

Гриб'юк О.О.,
кандидат педагогічних наук,
старший науковий співробітник
Інституту інформаційних технологій і
засобів навчання НАПН України,
м. Київ

УДК 004.9:37]:5

**КОГНІТИВНА ТЕОРІЯ КОМП'ЮТЕРНО ОРІЄНТОВАНОЇ
СИСТЕМИ НАВЧАННЯ ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНИХ
ДИСЦИПЛІН ТА ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКИ ВЕРБАЛЬНОЇ І ВІЗУАЛЬНОЇ
КОМПОНЕНТ**

**Когнитивная теория компьютерно ориентированной системы
обучения естественно-математических дисциплин и взаимосвязи
вербального и визуального компонента**

**Cognitive theory of computer oriented system training natural and
mathematical sciences and implementation verbal and pictorial layout**

Розглядаються концептуальні засади, принципи когнітивної теорії комп'ютерно орієнтованої системи навчання, мультимедійного навчання та розроблення на їх основі дидактичних матеріалів. Ґрунтовно аналізуються теорії подвійного кодування і трикомпонентна модель робочої пам'яті, змішана мультимодальна теорія, теорія когнітивного навантаження. Досліджуються основи когнітивної теорії мультимедійного навчання HTML, анімаційна теорія, когнітивно-емоційна теорія мультимедійного навчання. Обговорюються особливості педагогічного проектування комп'ютерно орієнтованої системи навчання, веб-представлення текстів та візуальні компоненти навчальних курсів.

Ключові слова: комп'ютерно орієнтована система навчання, математика, HTML, мультимедіа, концепція, робоча пам'ять, теорія подвійного кодування, дидактика, когнітивне навантаження, модель, візуалізація.

Рассматриваются концептуальные основы, принципы когнитивной теории компьютерно ориентированной системы обучения, мультимедийного обучения и разработки на их основе дидактических материалов. Анализируются теории двойного кодирования и

трехкомпонентная модель рабочей памяти, смешанная мультимодальная теория, теория когнитивного нагрузки. Рассматриваются основы когнитивной теории мультимедийного обучения CTML, анимационная теория, когнитивно-эмоциональная теория мультимедийного обучения. Обсуждаются особенности педагогического проектирования компьютерно ориентированной системы обучения, веб-представления текстов и визуальные компоненты учебных курсов.

Ключевые слова: *компьютерно ориентированная система обучения, математика, XHTML, мультимедиа, концепция, рабочая память, теория двойного кодирования, дидактика, когнитивные нагрузки, модель, визуализация.*

The main conceptual basis of principles of cognitive theory of computer based system for learning, training and development of the media on the basis of didactic materials. Analyzes the theory of dual encoding and three-component model of working memory, mixed multimodal theory, the theory of cognitive load. Covers the basics of cognitive theory of multimedia learning CTML, animation theory, cognitive-emotional theory of multimedia learning. The peculiarities of teaching computer design oriented training system, web presentation texts and visual components of training courses.

Keywords: *computer-oriented system of education, math, memory, CTML, multimedia, concept, principles, dual-code hypothesis, pedagogy, cognitive load, model, visualization.*

В контексті реформування системи освіти та повсюдного впровадження інформаційно-комунікаційних технологій в навчальний процес виникає необхідність критичного осмислення можливостей використання технічних засобів в модернізації навчального процесу та напрацювання дидактичних матеріалів за новими освітніми стандартами.

У дослідженні наводиться ґрунтовний аналіз теорії подвійного кодування А. Пайвіо, М. Садоскі, Р. Руддел і Н. Унрау; розглядається трикомпонентна модель робочої пам'яті А. Бадделі і Дж. Хітча та

аналізується термін «робоча пам'ять», запропонований вперше Дж. Міллером, І. Гелентером і К. Прібрамом; аналізуються змішана мультимодальна теорія Дж. Енгелькампа та теорія когнітивного навантаження Джона Свеллера; розглядаються основи когнітивної теорії мультимедійного навчання (CTML) Р. Майєра та анімаційна теорія М. Натана та групи дослідників; аналізується когнітивно-емоційна теорія мультимедійного навчання Р. Морено.

Теорія подвійного кодування (англ. *dual-code hypothesis*) Аллана Урхо Пайвіо використовується в контексті дослідження пам'яті та використання мнемотехнічного прийому – методу місць, згідно якого для полегшення запам'ятовування словесного матеріалу пропонувалось створювати асоціації між словами та яскравими образами. А. Пайвіо запропонував існування двох частково незалежних підсистем довготривалої пам'яті, одна з яких призначена для оперування образними повідомленнями, а інша – символічними повідомленнями [11]. А. Пайвіо виокремив три типи процесів всередині системи довготривалої пам'яті:

1) репрезентаційні процеси (англ. *representation* – представлення) – пряма активація одиниць у вербальній або невербальній формі. (наприклад, зображення учнем геометричної фігури, що була показана заздалегідь);

2) референційні процеси (англ. *reference* – відсилання) – активація одиниць однієї системи за допомогою звернень до іншої системи;

3) асоціативні процеси – активація одних одиниць за допомогою інших, що належать тій же системі.

А. Пайвіо експериментально підтвердив із використанням методу хронометрування [10], що різні мнемічні завдання включають в себе різні послідовності гіпотетично запропонованих ним процесів. Безперечно, вербальна система бере участь також в кодуванні повідомлень, що подані в образній формі (див. рис. 1). «Людське пізнання унікальне в тому сенсі, що воно спеціалізоване для одночасної роботи з вербальними та

невербальними об'єктами і подіями. Своєрідність вербальної системи полягає в тому, що вона має справу безпосередньо з лінгвістичними даними як на стадії введення, так і на стадії виведення, але в той же час обслуговує об'єкти, представлені у візуальній формі, що піддаються символізації» [11]. Конкретні речення в цілому запам'ятовуються краще, ніж абстрактні, що зумовлено включенням обидвох систем пам'яті в їх опрацювання. Концепція А. Пайвіо суттєво впливає на розроблення сучасних методичних систем навчання предметів природничо-математичного циклів. Дослідник стверджує про існування двох взаємодіючих систем пам'яті: образної і словесної. В процесі запам'ятовування і опрацювання навчального матеріалу працюють обидві системи; перевагою в запам'ятовуванні має матеріал, що представлений як в образній, так і словесній формі, у зв'язку з чим конкретні слова запам'ятовуються краще, ніж абстрактні. Максимального результату в навчанні можна досягнути у випадку комбінування словесного та наочного навчального матеріалу. Дотепер існують теорії подвійного, множинного, ієрархічного і т.д. подання матеріалу в довготривалій пам'яті.

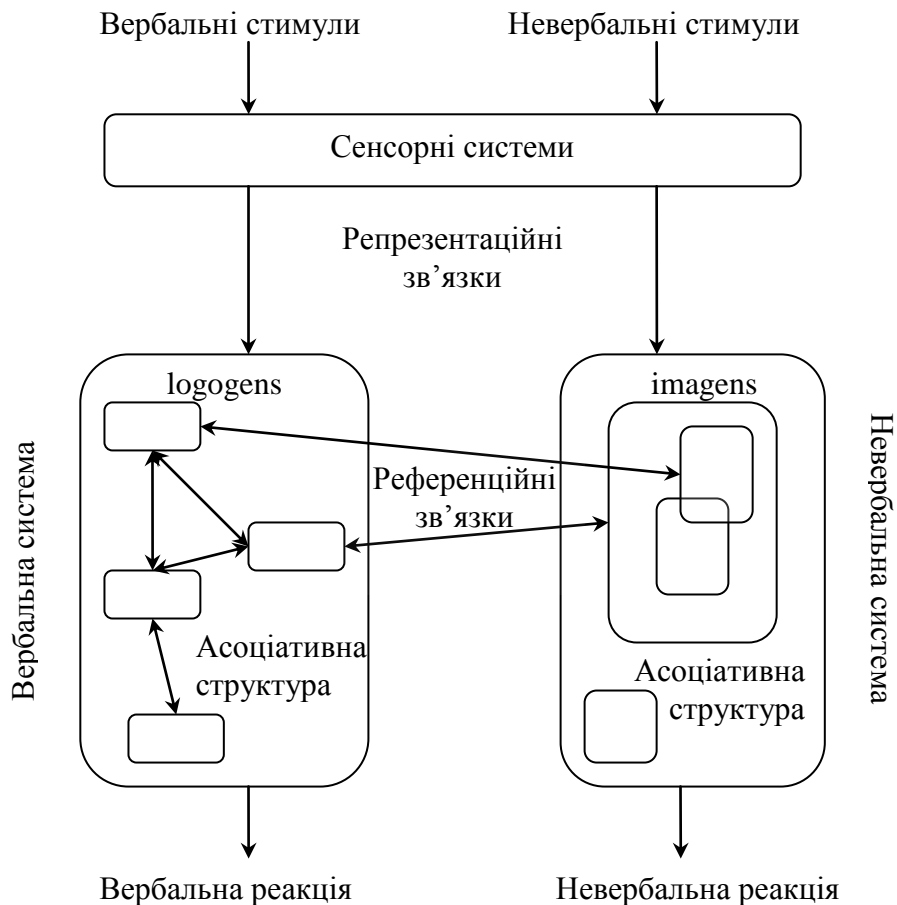


Рис. 1. Модель А. Пайвіо

Термін «робоча пам'ять» вперше було запропоновано в дослідженні Дж. Міллера, І. Гелентера і К. Прібрама «Планування і структури поведінки» в 1960 році («Plans and the Structure of Behavior»), однак активне дослідження робочої пам'яті описано в роботах А. Бадделі і Дж. Хітча (1974 р.), котрі запропонували трикомпонентну модель робочої пам'яті. Згідно означення А. Бадделі [1], робоча пам'ять – це система, що надає тимчасове сховище для повідомлень та здійснює з ними маніпуляції, що необхідні для вирішення складних когнітивних завдань. У зв'язку із обмеженістю об'єму робочої пам'яті, матеріали, що не використовуються на даний момент для вирішення поставленого завдання переходять в довготривалу пам'ять або втрачаються. Було виокремлено три основних компоненти робочої пам'яті (див. рис. 2):

- 1). Основним є центральний процесор, що координує роботу двох інших підсистем – буферів;

2). Фонологічна (артикуляторна) петля, що працює з вербальними повідомленнями;

3). Візуально-просторова матриця, що відповідає за опрацювання матеріалів, поданих у візуальному (зорову) вигляді.

Повідомлення надходить в буфери робочої пам'яті з первинного сенсорного сховища. Фонологічна петля, в свою чергу, розподіляється на сховище для матеріалу словесного (не більше 1,5 – 2 секунди) та процеси артикуляції або субвокального повторення (повторення «про себе»), що перешкоджають затуханню сліду в пам'яті. Читання та рахування є основними процесами, в ході яких важливу роль має артикуляторна петля.

В експериментальних дослідженнях, де за допомогою введення додаткового завдання повторення тексту про себе виявилось неможливим (наприклад, піддослідному пропонувалось під час виконання основного завдання – читання тексту, пропонувалось вголос вимовляти слово «насправді»), суттєвого зниження якості виконання основного завдання не відбулося. Однак, в таких завданнях піддослідним було значно важче виявити спеціально допущені експериментатором помилки.

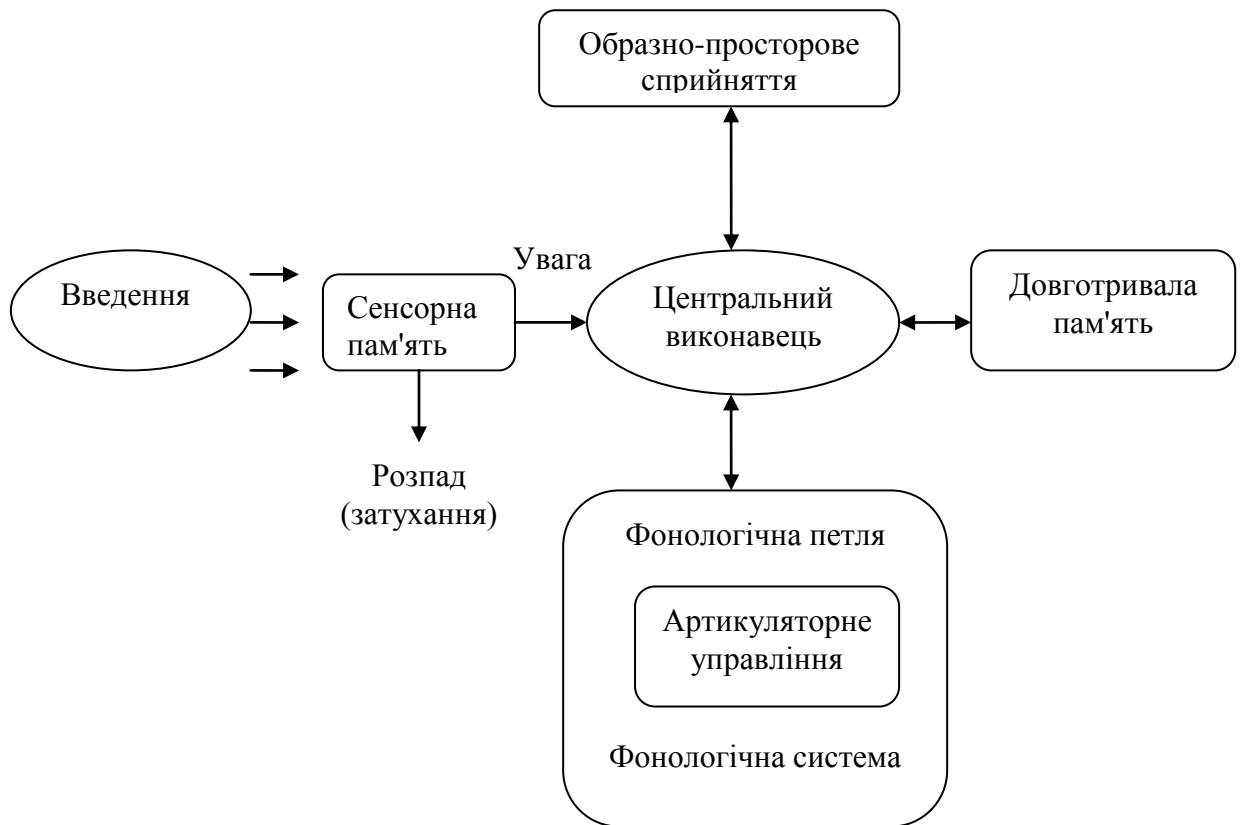


Рис. 2. Модель робочої пам'яті А. Бадделі і Дж. Хітча

Таким чином, дослідники дійшли висновку, що артикуляторна петля є контролюючим механізмом, що відповідає за утримання порядку розташування навчальних матеріалів.

Образно-просторова матриця також має багатокomпонентну структуру, в якій виокремлено просторову та образну (зорову) підсистеми. Перша пов'язана з повідомленнями про форму стимулів, а інша – з повідомленнями про їх локалізацію в просторі.

Змішана мультимодальна теорія Дж. Енгелькампа [4] (див. рис. 3) сформульована для пояснення результатів емпіричних досліджень. В контексті пропонованої теорії розрізняються два модальних специфічних «початки» системи та два модальних специфічних її закінчення. Семантичне опрацювання фрази забезпечується не просто її прослуховуванням, а сприйняттям до конкретної дії, адже на початку виконання команду необхідно зрозуміти (конкретні дії після прочитання/прослуховування повідомлення). Упровадження основних

концептуальних понять вище розглянутих теорій сприяє змінам в організації навчально-виховного процесу.

Професор Джон Свеллер заклав фундаментальне підґрунтя теорії когнітивного навантаження (Cognitive Load Theory), що ґрунтується не стільки на традиційних підходах щодо організації ефективного навчання, скільки на об'єктивних даних про особливості роботи головного мозку людини [14].

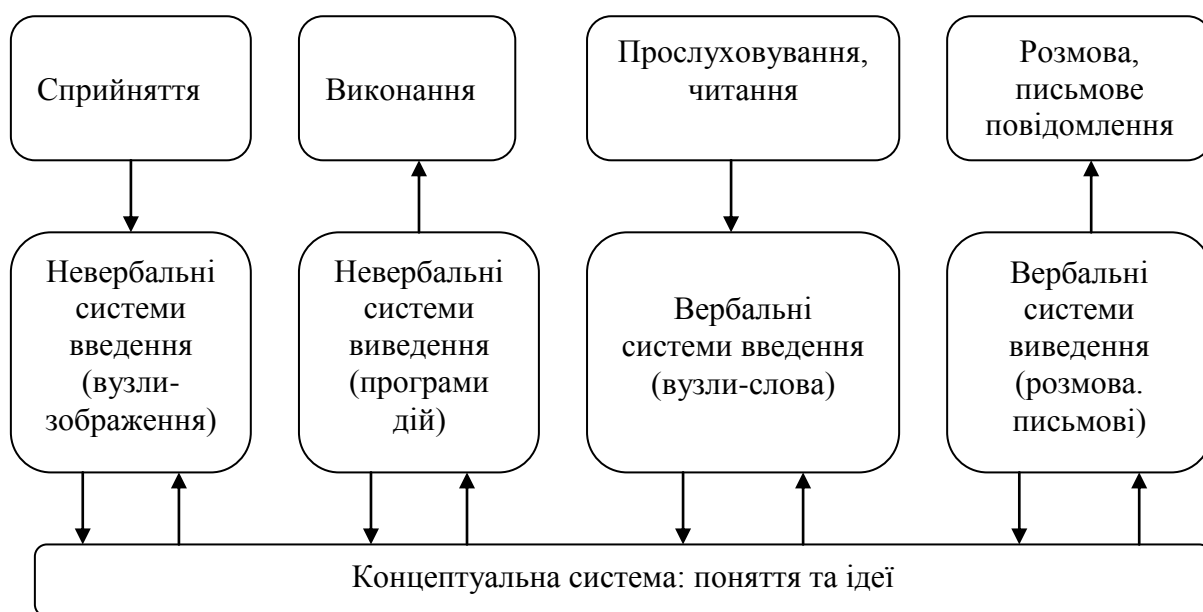


Рис. 3. Схема сутності змішаної теорії Дж. Енгелькампа

Найчастіше в процесі навчання не враховується, яким чином ми думаємо та навчаємось, саме тому часто трапляються невдачі. В результаті пошуку причин невдач було прописано концепцію «робочої пам'яті», що пов'язана з тимчасовим збереженням та опрацюванням повідомлень, що необхідні для виконання складних когнітивних завдань (наприклад, дуальність мовлення, засвоєння нових знань та побудова умовиводів) [16]. Досліджуючи принципи функціонування «робочої пам'яті», вчені виявили її обмежену пропускну здатність [15], а когнітивні процеси мозку в процесі навчання та вирішення проблем суттєво відрізняються.

В процесі побудови методики навчання, в тому числі природничо-математичних дисциплін, враховується важливий факт – пропускну здатність «робочої пам'яті» така, що лише три-чотири блоки повідомлень

можуть утримуватись у свідомості людини протягом 3-4 секунд, після чого їх потрібно повторити для кращого запам'ятовування. При цьому через 12 секунд практично усі дані, якщо їх не оновлювати, практично випорожнюються з робочої пам'яті. Проте цей недолік проявляється лише за умови надходження нового повідомлення в робочу пам'ять. Як свідчать експериментальні дослідження, якщо відомості уже потрапили в довготривалу пам'ять, то вони можуть повернутися в робочу пам'ять у великих об'ємах.

З цієї точки зору виявляється неприйнятною загальноприйнята систем навчання з використанням методу аналогії – учням пропонують для самостійного вирішення завдання на основі щойно поясненого нового матеріалу. Адже такий тип повідомлень (навчальних матеріалів) висуває непосильні вимоги до «робочої пам'яті». Однак те ж повідомлення можна опрацювати таким чином, щоб спростити його для кращого розуміння та засвоєння учнями. Учням на домашнє завдання необхідно пропонувати опрацювання уже розв'язаних, типових способів розв'язування задач, а до самостійного вирішення завдань переходити лише після того, як в довготривалій пам'яті уже наявні засвоєні прийоми.

В ході дослідження було встановлено, що мозок людини краще оперує повідомленнями за умови їх надходження або в усній формі, або в письмовій, аж ніяк не в обох формах одночасно. В такому контексті повсюдне використання Power Point викликає у психологів занепокоєння. Оскільки стиль доповідей та презентацій з використанням Power Point найчастіше припускає, що лектор промовляє короткі рядки тез, що одночасно демонструються на екрані.

Професор Єльського університету Едвард Тафті (Edward Tufte) на основі своїх досліджень доводить, що використання програми Power Point (доповідач домінує над аудиторією), особливо в загальноосвітніх навчальних закладах, сприяє стимулюванню розвитку «хибно-аналітичного» мислення учнів, як наслідок, невмінню шукати логічні

взаємозв'язки та поєднувати окремі тези в єдине повідомлення, піддаючись маніпулюванню фактами замість чіткого аналізу запропонованих фактів. Саме тому в основу когнітивної теорії мультимедійного навчання (CTML) Р. Майєра покладено три загальних емпіричних принципи теорії пізнання [12].

1. *Dual-channel (visual and auditory)*. Вербальна (*verbal/auditory*) та візуальна (*visual/pictorial*) компоненти дидактичного впливу, що опрацьовуються організмом людини виокремлено за допомогою слухового та зорового каналів (рис. 4).

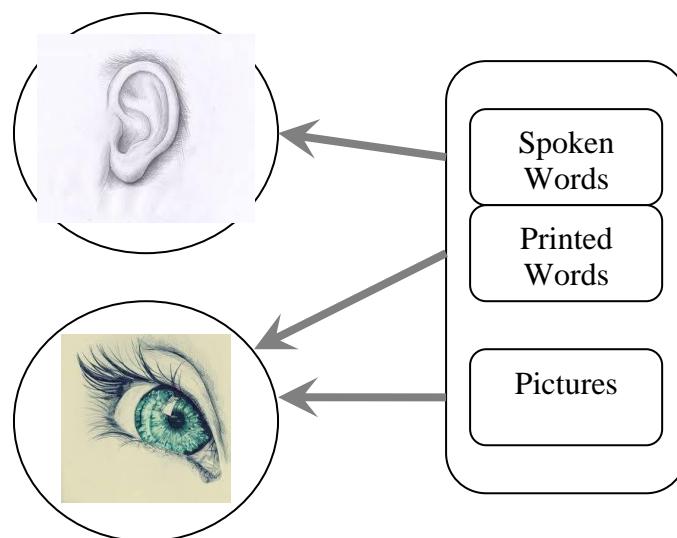


Рис. 4. Схематичне зображення концепції подвійного кодування

2. *Limit capacity*. Обмежена пропускна здатність зорового і слухового каналів, тобто за одиницю часу робоча пам'ять успішно сприймає обмежену кількість когнітивних одиниць.

3. *Learning is an active process*. Навчальний процес – процес взаємодії ментальної системи з потоком дидактичних матеріалів включає фільтрацію, сепарацію, організацію та інтеграцію відомостей, що надходять, при наявних знаннях.

Процес навчання в контексті мультимедійного пояснення дидактичного матеріалу багатоаспектний. Структурна модель CTML представлена на рисунку 5.

Безперечно, структуризація ментального механізму є концептуальною та не відображає топологію спеціалізованих ділянок головного мозку. Когнітивна теорія мультимедійного навчання активно використовується в навчальному процесі [5], відповідно, важливість візуалізації як дидактичного засобу не підлягає сумнівам. Особлива увага в дослідженні приділяється використанню динамічної візуалізації (анімації), що покращує доступність для розуміння учнями описів процесів, еволюцій об'єктів у контексті можливих видозмінених впливів. Використання сучасних засобів навчання сприяє суттєвому підсиленню виразності візуального компонента дидактичної комунікації. Важливо коректно компонувати вербальний і візуальний компоненти. Сукупність рекомендацій когнітивної теорії та емпіричних закономірностей зазначається в літературі терміном *Instructional Design for Multimedia Learning*.

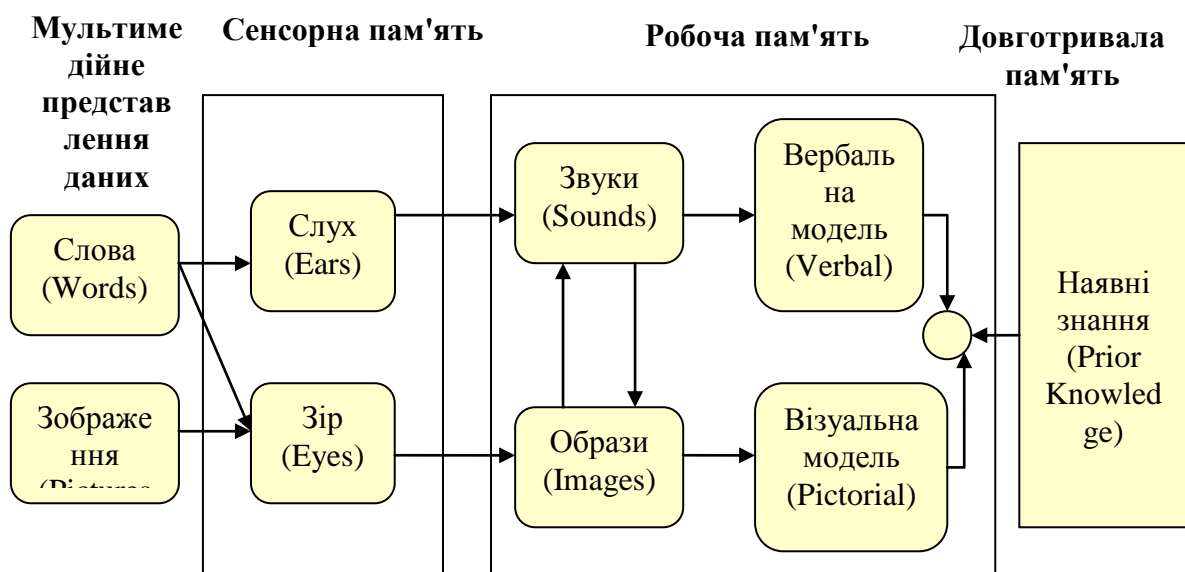


Рис. 5. Когнітивна модель мультимедійного навчання Р. Майєра

У процесі розроблення CTML пропонується уникати розміщення коментарів безпосередньо на схемах (слайдах), а замінити їх голосом лектора. Дослідження підтверджують, що друкований текст перевантажує візуальний канал та робочу пам'ять перетвореннями із символічного у внутрішнє квазіфонетичне представлення. Йдеться про те, що наявність

пояснювальний текстів (коментарів) на анімаціях сприяє суттєвому зниженню концентрації уваги учнів.

Під час оформлення дидактичного матеріалу необхідно враховувати вимоги щодо виразності, зрозумілості, фіксуванні уваги аудиторії на основних концептах навчального матеріалу (без відволікання уваги та «bell and whistles») без перевантаження робочої пам'яті учнів.

Послуговуючись положеннями загальної психології, рекомендується навчальний матеріал розподіляти на квазіавтономні порції з простих елементів (chunks). Виважене використання метаграфічних засобів сприяє створенню мотивованих, чіткіших і прагматичних навчальних і наукових текстів з метою їх адекватної інтерпретації.

З використанням інформаційно-комунікаційних технологій доцільно організовувати гіпертекстову структуру та візуалізовувати її динамічну інтерактивну модель в контексті концептуальної моделі конкретного розділу навчального курсу.

Автори анімаційної теорії М. Натана (див. рис. 6) для покращення ефективності навчання молоді використовують мультимедійні засоби, тобто навчають будувати математичні моделі (в т.ч. складання рівняння) в процесі розв'язування задач алгебри. Наприклад, запропонована математична задача з використанням анімаційної моделі передбачає вміння учнів складати рівняння для знаходження часу зустрічі потяга і гелікоптера за умови їх руху назустріч один одному [9].

З використанням комп'ютерно орієнтованого навчального середовища *ANIMATE* встановлюються необхідні відповідності (взаємозв'язки) між концептуальною моделлю (проблемною ситуацією) і ситуаційною моделлю та забезпечується візуальний зворотній зв'язок на предмет правильності вказаних кількісних співвідношень між змінними та величинами [5]. Аналіз емпіричних даних свідчать про ефективність проведеного експерименту. Учні покращують вміння будувати адекватні математичні моделі та вирішують ситуаційні проблеми [6], оцінюючи

успішність отриманої математичної конструкції шляхом визначення відповідності анімації створеній моделі.

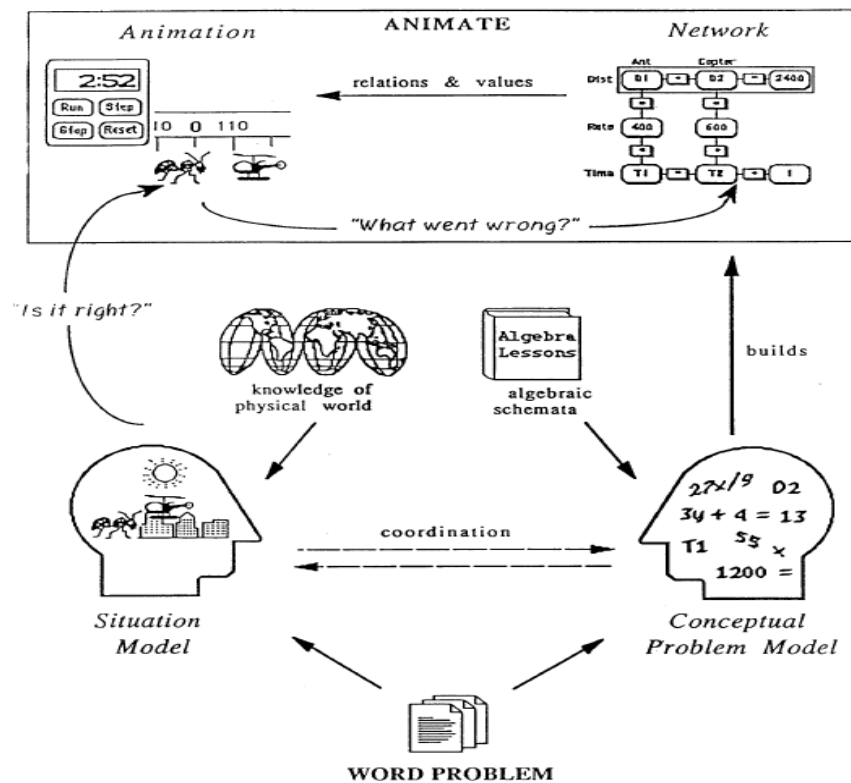


Рис. 6. Анімаційна теорія М. Натана.

В процесі навчання математичних дисциплін зачасту використовуються невербальні візуалізації, саме тому модель СТМЛ Р. Майєра використовується із суттєвою предметною модифікацією. Рекомендується виокремити два класи невербальних символічних систем.

1. Математичні (алгебраїчні, логічні і т.д.) формули із чітким синтаксисом і семантикою (семіотикою).
2. Математичні метафори абстрактних об'єктів та їх властивостей.

Особливість використання полягає в абстрактності об'єктів, уведенні символічності пропонованих візуалізацій для кращого розуміння учнями.

Безперечно, розроблення мультимедійного контенту для навчально-виховного процесу потрібно здійснювати з використанням когнітивної теорії та врахуванням емпіричних закономірностей. Повсюдно прослідковується проблематичне поєднання в одній візуальній площині елементів дидактичних матеріалів, представлених в трьох основних

формах: дискретній (вербалізованій, прагматичній), ілюстративно вербалізованій та континуальній (невербалізованій, художній, образній).

Використання точних методів представлення даних обмежує естетичні властивості зображень, відповідно, візуальні моделі із численними зображеннями частіше всього недостатньо інформативні. Наприклад, при передаванні тільки дискретних даних естетичні потреби людини та цілісне візуальне сприйняття відходить на задній план.

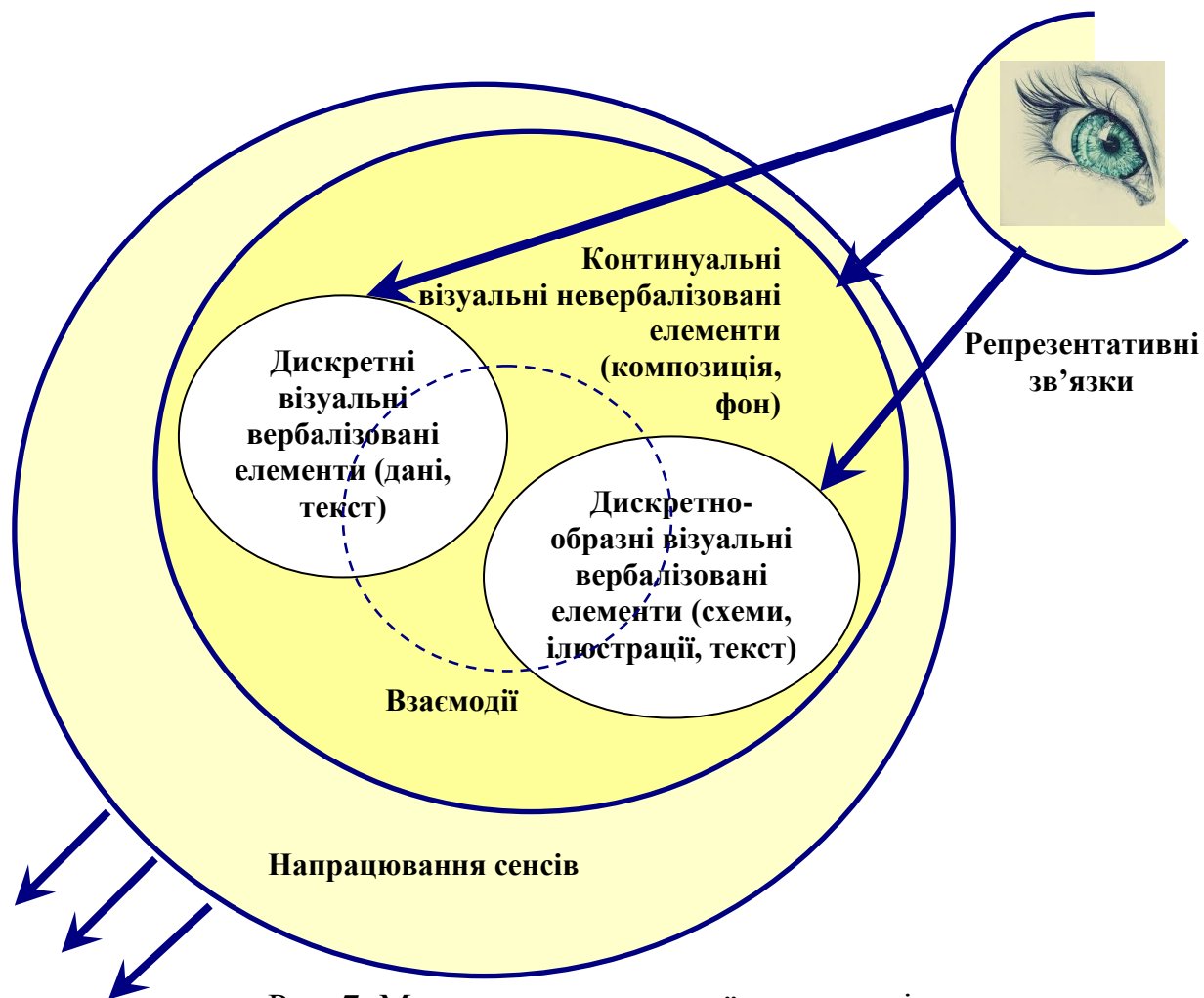


Рис. 7. Модель континуальної триєдності

Безперечно, когнітивна триєдність щодо подання навчальних відомостей є проблематичним в контексті створення та сприйняття візуальних об'єктів (в тому числі інфографіки, веб-сторінки, поліграфічного дизайну і т.д.) з використанням дискретних та художньо-естетичних елементів (рис. 7).

Розроблена модель континуальної триєдності візуального дидактичного матеріалу добре адаптується до актуальних проблем візуалізації різноманітних навчальних повідомлень, аналізу багатомірних візуальних дидактичних об'єктів та щодо проблем інфографіки із зазначеними трьома складовими пропонованої моделі.

У дослідженні розглядається сім принципів проектування мультимедійних повідомлень (загалом – навчальних матеріалів), послуговування якими узгоджується з метою виключення надмірних (сторонніх) повідомлень, тобто зниження когнітивного зовнішнього навантаження. Принципи проектування мультимедійних навчальних матеріалів наведені нижче:

1. *Мультимедіа*. Учні засвоюють навчальний матеріал ефективніше за умови комбінованого поєднання зображень і текстових повідомлень.

2. *Тимчасового зв'язку*. Учні засвоюють навчальний матеріал краще за умови одночасного введення слів та зображень, а не послідовного.

3. *Просторового зв'язку*. Учні засвоюють навчальний матеріал краще за умови розміщення введення слів та зображень поруч, а «не розкиданих на відстані по екрані, або сторінці».

4. *Узгодженості*. Навчальний матеріал засвоюється учнями краще за умови відсутності зображень, звуків, що відволікають увагу та не стосуються навчальної теми.

5. *Модальності*. Засвоєння навчального матеріалу учнями відбувається ефективніше за умови наявності анімацій та супровідної розповіді вчителя, а не анімації та наявного тексту на екрані (без стимулювання розвитку «хибно-аналітичного» мислення школярів).

6. *Надмірності*. Засвоєння навчального матеріалу відбувається краще за умови супроводження розповіді вчителя анімаційним зображенням, відповідно без надмірності анімацій, текстів на екрані та розповідей.

7. *Індивідуальних відмінностей*. Ефекти анімацій та дизайнерські прийоми ефективніше впливають на учнів з високим рівнем розвитку просторового уявлення та з низьким рівнем знань.

Викликає занепокоєння паралельність подання тексту та опрацювання зображення в моделі, оскільки вони будуються на основі різних знакових систем і формують різні уявлення. Дослідження підтверджують, що принцип узгодженості не завжди передавався в реальне середовище навчання учнів. Додаткові цікаві повідомлення можуть, навпаки, підсилити зацікавленість учнів, наприклад, в процесі навчання природничо-математичних дисциплін.

Потенційною проблемою навчання учнів в багато модальних середовищах є наявне перебільшення можливостей когнітивної системи та виникнення когнітивного перенавантаження в контексті адаптованих вимог щодо опрацювання навчального матеріалу.

Безперечно, необхідно ґрунтовно та уважно досліджувати існуючі залежності між когнітивними вимогами стосовно навчального середовища та необхідними результатами навчальної діяльності учнів.

Основні принципи когнітивно-емоційної теорії мультимедійного навчання Р. Морено [7], [8] в контексті когнітивних та мотиваційних досліджень уточнено нижче наведеними положеннями:

- 1). відмінності між попередніми знаннями та здібностями учнів впливає на ступінь засвоєння ними навчального матеріалу в комп'ютерно орієнтованому середовищі навчання;
- 2). мотиваційні фактори змінюють (збільшують/зменшують) когнітивне навантаження;
- 3). метакогнітивні фактори регулюють когнітивне опрацювання повідомлень;
- 4). навчання відбувається за умови здійснення учнем суттєвих зусиль у когнітивних процесах (добір, організація та інтеграція нових повідомлень з наявними знаннями, забезпечення міжпредметних зв'язків).

Аналіз ряду концепцій та досліджень дозволяє сформулювати емпіричні принципи проектування комп'ютерно орієнтованого середовища навчання, послуговування якими сприятиме оптимізації навчально-виховного процесу (див. Таблицю 1).

Таблиця 1

Принцип проектування КОСН	Теоретичне пояснення
<i>Попереднього ознайомлення з навчальним матеріалом.</i> Учні краще навчаються за наявності сфокусованого та спеціального заздалегідь отриманого «попереднього навчання» та активізацією «попередніх знань» з використанням вчителем технології змішаного навчання.	«Попереднє навчання» (з використанням технології змішаного навчання) сприяє контролю релевантності щодо опрацювання результатів учнів за рахунок демонстрації можливих аспектів інтеграції «попередніх знань» з новим навчальним матеріалом.
<i>Зворотного зв'язку.</i> Ефективність навчання учнів зростає за наявності пояснювального, а не лише коригувального зворотного зв'язку.	Пояснювальний зворотній зв'язок суттєво знижує стороннє навантаження «робочої пам'яті» учня із супроводом відповідних схем, коротких коментарів та сприяє коригуванню учнями невірних сформованих уявлень та тверджень.
<i>Гнучкості управління темпом навчання.</i> Ефективність навчального процесу зростатиме за наявності можливостей вільного обрання учнями відповідного темпу навчання.	Учні опрацьовують навчальний матеріал із обранням темпу навчання, маючи можливість опрацьовувати меншу кількість даних у «робочій пам'яті».
<i>Критичне обмірковування.</i> Рекомендується пропонувати учням в процесі навчання критично розмірковувати над конкретними відповідями.	Критичне обмірковування сприяє ґрунтовному опрацюванню нового матеріалу із здійсненням організації та інтеграції нових даних.
<i>Діяльності з підтримкою педагога.</i> Учням необхідна підтримка педагога (вчителя) для полегшення когнітивного опрацювання дидактичних даних.	Діяльність з підтримкою педагога сприяє підтримці внутрішнього опрацювання даних та можливостям добору, організації та інтеграції нових дидактичних даних.

Безперечно, в освітній технології змішаного навчання (*blended learning*) [5] інтегровано поєднується навчання за участю вчителя (обличчям до обличчя) з он-лайн навчанням, передбачаючи при цьому використання елементів самостійного контролю учнем шляху, часу, місця, темпу навчання та інтеграцію досвіду навчання з учителем та в режимі он-лайн. В ході організації навчально-виховного процесу необхідно враховувати параметри змішаного навчання, що сприятимуть підвищенню ефективності навчально-виховного процесу.

- Персоналізація;
- Навчання, що ґрунтується на майстерності. На основі теорії Блюма можна стверджувати, що перед вивченням нового навчального матеріалу учні повинні продемонструвати ідеальне засвоєння попереднього вивченого матеріалу;
- Особиста відповідальність учнів за власні результати навчання;
- Середовище високих досягнень та інтеграція навчальної активності учня в розроблений маршрут до омріяних досягнень.

На основі виконаного ґрунтовного аналізу, висвітлених концептуальних аспектів та результатів емпіричного дослідження можна зробити висновки про покращення розуміння та підвищення ступеня засвоєння учнями навчального матеріалу завдяки потоковому використанню візуальних і вербальних даних та за наявності між даними міцного (стійкого) змістовного зв'язку. Окрім того, збільшення часу розташування візуалізованого та вербалізованого зображення у полі зору учня не впливає на ефективність засвоєння ним навчального матеріалу. Принципами розроблених теорій рекомендується послуговуватися як орієнтирами для розроблення та перевірки технологій навчання, особливо в контексті навчання природничо-математичних дисциплін із арсеналом різноманітних засобів для опрацювання дидактичних матеріалів, представлених в дискретній, ілюстративно вербалізованій та континуальній формах.

Список використаних джерел:

1. Baddeley, A.D., Hitch, G.J. Working memory. In G.A. Bower (Ed.), *Recent advances in learning and motivation* – New York: Academic Press, 1974. – V. 8. – P. 47–90.
2. Chandler P. The split-attention effect as a factor in the design of instruction /P. Chandler, J. Sweller // *British Journal of Educational Psychology*. – 1992 – V. 62 – P. 233–246.
3. Cooper G. Effects of schema acquisition and rule automation on mathematical problem-solving transfer / G. Cooper., J. Sweller // *Journal of Educational Psychology* – 1987 – V. 79(4) – P. 347–362.
4. Engelkamp J. Gains and losses in action memory / J.Engelkamp, K. H. Seiler // *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A: Human Experimental Psychology*. – 2003. – V. 56. – P. 829-848.
5. Гриб'юк О.О. Педагогічне проектування комп'ютерно орієнтованого середовища навчання дисциплін природничо-математичного циклу. / Гриб'юк О.О.// *Наукові записки. – Випуск 7. – Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. Частина 3. – Кіровоград.: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2015. – С. 38 – 50.*
6. Grybyuk O.O. Mathematical modelling as a means and method of problem solving in teaching subjects of branches of mathematics, biology and chemistry // *Proceedings of the First International conference on Eurasian scientific development. «East West» Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH. Vienna. 2014. P. 46-53.*
7. Moreno R., Mayer R. *A Cognitive Theory of Multimedia Learning: Implications for Design Principles* / R. E. Mayer, R. Moreno // University of California, Santa Barbara – 1998.
8. Moreno R., Mayer R. Cognitive principles of multimedia learning: The role of modality and contiguity /R Moreno., R. E. Mayer// *Journal of Educational Psychology* – 1999. – P. 358–368.
9. Natan M. J, Resnick L. Less can be more: Unintelligent tutoring based on psychological theories and experimentation' in Vosniadou, S., De Corte E., Mandl H. (eds.) *Technology Based Learning Environments*, Berlin, Springer-Verlag. – 1994. – V.3 – P.183 –192.
10. Paivio A. *Mental Representations: A Dual Coding Approach* /A. Paivio // Oxford Psychology Series Oxford University Press. – 1990.

11. Paivio A. Mind and its evolution; A dual coding theoretical interpretation /A. Paivio// Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. – 2006.
12. Mayer R. Cognitive Theory of Multimedia Learning // Cambridge Handbook of Multimedia Learning. – NY: Cambr. Univ. Press, 2010. – P. 31–48.
13. Sadoski M., Paivio A. A dual coding theoretical model of reading /M. Sadoski, A. Paivio, R. Ruddel, N. Unrau // Theoretical models and processes of reading – Newark, DE: International Reading Association. 2004. – P. 1329–1362.
14. Sweller J. Cognitive load during problem solving: Effects on learning /J. Sweller // Cognitive Science. – 1988 – V. 12 (2) – P. 257–285.
15. Sweller J. Cognitive architecture and instructional design /J. Sweller, J. Van Merriënboer, F. Paas // Educational Psychology Review – 1998 – V. 10 (3) – P. 251–296.
16. Sweller J. The use of worked examples as a substitute for problem solving in learning algebra / Sweller, J., Cooper, G.A. // Cognition and Instruction – 1985 – V. 2 (1). – P. 59–89.

References (translated and transliterated)

1. Baddeley, A.D., Hitch, G.J. Working memory. In G.A. Bower (Ed.), Recent advances in learning and motivation – New York: Academic Press, 1974. – V. 8. – P. 47–90.
2. Chandler P. The split-attention effect as a factor in the design of instruction /P. Chandler, J. Sweller // British Journal of Educational Psychology. – 1992 – V. 62 – P. 233–246.
3. Cooper G. Effects of schema acquisition and rule automation on mathematical problem-solving transfer / G. Cooper., J. Sweller // Journal of Educational Psychology – 1987 – V. 79(4) – P. 347–362.
4. Engelkamp J. Gains and losses in action memory / J.Engelkamp, K. H. Seiler // The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A: Human Experimental Psychology. – 2003. – V. 56. – P. 829-848.
5. Grybyuk O.O. Design of computer-based learning environment disciplines of natural-mathematical cycle in secondary schools /Grybyuk O.O. // Naykovi zapysky. – Vypusk7. – Seriya: Problemy metodyky fizyko-matematychnoi i technolohichnoi osvity. Chastyna 3 – Kyiv: 2015. – S. 38–50
6. Grybyuk O.O. Mathematical modelling as a means and method of problem solving in teaching subjects of branches of mathematics, biology and chemistry // Proceedings of the First International conference on Eurasian scientific development. «East West»

- Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH. Vienna. 2014. P. 46-53.
7. Moreno R., Mayer R. A Cognitive Theory of Multimedia Learning: Implications for Design Principles / R. E. Mayer, R. Moreno // University of California, Santa Barbara – 1998.
 8. Moreno R., Mayer R. Cognitive principles of multimedia learning: The role of modality and contiguity /R Moreno., R. E. Mayer// Journal of Educational Psychology – 1999. – P. 358–368.
 9. Natan M. J, Resnick L. Less can be more: Unintelligent tutoring based on psychological theories and experimentation’ in Vosniadou, S., De Corte E., Mandl H. (eds.) Technology Based Learning Environments, Berlin, Springer-Verlag. – 1994. – V.3 – P.183 –192.
 10. Paivio A. Mental Representations: A Dual Coding Approach /A. Paivio // Oxford Psychology Series Oxford University Press. – 1990.
 11. Paivio A. Mind and its evolution; A dual coding theoretical interpretation /A. Paivio// Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. – 2006.
 12. Mayer R. Cognitive Theory of Multimedia Learning // Cambridge Handbook of Multimedia Learning. – NY: Cambr. Univ. Press, 2010. – P. 31–48.
 13. Sadoski M., Paivio A. A dual coding theoretical model of reading /M. Sadoski, A. Paivio, R. Ruddel, N. Unrau // Theoretical models and processes of reading – Newark, DE: International Reading Association. 2004. – P. 1329–1362.
 14. Sweller J. Cognitive load during problem solving: Effects on learning /J. Sweller // Cognitive Science. – 1988 – V. 12 (2) – P. 257–285.
 15. Sweller J. Cognitive architecture and instructional design /J. Sweller, J. Van Merriënboer, F. Paas // Educational Psychology Review – 1998 – V. 10 (3) – P. 251–296.
 16. Sweller J. The use of worked examples as a substitute for problem solving in learning algebra / Sweller, J., Cooper, G.A. // Cognition and Instruction – 1985 – V. 2 (1). – P. 59–89.