>0$ 	$\begin{cases} a\cdot f(A)>0 \\ a\cdot f(B)<0 \end{cases}$
7. $x_1<A$ $x_2>B$ 	$f(A)<0$, $f(B)<0$ 	$f(A)>0$, $f(B)>0$ 	$\begin{cases} a\cdot f(A)<0 \\ a\cdot f(B)<0 \end{cases}$

2. Динамічні моделі

Приклад. Візуальні дидактичні матеріали у вигляді слайд-фільму на тему «Чудові кути першої чверті тригонометричного кола» [4].

Фільм показує, як на аркуші в клітинку за допомогою ручки і циркуля можна без транспортира досить точно побудувати чудові кути (рис.8).

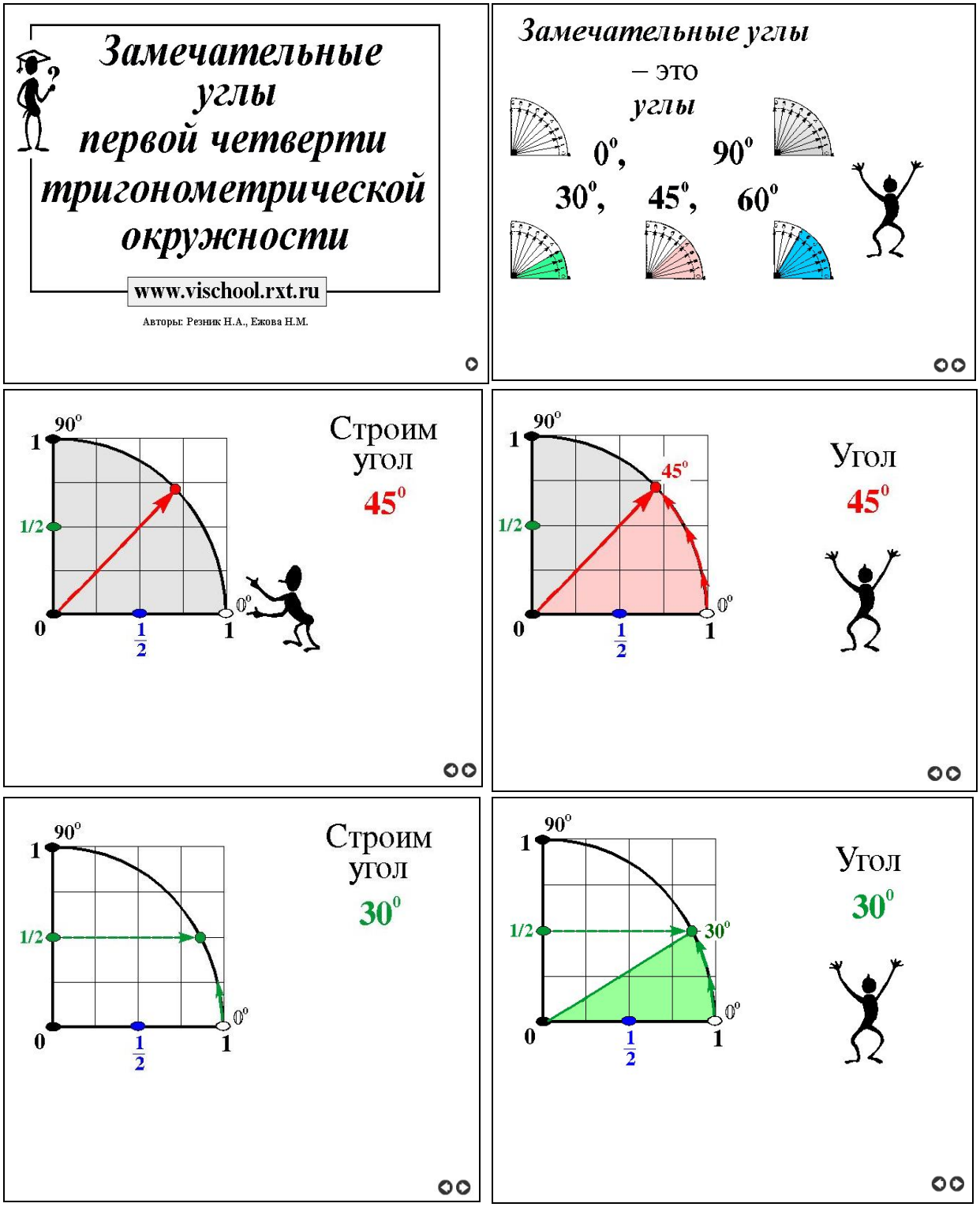
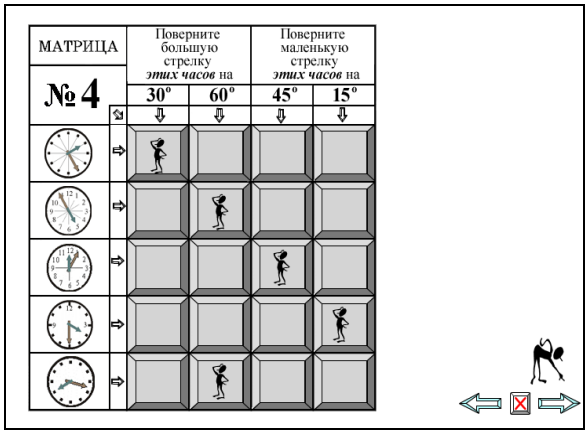


Рис. 8

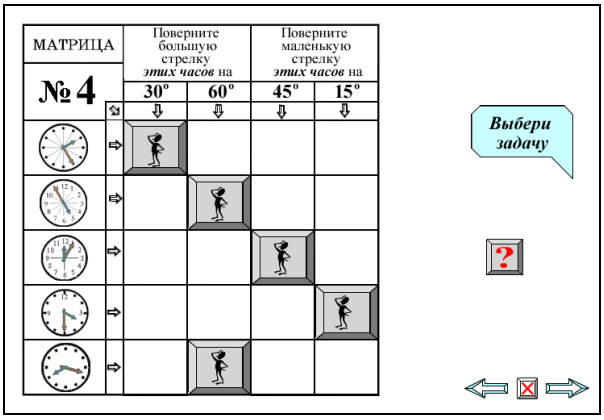
Приклад. Матриця «Гострі кути на старовинному годиннику» (рис. 9) [5].

Автор пропонує інтерактивний міні-задачник, який називає матрицею. Завдання першого рядка – найлегші, відповіді до них можуть формуватися з міркувань здорового глузду. Завдання наступних рядків поступово ускладнюються. Рівень складності завдань третього рядка відповідає стандартним завданням і прикладам шкільної програми. Четвертий і п'ятий рядки містять завдання з більш складним змістом. Таким чином, послідовно розв’язуючи приклади якого-небудь конкретного стовпця, можна удосконалювати необхідні вміння та навички. Задачі складені так, щоб їх розв’язання забезпечувалося "елементарною" розумовою операцією, не вимагало громіздких обґрунтувань, тривалих міркувань і перетворень.

а) головна сторінка

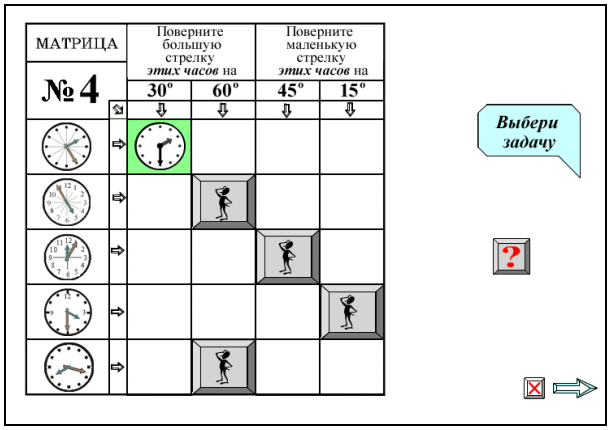


б) вибір завдань

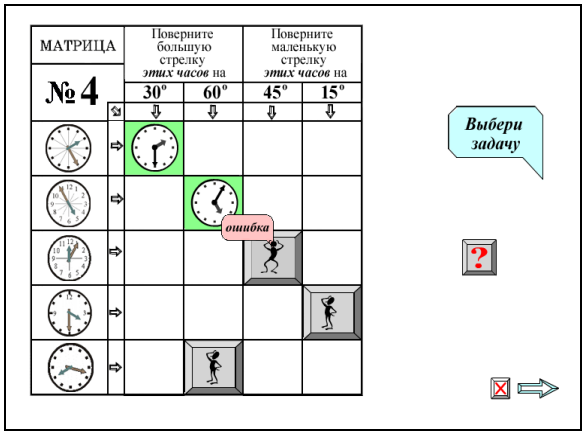


в) обрані завдання

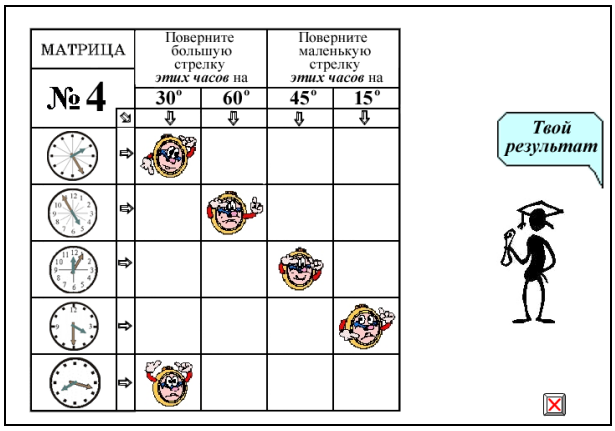
г) правильно виконане завдання



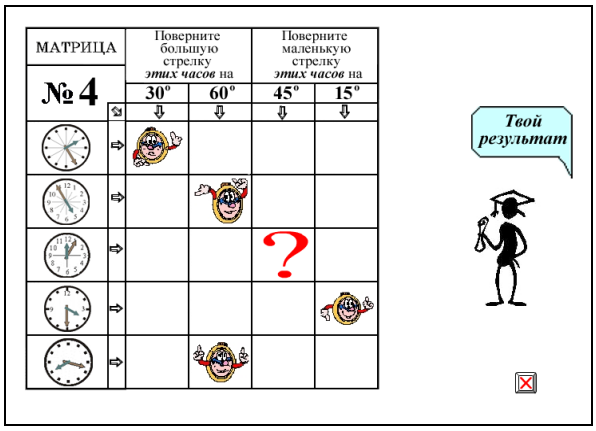
д) правильно виконане завдання



е) неправильно виконане завдання



є) результат без помилок



ж) результат з помилками

Рис. 9

3. Комп’ютерні дидактичні матеріали

Нами розроблені візуалізовані динамічні завдання, які можна виконувати у програмному середовищі математичного спрямування Математичний конструктор.

Завдяки використанню програмного середовища учні можуть переконатися у певних особливостях фігур, що робить процес візуалізації навчальної інформації більш ефективним. Пропоновані нами приклади носять дослідницький характер, тому вони можуть допомогти учням краще сприйняти матеріал, засвоїти його на емпіричному рівні та у подальшому застосовувати при виконанні завдань.

Приклад. Сума кутів будь-якого трикутника дорівнює 180º.

У ході виконання завдання учням необхідно:

1) побудувати довільний трикутник (рис. 10);
2) визначити суму його кутів;
3) змінити положення вершин трикутника (рис. 11);
4) спостерігати за сумою кутів трикутника.

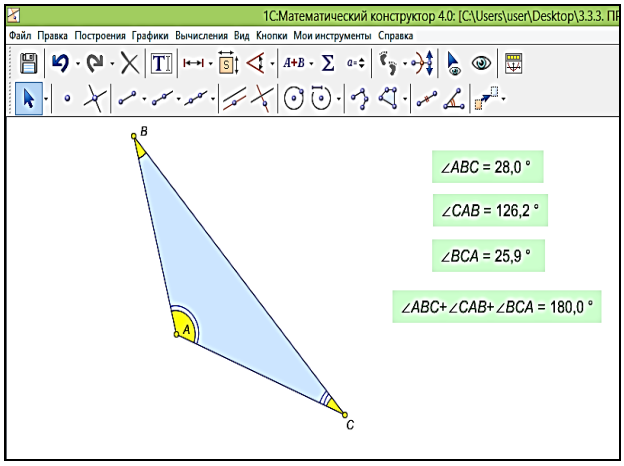


Рис. 10

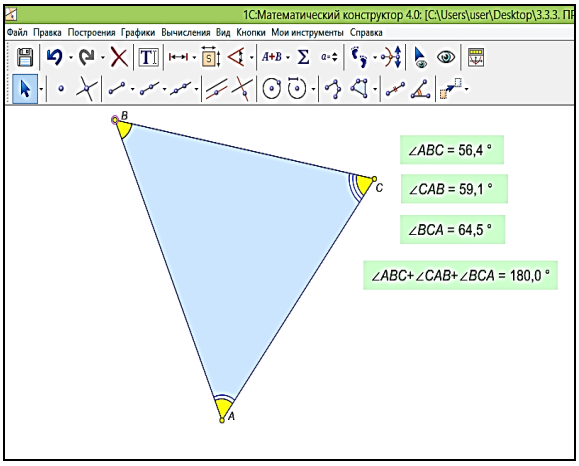


Рис. 11

Приклад. Три медіани трикутника перетинаються в одній точці, яка ділить медіани у відношенні 2:1, рахуючи від вершини.

Етапи виконання завдання:

1) побудувати довільний трикутник;
2) побудувати медіани трикутника;
3) визначити довжини медіан та відношення їх частин (рис. 12);
4) змінити положення вершин трикутника (рис. 13);
5) спостерігати за довжиною медіан та відношенням їх частин.

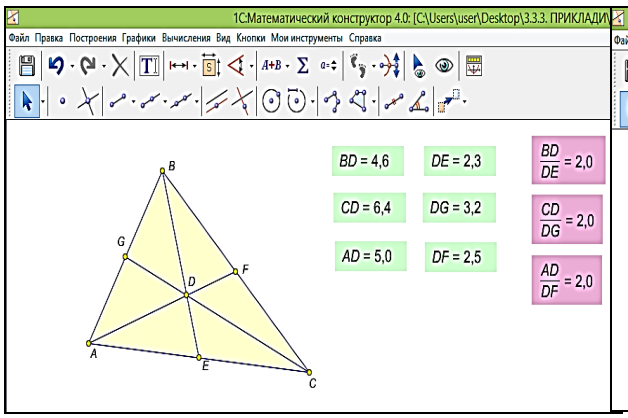


Рис. 12

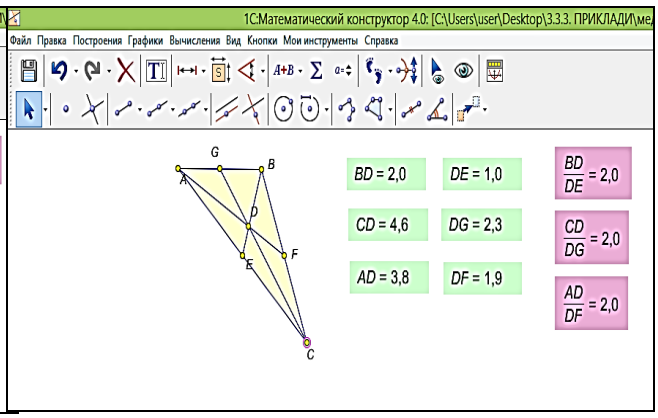


Рис. 13

Приклад. Середня лінія трикутника, яка сполучає середини двох даних сторін, дорівнює половині третьої сторони.

Для виконання завдання учням необхідно:

1) побудувати довільний трикутник;
2) побудувати середню лінію трикутника;
3) визначити відношення довжини середньої лінії трикутника до його основи (рис. 14);
4) змінити положення вершин трикутника;
5) спостерігати за відношення довжини середньої лінії трикутника до його основи (рис. 15).

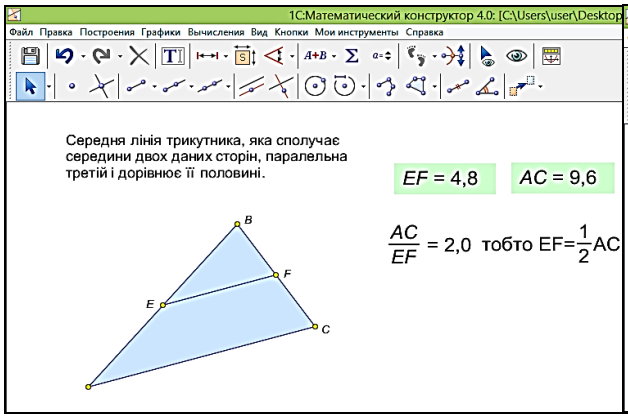


Рис. 14

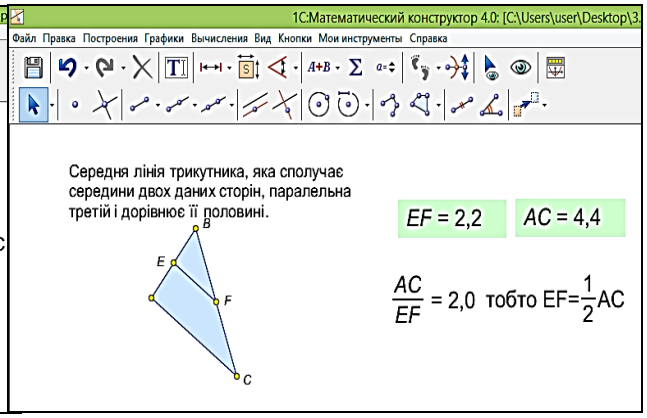


Рис. 15

Приклад. Показати, що сума квадратів діагоналей паралелограма дорівнює сумі квадратів його сторін.

Виконуючи дане завдання необхідно:

1) побудувати довільний паралелограм та його діагоналі;
2) визначити значення довжин сторін та діагоналей паралелограма;
3) обчислити суму квадратів діагоналей, суму квадратів сторін паралелограма (рис. 16-17);
4) прирівняти отримані суми;

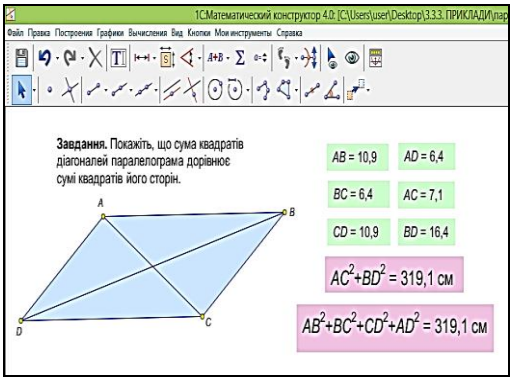


Рис. 16

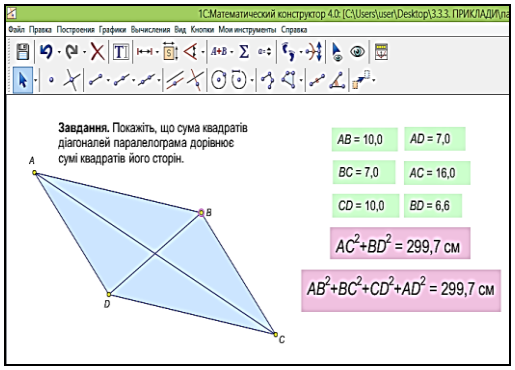


Рис. 17

5) змінити положення вершин паралелограма (рис.17);
6) спостерігати за рівністю сум.

Приклад. Побудувати:
1) медіану до сторони АС;
2) висоту, опущена з вершини С;
3) середню лінію трикутника, паралельну до сторони АС.

При виконанні даного завдання учням необхідно побудувати медіану, висоту та середню лінію трикутника лише за допомогою інструмента «Відрізок». Також є можливість одразу перевірити правильність побудови, натиснувши кнопку «Перевірити відповідь» біля відповідного завдання (рис. 18 – 20).

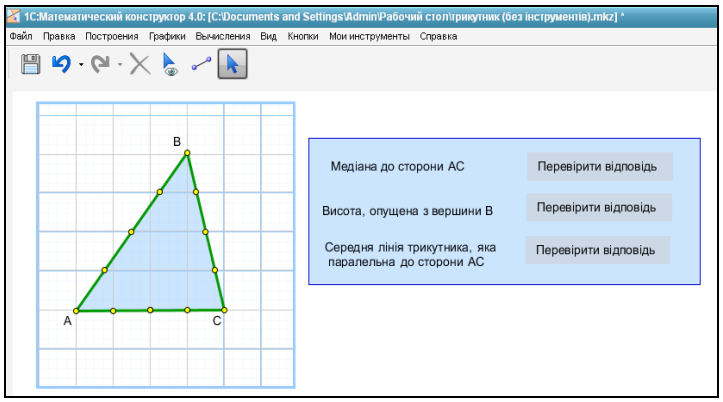


Рис. 18

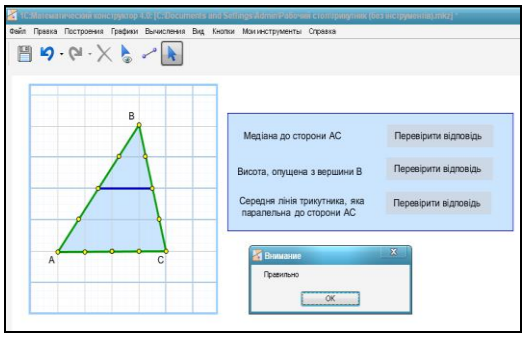


Рис. 19

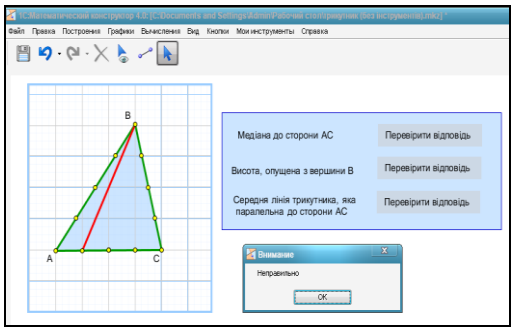


Рис. 20

Приклад. Побудувати графік функції $y = a \cdot \sin(x - b) + c$ та дослідити залежність графіка від параметрів *a*, *b*, *c*.

Виконуючи дане завдання учні можуть прослідкувати за зміною вигляду графіка в залежності від значення параметрів (рис. 21).

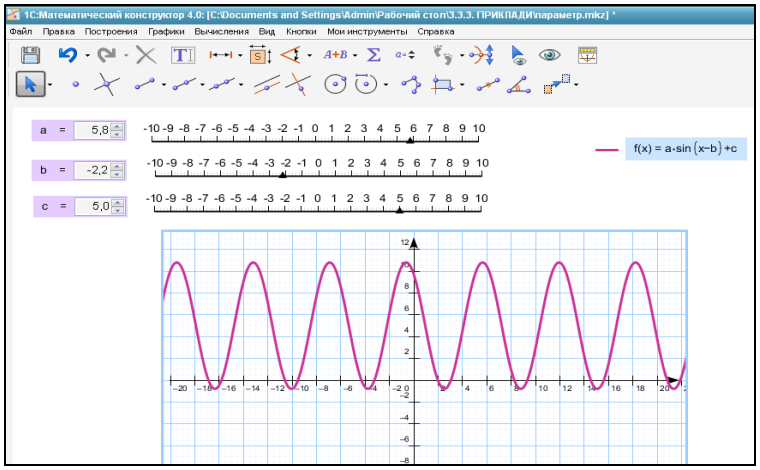


Рис. 21

Приклад. Скільки розв'язків має система $\begin{cases} |x| + |y| = a, \\ x^2 + y^2 = 4 \end{cases}$ в залежності від параметра *a*?

Учням необхідно за допомогою графіків функцій, змінюючи значення параметра *a,* визначити кількість розв'язків даної системи (рис. 22). Також одразу учень може перевірити себе, давши відповіді та перевірити їх правильність.

Проведене нами дослідження використання таких візуалізованих завдань дає підстави стверджувати наступне.

1. В умовах інформатизації суспільства особливого значення набуває проблема візуалізації навчального матеріалу, на основі якої можливим є розвиток візуального мислення учнів і яка виділена як один з пріоритетних напрямків розвиваючої функції математики.

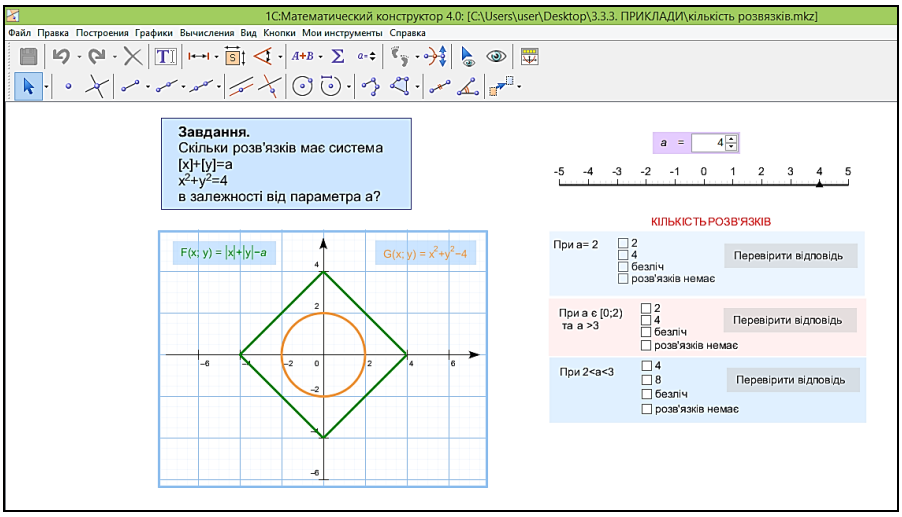


Рис. 22

2. Аналіз наукових джерел підтвердив, що застосування візуалізації є необхідною умовою успішного навчання, оскільки унаочнення навчального матеріалу підвищує ефективність уроку, допомагає подолати формалізм, пожвавлює навчальний процес, збуджує ініціативу та мислення учнів, привчає їх до аналізу та узагальнення. Уміле використання візуалізації у процесі навчання сприяє розвитку самостійності, активності, творчої пізнавальної діяльності учнів, що значною мірою забезпечує підготовку їх до самостійної практичної роботи.

3. Навчання математики часто спирається на наочні образи, тому природною буде побудова процесу навчання на основі когнітивно-візуального (візуально-пізнавального) підходу, що дозволяє максимально використовувати потенційні можливості візуального мислення. Одна з центральних ідей такого підходу – широке і цілеспрямоване використання пізнавальної функції наочності. Когнітивно-візуальний підхід будується на активному і цілеспрямованому використанні резервів візуального мислення, він припускає перенесення пріоритету з ілюстративної функції наочності на її пізнавальну функцію, тим самим забезпечуючи перенесення акценту з навчальної функції на розвиваючу.

4. Когнітивно-візуальний підхід у навчанні математики можна реалізувати, використовуючи різні форми візуального подання навчального матеріалу – графи, продуктивні моделі, логічні моделі, когнітивно-графічні елементи «Будівля» та «Дерево», фреймові моделі, конспект-схеми, опорні конспекти, карти пам’яті тощо. Крім цього можна використовувати програмні засоби математичного спрямування, які допомагають не тільки візуалізувати навчальну інформацію, а й зацікавити учнів вивченням математики.

5. Пропоновані у статті приклади формують навички роботи з графічною інформацією. Розвиваючи візуальне мислення, вони фіксують увагу при засвоєнні навчального матеріалу, неявно і опосередковано сприяючи згортанню розумових змістів у наочний образ, забезпечуючи формування більш повного уявлення про образ або поняття.

6. Дидактично вивірене використання форм візуального подання навчального матеріалу у навчанні математики може перетворити візуалізацію з допоміжного у провідний продуктивний засіб математичного розвитку учнів.

Список використаних джерел

1. Далингер В.А. Методика обучения учащихся доказательству математических предложений: кн. для учителя / В.А. Далингер. – М.: Просвещение, 2006. – 256 с.
2. Резник Н.А. Визуальное мышление в обучении. Методические основы обучения математике с использованием средств развития визуального мышления / Н.А.Резник. – [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.vischool.rxt.ru/texts/monogr/germany_2012.htm. – Назва з екрану
3. Семеніхіна О.В. З досвіду створення стендових матеріалів / О.В. Семеніхіна // Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології. – Суми : Вид-во СумДПУ імені А.С. Макаренка, 2013. – №2 (28). – С. 312-321
4. Візуальні дидактичні матеріали «Перша четверть тригонометричного кола». – [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.vischool.rxt.ru/matem/trigonom/1/film1.htm. – Назва з екрану
5. Резник Н.А., Павлов Н.А. Комплект компьютерных мини-задачников "Острые углы на старинных часах" программной коллекции "Визуальная планиметрия". №50200701498 / ВНИТЦ. – М., 2007.
6. Elena Semenikhina. Development of Dynamic Visual Skills SKM MAPLE among Future Teachers // European Journal of Contemporary Education. – 2014. – Vol.(10), № 4. – Pp. 265-272. – режим доступу: http://ejournal1.com/journals_n/1417761453.pdf
7. Семеніхіна О., Юрченко А. Уміння візуалізувати навчальний матеріал засобами мультимедіа як фахова компетентність учителя // Науковий вісник Ужгородського національного університету: Серія «Педагогіка. Соціальна робота». – Ужгород : Видавництво УжНУ «Говерла». – Випуск 33. – 2014. – С. 176-179.

Анотація. Шевченко І. Приклади візуалізації у навчанні математики.

У статті обґрунтовано доцільність використання візуалізації як актуальної технології навчання математики. Розглянуто візуалізовані завдання трьох типів: статичні схеми, динамічні моделі та комп'ютерні дидактичні матеріали, які пропонуються науковцями або є авторськими. Розв'язання таких завдань базуються на використанні геометричних тлумачень математичних понять, асоціативних зв'язках через колір чи форму об'єктів та їх кількісних або аналітичних характеристик та динамічній візуалізації змін певних параметрів та відповідних їм конструкцій.

Ключові слова: візуалізація, когнітивна візуалізація, динамічна візуалізація, динамічні моделі.

Аннотация. Шевченко И. Примеры визуализации в обучении математике.

В статье обоснована целесообразность использования визуализации как актуальной технологии обучения математике. Рассмотрены визуальные задачи трех типов: статические схемы, динамические модели и компьютерные дидактические материалы, которые предлагаются учеными-методистами или являются авторскими. Решение таких задач базируются на использовании геометрических толкований математических понятий, ассоциативных связях по цвету или форме объектов, количественных или аналитических характеристик, и динамической визуализации изменений определенных параметров и соответствующих им конструкций.

Ключевые слова: визуализация, когнитивная визуализация, динамическая визуализация, динамические модели.

Abstract. Shevchenko I. Examples of visualization in learning mathematics.

The article touches upon the feasibility of using imaging technology as the actual teaching technology in mathematics. In article is considered the tasks of visualization three types: static circuits, dynamic models and computer teaching materials that are offered scientists and autor. Solving such problems based on the geometric interpretation of mathematical concepts, associative relations on the color or shape of objects and their quantitative or analytical presentations and visualization of dynamic changes of certain parameters and corresponding structures.

Keywords: visualization, cognitive visualization, dynamic visualization, dynamic models.

АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК

Бабич О., 47

Безуглий Д., 7

Коцур О., 17

Кулініч С.В., 27

Мусієнко І., 37

Семеніхіна О., 47

Шамрай С., 55

Шевченко І., 65

Наукове видання

ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА

Науковий журнал

ВИПУСК 2 (3)

Друкується в авторській редакції
Матеріали подані мовою оригіналу

Відповідальний за випуск
О.В. Семеніхіна

Комп'ютерна верстка
О.М. Удовиченко

Фізико-математичний факультет
СумДПУ імені А.С. Макаренка
вул. Роменська, 87
м. Суми, 40002
тел. (0542) 68 59 10

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