

УДК 37.017.316.774

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СИМВОЛІКИ ПРИ НАВЧАННІ ДИСЦИПЛІН У ПРИРОДНИЧИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

Радченко Сергій Петрович, канд. фіз.-мат. наук,
доцент кафедри інформаційних технологій
і математичних дисциплін

Бодненко Дмитро Миколайович, канд. пед. наук,
доцент кафедри інформаційних технологій
і математичних дисциплін

Київський університет імені Бориса Грінченка

Юртин Іван Іванович, канд. фіз.-мат. наук,
доцент кафедри інформаційних технологій
і математичних дисциплін

Постановка проблеми. Формування у студента надійних уявлень про основні положення дисципліни, яку він вивчає, є основною метою метою викладача. Однією з умов ефективного засвоєння студентами навчальної інформації з метою набуття їх компетентності на належному рівні є раціональне використання можливостей студента до стабільного сприйняття нового матеріалу протягом навчального процесу. Це означає пошук шляхів максимального зменшення непродуктивних витрат інтелектуальних, емоціональних, психологічних та фізичних зусиль при отриманні навчальної інформації. Ця інформація складається з багатьох компонентів, перелік та аналіз яких не входить до складу завдань статті. Але один з них викликає великий інтерес саме з точки зору рівня ефективності навчального процесу. Мова йде про використання об'єктів, які є певними комбінаціями символів. Мета даного дослідження – встановити основні складнощі, які виникають у студента при сприйнятті символічних ілюстрацій та дослідити деякі особливості такого сприйняття в залежності від певних критеріїв, яким задовольняють або не задовольняють розглядувані об'єкти. Бурхливий розвиток інформаційно-комунікаційних технологій змушує, крім того, торкнутися питань залежності символічно-орієнтованої інформації від типу сучасних засобів її зберігання.

Аналіз публікацій. Аналіз фундаментальних наукових праць В.Ю Бикова, В.М. Глушкова, А.М.Гуржія, М.І.Жалдака, Н.В.Морзе, з використання інформаційно-комунікаційних технологій в навчальному процесі свідчить про певні прогалини у такому важливому питанні, як ефективність використання формальної символіки у питаннях наочності навчального процесу. Деякі міркування такого характеру зустрічаються у різного роду порадах, які викладені у деяких монографіях відомих вчених як інформаційні додатки [3]. Останні дослідження з питань, які стосуються виділеної проблеми, безпосередньо пов'язані з використанням понять нечіткої логіки [1,2].

Американським дослідникам належать дослідження ролі образних явищ у пізнавальній діяльності Рудольф Арнхейм і його послідовники (*Art and Visual Perception*, 2007).

Здійснені в Росії (*The Science and the Life*, 2014), Німеччині (*European Applied Sciences*, 2013) дослідження засвідчують, що існує залежність між рівнем навчальних досягнень учнів та засобами наочно-графічного подання матеріалу на лекційних та практичних заняттях.

Актуальність. Тема, що розкривається в даній статті пов'язана з темою дослідження Київського університету імені Бориса Грінченка «Філософські, освітологічні та методичні засади компетентісної особистісно-професійної багатопрофільної університетської освіти». Реєстраційний номер 0110u006274. Досліджувана група це студенти які вивчають природничі дисципліни.

У математиці, фізиці та інших природничих дисциплінах, які вивчають студенти багатьох спеціальностей вживання формул (на відміну від схем, ілюстрацій і т.і.) з використанням символічних об'єктів є звичним та обов'язковим елементом навчального курсу. Якщо у деяких питаннях можна обійтись без наочних ілюстрацій, які допомагають краще зрозуміти озвучений текст, то обійтись без формул, які встановлюють чіткі взаємозв'язки змінних та сталих величин, практично неможливо. З іншого боку, яким би не бів процес

сприйняття формули, як осередка точної наукової інформації, запам'ятовування змісту будь-якої формули повинно бути абсолютно однозначним, тобто не допускати двох взаємно-протилежних тлумачень. Це була основна складність для студентів, яка вимагала максимальної зосередженості та часто повторного звернення до вже вивченого матеріалу, що знов потребувало певних витрат часу та зусиль. Враховуючи інформаційну перевантаженість сучасного студента, можна припустити існування психологічного порогу, за яким інформація засвоюється фрагментарно, а в пам'яті залишається частково. Очевидно, що такий спосіб вивчення формул та символічних схем є неприпустимим. Завдання полягає у тому, щоб форма використання символічних позначень у формулах та інших аналогічних об'єктах забезпечувала ефективність сприйняття студентом формальної інформації у термін активного проміжку концентрації навчальної уваги студента.

Написання нами цієї статті було пов'язане з досягненням таких цілей:

- встановлення особливостей сприйняття центрами уваги студента формального матеріалу у процесі його активного засвоєння;
- вироблення деяких критеріїв використання символічних об'єктів у строго формалізованих інформаційних системах.

Основна частина.

Завдання даної студії лежить в обраній авторами площині дослідження: використання символічного, графічного та аудіо-візуального способу подання матеріалу під час вивчення природничих наук. З першою працею про використання ілюстрацій в навчальному процесі можна ознайомитись у матеріалах конференції в Латвії (International Scientific Conference SOCIETY, INTEGRATION, EDUCATION, May 23-24, 2014) [4].

Процес засвоєння формули студентом можна сформулювати коротко наступним чином: зрозуміти та запам'ятати на певний період, використавши про цьому обмежену кількість часу та зусиль. Про важливість економії зусиль

ми говорили у передмові. Що стосується часу, то його проміжок визначається з одного боку необхідністю засвоєння, з іншого – вимогами колективної участі студентів у навчальному процесі. Від часу, який потрібен для розуміння змістової частини формули, залежить загальний час, відведений на її вивчення. Кількість символічних елементів формули та різноманітність їх графічних проявів впливає як на розуміння, так і на запам'ятовування. Але цей вплив має абсолютно різний характер, оскільки асоціативні зв'язки, які створюються під час процесу розуміння, відрізняються від тих, які характерні для процесу запам'ятовування. Оскільки у технічних пристроях поняття якісних характеристик зображення безпосередньо пов'язано з їх налаштуваннями, то питання наочності вже готової ілюстрації вирішується у рамках інструкції. Але якщо це зображення створюєте Ви, то його наочність та легкість сприйняття залежатиме від Ваших особистих уявлень про якість сприйняття студентами як зображення в цілому, так і його окремих складових. Виділимо головну мету дослідження: мова йде не про математичні аспекти оформлення символічного супроводу, а про навчальний ефект їх використання.

Виділимо та обґрунтуємо деякі загальні критерії використання символічних об'єктів у формулах.

- ✓ *Мінімалізм.* Надмірне використання допоміжної символіки може суттєво ускладнити сприйняття та призвести до додаткових витрат зусиль.

З наведених вище міркувань випливає, що таке використання як правило достатньо дрібних символів призводить до збільшення центрів уваги та, як наслідок, до збільшення часу аналізу об'єкту. Крім того, в реальних умовах наявність додаткових деталей біля символу ускладнює його ідентифікацію особливо в умовах аудиторної роботи, коли символи вводяться на дошку крейдою. Простіше кажучи – символ студент може сприйняти за інший. Наприклад, використаний у певному контексті символ виноситься для пояснень його змісту у «лапках». У більшості випадків це не є конче необхідним. Більш того, при цьому відволікається увага від форми

написання, оскільки символ без «лапок» та символ з «лапками» можуть при першому розгляді сприйматися як різні. Це тільки на перший погляд здається, що всі у ілюстрації якогось наукового явища бачать одне й те саме. Насправді мозок студента аналізує запропоноване викладачем зображення на основі своїх власних уявлень та знань. Власне, ілюстрація і є способом використати додаткові можливості психіки людини для більш швидкого та ефективного процесу розуміння матеріалу. Але студент бачить тільки те, що може побачити – деталі, які ні з чим не асоціюються проходять повз його увагу і не фіксуються у пам'яті. Простіше кажучи, зоровий механізм, проходячи крок за кроком по властивій тільки для нього схемі зображення, подрібнює ілюстрацію і викидає з неї «зайві» елементи. Зайвим він вважає все те, що не асоціюється з вже відомими об'єктами або з їх інтуїтивним уявленням. Звідси цілком природній критерій для символічного зображення – мінімалізм. Будь-яка символічна конструкція (формула) повинна виглядати якомога простіше та лаконічніше. Це означає, головним чином, відсутність будь-якої деталі, без якої можна обійтись, не обмежуючи основну ідею, яка була джерелом появи ілюстрації.

- ✓ *Відносні розміри символів.* Величина символів у формулах теж має значення. Особливо у порівнянні розмірів одних символів з розмірами інших.

У цьому питанні є декілька аспектів. По перше, потрібно мати чітке уявлення про те, який саме зміст певного символу вплинути на розмір, котрим потрібно його виділити. Наприклад, у формулі

$$"f(x_1, x_2, \dots, x_k) = 'U'_{a \in \tau('U'_{i \in 1:k} v(x_2, a))},"$$

виділений символ **U** майже вдвічі перевищує розмір більшості символів. Складається враження, що буква **U** завдяки своєму розміру має якесь виключне значення у формулі. Це може бути використано для виділення об'єктів, які мають загальнотеоретичне значення та відомі, як

широковживані об'єкти. Крім того, у цій букві ще присутній надрядковий символ, що за відсутності пояснень може сприйматися, як лапки або як частина самого символу. Друга проблема, пов'язана з розмірами символів, полягає у тому, що фокусування кута зору може відбуватися при сприйнятті формули багато разів. Наслідок – зайвий час і втома. Третя проблема – підсимвольні знаки меншого розміру, ніж допоміжна символіка.

- ✓ *Дотримання міжнародно визнаної символіки.* Використання специфічних символів у текстових редакторах, які погано транспортуються у інші інформаційно-програмні середовища, можуть призвести до суттєвої зміни зовнішнього вигляду символу і втрати адекватного вигляду.

Викривлення деяких символів при перенесенні в інше середовище призводить до того, що один і той же символ (в залежності від ситуації) може в одному і тому ж середовищі виглядати по-різному. Це може призвести до сприйняття його в різних варіантах як символів з різними властивостями (різним змістом). Дуже часто символи без належного контролю переносяться з текстових редакторів до інтернет-сторінок, наприклад, з математики. В результаті, окрім очікуваної втрати деяких формул, набраних у специфічних символічних редакторах у вигляді вбудованих об'єктів, спотворюються також символи текстовому формату, оскільки не на всіх серверах належним чином організована підтримка відображення специфічних символів деяких національних абеток. Неадекватність інформаційної форми використання символів у комплексі позначень може призводити до макровикривлень.

Приклад.
$$\frac{b^2}{a^2} = \frac{c^2}{a^2} - 1 \text{ т.е. } \frac{b}{a} = \sqrt{\varepsilon^2 - 1} \text{ и } \varepsilon = \sqrt{1 + \left(\frac{b}{a}\right)^2}.$$

При перенесенні у інше інформаційне середовище частина формули виявилася прихованою від спостерігача без можливості поновити повноцінний перегляд, тобто її частина втрачена безповоротно. Приклад неохайного використання інформаційних можливостей для побудови символічних формул:

Очевидно, що у правому кутку ми бачимо не фрагмент формули, а її запис у редакторі TeX, що має виключно технічні причини.

Ще один спосіб спростити процес введення символів у формулу - використати замість символів спеціального призначення літер латинської (або навіть специфічно-національної) абетки, які зовні схожі на відповідний операнд у формулі. Наприклад, латинська буква V схожа на римське число 5 або на операцію «кон'юнкція» в алгебрі логіки і тощо.

Лінгвістичні перетини національних символів, недоречність деяких абревіатур. Наприклад, використання літери «П» у математичних курсах для позначення декартового добутку певної кількості множин походить від першої літери слова «Произведение». Однак у іншомовному контексті, наприклад українському, таке позначення може за відсутності відповідних пояснень (уточнень) втратити мнемонічність, оскільки відповідний термін починається з іншої літери (наприклад, слово «Добуток», відповідне до слова «Произведение» починається на іншу букву). Звісно, використання літери «П» у зазначеному вище прикладі може бути цілком виправдане з математичної, а не з методичної, точки зору, оскільки таке позначення є усталеним і, крім значення «Произведение», може означати «Прямий добуток». Приклад пояснення: Декартів добуток (= повний прямий добуток) груп: $\prod_i \in G_i$. Крім того, як зазначено вище, використання деяких характерних для національних абеток символів має низький коефіцієнт транспортабельності у різних інформаційних джерелах.

Диференціація виглядом. Спільне використання схожих між собою символів в одному контексті. Наприклад, у деяких формулах буква «l», яка звучить як «ель», дуже схожа на число «1» - один. Це може призводити до непорозумінь, особливо тоді, коли відсутні пояснення автора тексту про те, як слід інтерпретувати написання такого символу. Хоча, навіть за наявності таких пояснень, відрізнити деякі символи (як у

наведеному прикладі), практично неможливо. З'ясувати це можливо, але витрати часу непродуктивні.

Використання різних символів до позначення однієї і тієї ж операції або зв'язку у різних документах, пов'язаних однією темою (позначення кон'юнкції, заперечення і т.і.) збільшує витрати часу та виникнення тимчасових непорозумінь при розпізнаванні природничого тексту. Наприклад, у спеціалістів не викликає проблем при сприйнятті формул алгебри логіки, у яких операція кон'юнкції може бути позначена декількома способами: $a \& b$, $a \cdot b$, $a \wedge b$, або просто ab . Студент, якщо він не знає деяких символів для позначення операції кон'юнкції, може дізнатися про них. Але нам необхідно при цьому поррахувати, скільки у нього піде часу на це завдання в залежності від способу, яким він має намір скористатися. У збірнику задач, звісно, може бути пояснення значення символу, але його відсутність може не викликати у автора занепокоєння, якщо цей збірник задач супроводжує підручник того ж автора, який він уявляє собі як єдиний навчально-методичний комплекс. Крім того, специфіка самостійної роботи студента часто полягає у використанні окремих фрагментів матеріалу, які іноді не містять жодних пояснень (фрагменти конспектів або окремі аркуші, часто з використанням фотокамер у портативних пристроях). Використання усталених у математиці символів для інших за змістом позначень треба обов'язково виділяти окремим поясненням. Наприклад, штрих у правому верхньому кутку символу не обов'язково є позначенням похідної, на що потрібно окремо звернути увагу студентів.

Диференціація форматом. Виділення певної групи символів у певному місці окремим форматом може бути виправдане суттєвими відмінностями у властивостях виразів, до яких вони входять, у порівнянні з іншими символами.

Основний критерій у цьому випадку полягає у тому, щоб формат виділення різних груп символів був спільною властивістю однакових за належністю символів. Одна з проблем використання полягає у тому, що у

деяких інформаційних середовищах, наприклад на інтернет-сторінках з формулами природничого спрямування, після певної дії користувача колір символів може змінитися. При цьому ця зміна не є «запланованою автором». Очевидні втрати часу на з'ясування цього питання.

Змістовність використання символів. Використання різних символів до позначення одного і того ж об'єкту у різних місцях документу у деяких випадках цілком доцільне. Але якщо матеріал поданий як єдине ціле з навчальною метою, таке використання символів неприпустиме, оскільки під час остаточного засвоєння студент змушений буде звертатись до формул, які містять один символ, який змінює своє змістове значення в залежності від розташування.

Використання означених символів. Відсутність пояснення значення певного символу є грубим порушенням правил оформлення математичного тексту.

Підхід до цієї проблеми залежить від конкретної форми навчального процесу. Якщо це відбувається під час лекції, то студенти мають змогу з'ясувати все одразу у випадку, коли викладач забув пояснити значення символу. Якщо ж з деяких причин це не відбудеться, зміст символу на деякий час буде втрачено, а з ним – зміст формули, до якої він входить. Якщо символ зустрічається у методичному посібнику, то його означення повинно бути поруч із формулою, або на початку друкованого видання. Але означення певного символу може бути дане у важкодоступному місці. Наприклад, символ використаний на 117-й сторінці, а його означення – на 33-й, наприклад після введеної формули. Якщо сторінка взагалі не вказана, потрібно буде прочитати весь документ з самого початку, щоб знайти відповідне місце. Ще складніше, коли пояснення значення символу йде після його вживання у документі.

Символи «критичні» до зміни форми у виразах. Невірно психологічно або змінене програмним середовищем зображення символу може змінити зміст формули на протилежний.

$P(x) \rightarrow Q(x) \equiv \overline{P(x)} \vee Q(x)$, то $I_{P \rightarrow Q} = I_P \cup I_Q = CI_P \cup I_Q$. У даному прикладі

на перший погляд міститься протиріччя: справді, остання рівність стверджує, що дві формули, у першій з яких одна з множин об'єднується з іншою множиною, а у другій - з її доповненням, що не можливо, оскільки вони не перетинаються. Причина такого міркування полягає у хибному сприйнятті переліку використаних символів у формулі. А саме: зображення $I_P \cup$ у формулі $I_P \cup I_Q$ сприймається так само, як зображення її доповнення $CI_P \cup$ у формулі $CI_P \cup I_Q$. Помилку сприйняття легко виявити, якщо розглянути

збільшене зображення тих же самих фрагментів: $I_P \cup$ та

$CI_P \cup$

. У правому присутній символ P, у правому – над цим символом можна знайти ледь помітну риску над символом. Це так звані діакритичні знаки. Введемо ці фрагменти за допомогою засобів редактору

Word: $I_P \cup$ та $CI_P \cup$. Тепер різниця очевидна. Якщо уникати критичних стосовно сприйняття символівних елементів, то ситуації на кшталт щойно розглянутої будуть з'являтися значно рідше.

Геометрія розташування формул та символів. «Розірвані» формули – це декілька окремих формул з точки зору сприйняття, хоча за змістом мова йде про одну формулу. Чи припустимо розташовувати «довгі» формули частинами? Мається на увазі розташування двох або більше частин у різних місцях поверхні презентації. Різні частини дошки сприймаються по різному. Перевід фокусу з однієї частини дошки до іншої змінює систему координат, у якій людина сприймає символічно-графічні об'єкти.

Центри фокусування є ключем для розуміння важливості геометрії застосування формул. Для ефективного подрібнення ілюстративної інформації, як вже зазначалося, зорова система повинна створити певну

кількість центрів фокусування. Чим більше окремих змістових блоків містить ілюстрація, тим більше центрів фокусування буде створено. При цьому аналіз цих центрів відбувається одночасно, оскільки мозок намагається розглядати його як єдине ціле. Єдиний спосіб досягнути сутність ілюстрації – це ієрархічна система інтелектуального супроводу процесу розпізнавання [1]. Це зумовлено тим, що у оперативній пам'яті людини одночасно може утримуватися не більше 7 ± 2 понять-ознак [2]. Однак, це максимальний показник, досягнення якого можливе в умовах зосередженого самостійного аналізу. У реальному навчальному процесі на процес засвоєння інформації впливає велика кількість чинників. Використання близьких за геометрією символів, наприклад α та a , у безпосередній близькості одне до одного є типовим перевантаженням форми з точки зору сприйняття.

Наведемо приклад реалізації експерименту з курсу «Загальна фізика», тема «Хвильова оптика». Згідно представленими нами критеріям в результаті евристичної бесіди (для бліц опитування використовувалися технології SmartBoard, GoogleDocs), проведеної на лекційному занятті, була визначена більш ефективний спосіб подання символів. Для контрольної (73 особи) та експериментальної груп (75 осіб) на самостійний розгляд теми в системі Moodle було представлено матеріал з двома видами символів до теми «Хвильова оптика» (рис. 3). За результатами тестування контрольної та експериментальної груп було отримано дані. Перевірка статистичної гіпотези відбувалася використанням t -критерію Стьюдента. Результати такі $5,11 = t_{\text{емп}} > t_{\text{кр}}(0,01; 63) = 2,63$ при рівні значущості $\alpha = 0,01$. Що означає, що нульова гіпотеза H_0 про відсутність різниці між усередненим результатом рішення тестових завдань групами при рівні значущості 0,01 відхиляється. Тобто, можна говорити про різний рівень вирішення тестових завдань з теми «Хвильова оптика» між контрольною та експериментальними групами.

Аналогічні результати було прослідковано при розгляді теми «Перетворення логічних формул» за курсом «Математична логіка». Було здійснення дослідження впливу характеру співвідношення об'єкт-форма на ефективність сприйняття смислової частини матеріалу. Запропоновані завдання були забезпечені символами у двох способах подання, один із прикладів яких наведено на малюнках нижче:

Формули першої групи подання:

$$\overline{xy} \vee x\overline{y}(\overline{y \vee z}), (x + (y \vee x\overline{y}z)) \rightarrow (\overline{x} \vee y) z;$$

$$(x \rightarrow x' \vee y \& z) \Rightarrow (x \downarrow y' \rightarrow z);$$

$$(x \vee y) \overline{z} \rightarrow (x \uparrow y \Leftrightarrow \overline{y} \vee \overline{z});$$

$$x \vee \sim y \rightarrow x \oplus y (x \rightarrow \sim z) \vee x (y \Leftrightarrow \sim z); \overline{x \vee y} \cdot (x \cdot \overline{y}) \approx 0,$$

$$X \& Y \vee X \& \overline{Y} \& Z \vee \overline{Y} \& X \& \overline{Z}$$

Формули другої групи подання:

$$\overline{x \wedge y} \vee ((x \wedge \overline{y}) \wedge (\overline{y \vee z}))$$

$$(x \oplus (y \vee (x \wedge \overline{y} \wedge z))) \Rightarrow (\overline{x} \vee y) \wedge z$$

$$(x \Rightarrow (\overline{x} \vee (y \wedge z))) \Rightarrow ((\overline{x} \vee y) \wedge z)$$

$$((x \vee y) \wedge \overline{z}) \Rightarrow ((x \downarrow y) \Leftrightarrow (\overline{y} \vee \overline{z}))$$

$$(x \vee \overline{y}) \Rightarrow (x \oplus ((y \wedge (x \Rightarrow \overline{z})) \vee (x \wedge (y \Leftrightarrow \overline{z}))))$$

$$\overline{x \vee y} \wedge (x \wedge \overline{y}) \Leftrightarrow 0$$

$$(x \wedge y) \vee (x \wedge \overline{y} \wedge z) (\overline{y} \wedge x \wedge \overline{z})$$

У формулах першої групи подання ми навмисне застосували цілу низку порушень, вказаних вище у критеріях. Мова йде про: 1) невмотивована зміна розмірів символів, які мають однакову змістову вагу; 2) використання дублюючих символів для ідентичних логічних операцій; 3) заміна дужок відношенням пріоритетів логічних операторів, яке у початковий період вивчення дисципліни перевантажує увагу студентів через збільшення центрів уваги, про що йшлося вище; 4) зміна регістру символів без належного обґрунтування або відсутності мотивації; 5) використання подвійних заміन значущих символів. У формулах другої групи подання ми використали однозначно-уніфіковану модель формування всіх об'єктів символічного типу, яка задовольняє критерію мінімальності і яка повинна була сприйматися як перелік однотипних вправ з акцентацією на чіткий перелік правил виконання згідно відповідних законів алгебри логіки.

Кількість осіб контрольної групи - 63, експериментальної - 54. Теми було представлено з відповідним розбігом формату символів відповідно до ілюстрацій (рис. 1). Для даної вибірки було прийнято рішення використовувати критерій Крамера-Уелча. Результати такі $2,786 = t_{em} > T_{kp}(0,05) = 1,97$ при рівні значущості $\alpha = 0,05$. Що означає, що нульова гіпотеза H_0 про відсутність різниці між усередненим результатом рішення тестових завдань групами при рівні значущості 0,05 відхиляється. Тобто, можна говорити про різний рівень вирішення тестових завдань з теми «Перетворення логічних формул» між контрольною та експериментальними групами.

У процесі проведення експерименту доречним виступає альтернативний алгоритм поліпшення сприйняття матеріалу шляхом формування символів за допомогою студентів. А саме: формуємо студентам завдання для самостійного ЕСЕ. ЕСЕ містить ряд малюнків за одною темою. Завдання студента: скласти порівняльну таблицю аналізу використання символів за наведеними критеріями.

Порівняльна таблиця аналізу
критеріїв подання символічних об'єктів у формулах

№ п/п	Символ 1 (V)		Символ 2 (U)		Символ (П)	
	+	-	+	-	+	-
<i>Мінімалізм</i>						
<i>Відносні розміри символів</i>						
<i>Дотримання міжнародно визнаної символіки</i>						
<i>Диференціація виглядом</i>						
<i>Диференціація форматом</i>						
<i>Змістовність використання символів</i>						
<i>Використання означених символів</i>						
<i>Символи «критичні» до зміни форми у виразах</i>						
<i>Геометрія розташування формул та символів</i>						

Резюме. В статті розглядаються основні критерії раціонального використання формальних символів у навчальному матеріалі природничих дисциплін.

Ключові слова: Інформаційно-комунікаційні технології, навчальний процес, наочність.

Список використаних джерел

1. Ротштейн, А. П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткая логика, генетические алгоритмы, нейронные сети / А. П. Ротштейн. - Винница : УНИВЕРСУМ-Винница, 1999. - 320 с.
2. Miller G.A. The Magic Number Seven Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information //Psychological Review.- 1956.- № 63.- p. 81-97.
3. Литлвуд Дж. Математическая смесь -М.: Наука, 1990
4. Дмитрий Бодненко, Сергей Радченко, Иван Юртын “Использование иллюстраций для улучшения восприятия материала при изучении естественных наук” // International Scientific Conference SOCIETY, INTEGRATION, EDUCATION , May 23-24, 2014, Latvia, Rezekne Higher Education Institution, Faculty of Education and Design in collaboration with Ecoinstitute Friuli Venezia Giulia, Italy, and Borys Grinchenko Kyiv University, Ukraine, s. 356-365. (Була відправлена та надрукована у 2014 році). Науко метрична база: / Thomson Reuters Conference Proceedings Citation Index-Science (ISI Web of Science data base (after additional reviewing))/
5. Вітвицька С.С. Основи педагогіки вищої школи: Методичний посібник для студентів магістратури. Київ: Центр навчальної літератури, 2003. – 316 с.
6. Кузьмінський А.І. Педагогіка вищої школи: Навч. Посіб. К.: Знання, 2005. – 486 с.
7. Nicole, Kristen. YouTube Launches in Australia & New Zealand, Mashable (October 22, 2007). Проверено 3 августа 2009.

8. Joshi, Sandeep. YouTube now has an Indian incarnation, The Hindu (May 8, 2008). Проверено 3 августа 2009.
9. Presentan hoy YouTube México (Spanish). El Universal (October 11, 2007). Архивировано из первоисточника 16 февраля 2012. Проверено 9 сентября 2010.
10. Lavrentjev G. V. (2002) Innovation technologies in training future teachers the professional education. P. II, - Barnaul, Altai State University, – 232 p.
11. Lavrentjev G. V. (2002) Innovation technologies in training future teachers the professional education. P. I, - Barnaul, Altai State University, – 156 p.
12. MARSHALL McLuhan (1964) Understanding media: the extensions of man McGraw-Hill, – 458 p.
13. N. V. Efimov (2004) Higher Geometry (Russian) M.: Fizmatlit, – 584 p.
14. European Applied Sciences, November-December, 2013. p.68–73.
15. Physics for secondary specialized schools. Z Zhdanov LS, GL Zhdanov - 2nd ed. Rev. Kiev Vishcha school. Head Publishers, 1982. – p. 339.
16. Volume 3. Optics. Quantum physics. / Kucheruk IM, Horbachuk I.T.. General physics course: A 3 t: Teach. guidances. for students. high. Sc. and ped .. bookmark. SALT. // Edited by I. .. Kucheruk. - K.: Technology, 1999. – p. 32.