



УДК 303.4.025+37.025.7+372.853

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ КУРСУ «МАТЕМАТИЧНИЙ АПАРАТ ФІЗИКИ» ЩОДО РОЗВИТКУ КРИТИЧНОГО МИСЛЕННЯ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ФІЗИКИ

Даценко І.П., асистент
кафедри фізики та методики її викладання
Запорізький національний університет

У статті порушено проблему оцінювання рівня розвитку критичного мислення студентів у галузі фізики. Пропонується до уваги спеціально створений тест, який базується на використанні міжпредметних зв'язків фізики й математики. Представлено результати дослідження ефективності пропедевтичного курсу «Математичний апарат фізики» стосовно розвитку критичного мислення майбутніх учителів фізики.

Ключові слова: критичне мислення, педагогічний експеримент, математичний апарат фізики, міжпредметні зв'язки, тест на критичне мислення.

В статті затронута проблема оцінювання рівня розвитку критичного мислення студентів в області фізики. Пропонується до уваги спеціально створений тест, базуючийся на використанні міжпредметних зв'язків фізики й математики. Представлено результати дослідження ефективності пропедевтичного курсу «Математичний апарат фізики» стосовно розвитку критичного мислення майбутніх учителів фізики.

Ключевые слова: критическое мышление, педагогический эксперимент, математический аппарат физики, межпредметные связи, тест на критическое мышление.

Datsenko I.P. THE STUDY OF THE "MATHEMATICAL APPARATUS OF PHYSICS" EFFECTIVENESS FOR CRITICAL THINKING DEVELOPMENT OF PHYSICS TEACHERS TO BE

The article deals with the issue about level estimation of critical thinking development. The author offers new test, based on interdisciplinary relations of physics and mathematics. Research results of effectiveness of special propaedeutic course for critical thinking development of future physics teachers are presented in the article.

Key words: critical thinking, educational experiment, mathematical apparatus of physics, interdisciplinary relations, critical thinking test.

Постановка проблеми. У зв'язку з інтересом до проблеми критичного мислення постає питання стосовно оцінювання рівня його розвитку. Сьогодні тести на критичне мислення широко використовуються у Сполучених Штатах Америки та Європі як окремі екзамени для школярів і студентів, як складові екзаменів із різних дисциплін, а також при прийомі на роботу фахівців різної кваліфікації. Знайдені нами напрацювання українських учених у цьому напрямі включають адаптацію англомовних тестів, а в деяких випадках являють собою просто їх переклад.

Займаючись питаннями розвитку критичного мислення майбутніх учителів фізики, ми також зацікавилися створенням тестів, які б дали змогу оцінити вплив розробленої нами методики на розвиток критичного мислення студентів у галузі фізики.

Ступінь розробленості проблеми. Оскільки термін «критичне мислення» виник ще на початку ХХ століття, з того часу проведено чимало різноманітних експериментальних досліджень.

Частина дослідників вважає, що навички критичного мислення можуть бути узагальнені та описані без прив'язки до певної галузі знань і формувати їх потрібно окремо в узагальненому вигляді через упровадження окремого курсу [1; 2]. Перевіряти зміни в рівні розвитку критичного мислення студентів після вивчення такого спеціально організованого курсу найчастіше пропонується за допомогою стандартизованих тестів. Найбільш поширеними серед них є *Watson-Glaser Test* [3] і *California Critical Thinking Skills Test* [4]. Обидва тести базуються на певних моделях критичного мислення, прийнятих компаніями-розробниками; за формою складаються із запитань із вибором правильної відповіді, розрахованих на короткий проміжок часу. Наголосимо ще раз на тому, що розглядувані тести не прив'язані до певної галузі знань: тематика їхніх завдань охоплює широке коло питань і ситуацій, які середній респондент здатен зрозуміти, навіть якщо він не дуже добре знайомий із предметною галуззю. Те саме стосується й тих широко застосовуваних тестів здібностей людини, де

перевірка навичок критичного мислення є однією зі складових тесту [5; 6].

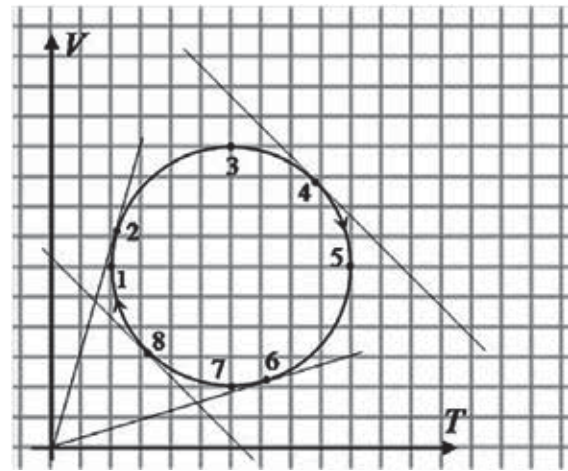
Інші дослідники переконані, що навички критичного мислення можуть бути сформовані лише в контексті певної галузі знань [7–11]. При такому підході знання й навички мислення мають набуватися одночасно, а критичне мислення розглядається як спосіб вивчення будь-якої галузі знань. Розробники *International Critical Thinking Test* спробували врахувати специфіку предметної галузі [12]. Виконуючи тест, респондент повинен прочитати запропонований текст і дати розгорнуті відповіді на запитання стосовно його головної ідеї, гіпотез, понять, висновків тощо. Специфіка галузі тут відображена саме у використуваному тексті: для тестування викладач може обрати розділ підручника, передову статтю чи професійне есе за потрібною темою. Але виконувати й перевіряти такий тест не надто зручно.

Чимало дослідників використовують суттєво інші підходи до оцінювання рівня розвитку критичного мислення, які базуються на застосуванні рефлексії [13; 14] або створюють власні тести [15; 16]. На основі аналізу 42 емпіричних досліджень, що були проведені між 1994 та 2009 роками, автори [7] дійшли висновку, що стандартизовані тести мають певні обмеження щодо виявлення змін у критичному мисленні, особливо якщо це стосується застосування критичного мислення в конкретній галузі знань.

На нашу думку, здатність людини критично мислити в рамках певної галузі знань суттєво спирається на ті специфічні техніки і стратегії отримання умовиводів, які в ній використовуються. Приклад фізики в цьому стосунку є достатньо показовим: більшість методів цієї науки базуються на застосуванні математики. Для майбутніх учителів фізики в Запорізькому національному університеті був уведений спеціальний курс «Математичний апарат фізики», який спрямований на формування навичок критичного мислення на основі міжпредметних зв'язків [17; 18]. Для перевірки ефективності курсу щодо розвитку критичного мислення нами був створений спеціальний тест, про результати використання якого далі й піде мова.

Мета статті – порушити проблему оцінювання рівня розвитку критичного мислення студентів у галузі фізики.

Виклад основного матеріалу. Розроблений нами тест був створений на матеріалі навчальної дисципліни «Молекулярна фізика та термодинаміка» курсу загальної фізики. Наведемо далі його умову.



На рисунку зображено зв'язок між об'ємом V та температурою T для незмінної кількості ν ідеального одноатомного газу під час деякого кругового процесу.

Нагадування: 1. Рівняння стану ідеального газу має вигляд $pV = \nu RT$ де p – тиск, R – універсальна газова стала.

2. Внутрішня енергія U ідеального одноатомного газу визначається формулою .

$$U = \frac{3}{2} \nu RT ,$$

Позначте правильність або хибність наведених далі тверджень знаками «+» або «-».

1. Об'єм газу набуває максимального значення в точці 4.
2. Об'єми газу в точках 1 і 5 однакові.
3. При переході 2→3 об'єм газу збільшується.
4. Температура газу набуває максимального значення в точці 5.
5. Температура газу в точці 3 більша за його температуру в точці 7.
6. Температура газу при переході 8→1 зростає.
7. Внутрішня енергія газу протягом усього процесу залишається незмінною.
8. Внутрішня енергія газу в точках 3 і 7 однакова.
9. Внутрішня енергія газу є найменшою в точці 8.
10. Внутрішня енергія газу зменшується при переході 1→2.
11. Вираз V/T набуває мінімального значення в точці 7.
12. Вираз p/T набуває мінімального значення в точці 3.
13. Вираз pV набуває максимального значення в точці 5.
14. Тиск газу в точці 3 більший за його тиск у точці 5.
15. Тиск газу в точці 4 більший за його тиск у точці 8.
16. Точки 7 і 5 належать одній ізобарі.



17. Точки 1 і 7 належать одній ізотермі.

18. Вираз VT набуває мінімального значення в точці 8.

19. Вираз p/T^2 набуває мінімального значення в точці 4.

20. Вираз pT набуває максимального значення між точками 5 і 6.

Наведений тест студенти виконували двічі: перший раз – перед початком вивчення курсу «Математичний апарат фізики», на початку I семестру; другий раз – на початку III семестру, до вивчення курсу «Молекулярна фізика та термодинаміка». Звичайно, деякі поняття мали бути знайомими ще зі школи, але наш досвід свідчить про те, що цей факт не дуже допомагає під час виконання тесту. Більше того, необхідний фактичний матеріал із фізики був наведений прямо в умові. А для успішного виконання запропонованого завдання необхідно було використати навички застосування математичних знань до незнайомої фізичної ситуації, зокрема виконання завдань потребувало взаємного перекладу інформації, представленої в різних формах: графічній, текстовій, у вигляді формул. Крім цього, студентів попередили про спеціально введену систему штрафів: якщо за кожну правильну відповідь нараховувався 1 бал, то за кожну неправильну – загальна сума зменшувалася на 0,25 бала. Отже, з одного боку, студенти мусили використовувати методи перевірки отриманих відповідей, а з іншого – обирати, чи ставити відповіді навмання з надією вгадати, чи краще не сподіватися на долю й залишити запитання

без відповіді. І що також важливо, час на виконання цієї роботи був досить обмежений – 25 хвилин.

В експерименті взяли участь 155 студентів фізичного факультету Запорізького національного університету (експеримент проходив із 2010 по 2014 роки). За результатами експерименту були побудовані гістограми, які відображали розподіл студентів за рівнями виконання діагностичної роботи (кількістю набраних балів). На рис. 1 світло-сірим кольором зображено результати студентів до вивчення дисципліни «Математичний апарат фізики», темно-сірим кольором – через один семестр після закінчення її вивчення.

Для статистичної перевірки твердження про те, що вивчення курсу «Математичний апарат фізики» сприяє підвищенню результативності виконання студентами створеної діагностичної роботи використаємо критерій Вілкоксона [19, с. 87]. Сформулюємо нульову й альтернативну гіпотези:

– нульова гіпотеза H_0 полягає в тому, що вивчення студентами курсу «Математичний апарат фізики» не впливає на результат виконання ними діагностичної роботи;

– альтернативна гіпотеза H_1 полягає в тому, що вивчення студентами курсу «Математичний апарат фізики» впливає на успішність виконання ними діагностичної роботи.

Для розрахунку критерію Вілкоксона було використане програмне забезпечення STATISTICA 6.1. Отримані результати свідчать про те, що критерій є значимим на

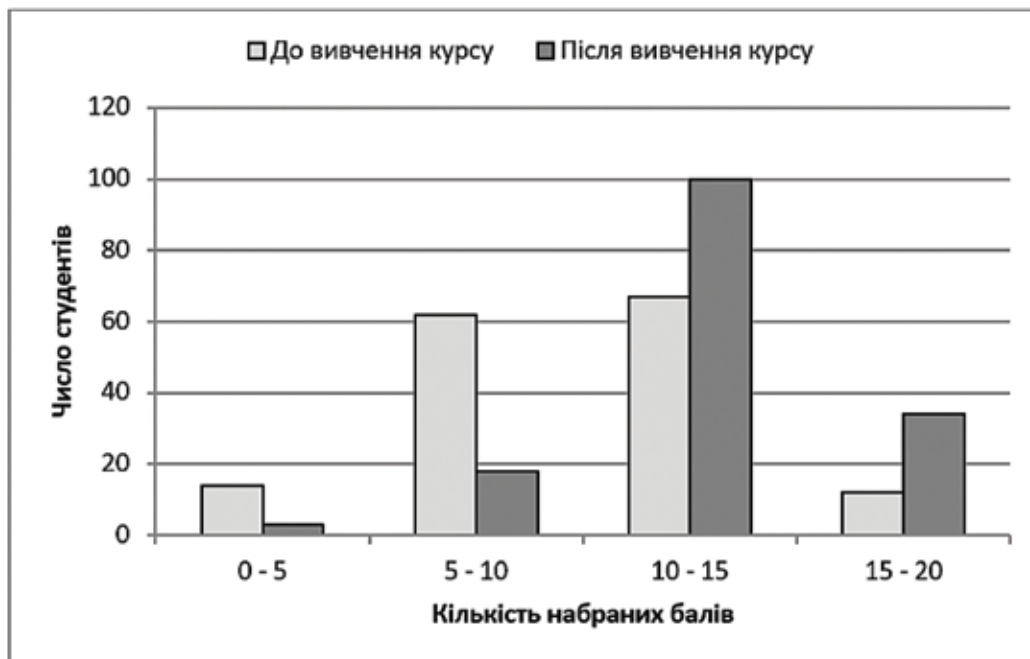


Рис. 1. Порівняння результатів виконання тесту до та після вивчення курсу «Математичний апарат фізики»

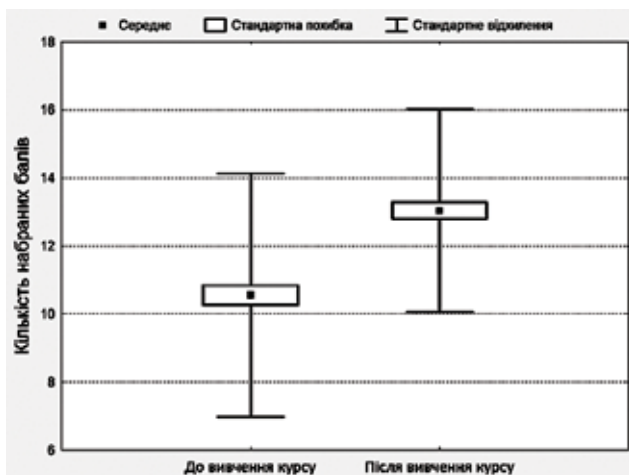
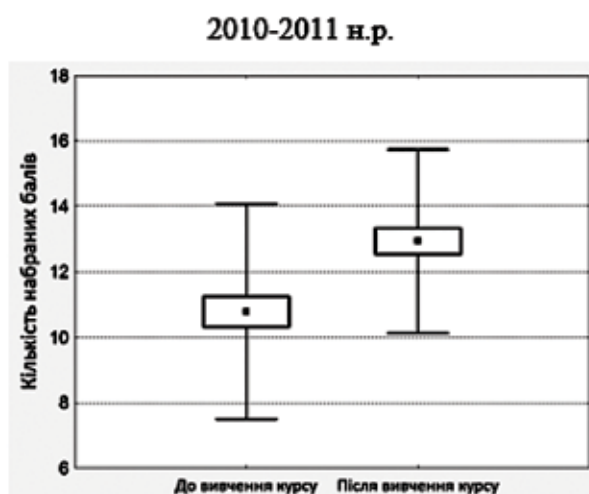


Рис. 2. Порівняння результатів виконання тесту до та після вивчення курсу «Математичний апарат фізики» за допомогою діаграми розмаху

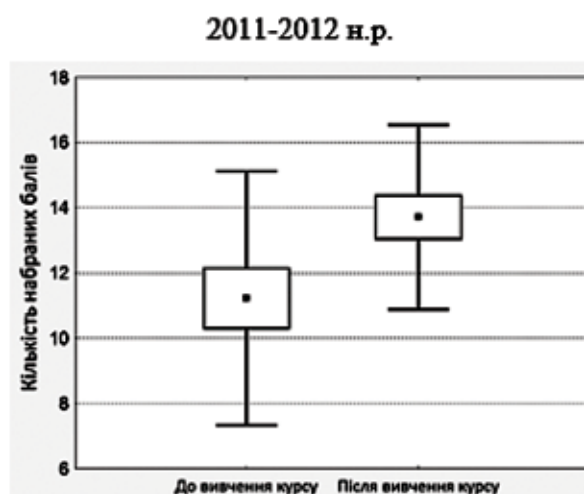
рівні $p < 0,01$. Це означає, що з імовірністю, більшою за 99%, правильною є альтернативна гіпотеза, тобто вивчення студентами курсу «Математичний апарат фізики» підвищує успішність виконання ними діагностичної роботи.

Для візуалізації результатів наведемо діаграму розмаху (див. рис. 2), побудовану теж за допомогою системи STATISTICA, на якій зображено середнє значення вимірюваної величини, а також межі стандартної похибки і стандартного відхилення. Із наведеної діаграми ясно видно, що результат виконання студентами діагностичної роботи *після вивчення курсу* «Математичний апарат фізики» має більше середнє значення та менший розкид результатів, ніж *до вивчення курсу*.

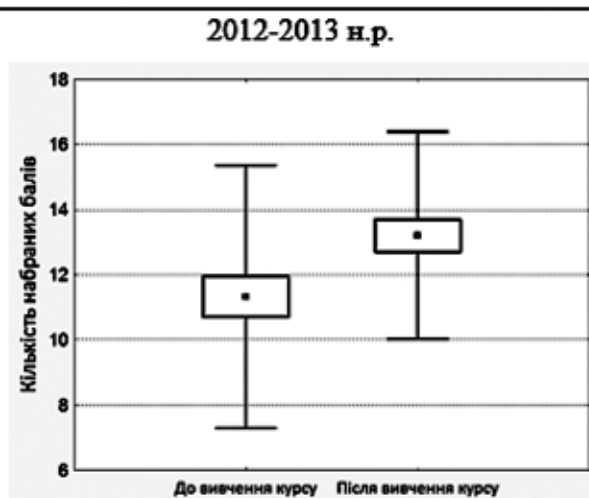
Варто звернути увагу на той факт, що експеримент проходив протягом 4 навчаль-



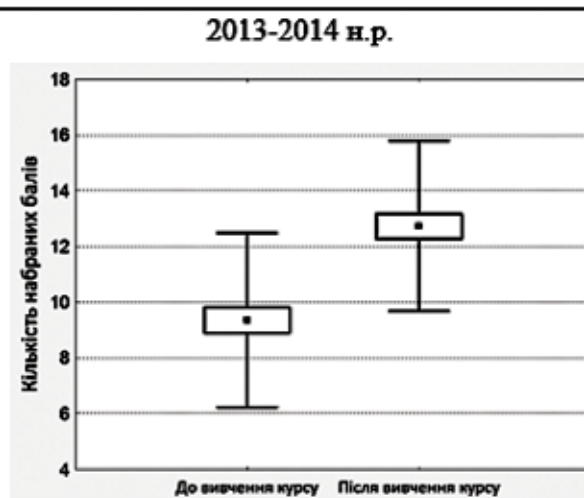
критерій є значимим на рівні $p < 0,01$



критерій є значимим на рівні $p < 0,01$



критерій є значимим на рівні $p < 0,01$



критерій є значимим на рівні $p < 0,01$

Рис. 3. Діаграми розмаху результатів виконання тесту за роками й рівень значимості критерію Вілкоксона



них років. За цей час зазнавала змін програма курсу «Математичний апарат фізики» й доповнювалося його методичне забезпечення. Тому доцільно буде розглянути результати виконання студентами діагностичної роботи в межах кожного навчального року (для студентів, котрі навчалися за абсолютно однакових умов). Отже, маємо 4 вибірки експериментальних даних: 2010–2011 н. р. (49 студентів), 2011–2012 н. р. (18 студентів), 2012–2013 н. р. (41 студент) і 2013–2014 н. р. (47 студентів).

Для статистичної обробки будемо використовувати знову-таки критерій Вілкоксона. Нульова й альтернативна гіпотеза залишаються такими самими: H_0 – вивчення студентами курсу «Математичний апарат фізики» не впливає на результат виконання ними діагностичної роботи; H_1 – вивчення студентами курсу «Математичний апарат фізики» впливає на результат виконання ними діагностичної роботи.

Далі наведемо діаграми розмаху результатів за роками (див. рис. 3) і результати обчислення критерію Вілкоксона за допомогою програми STATISTICA.

Як бачимо, обчислення значення критерію Вілкоксона свідчить про те, що для всіх випадків критерій є значимим на рівні $p < 0,01$. Це означає, що з імовірністю, більшою за 99%, правильною в кожному випадку є альтернативна гіпотеза, тобто вивчення студентами курсу «Математичний апарат фізики» підвищує успішність виконання ними діагностичної роботи.

Ми спеціально звертали увагу студентів на те, що за помилкові відповіді будуть нараховуватися штрафні бали. Цікавим є також питання, чи вплинуло вивчення курсу «Математичний апарат фізики» на кількість неправильних відповідей під час виконання діагностичної роботи.

Проаналізуємо спочатку загальні результати (за 4 роки експерименту). На рис. 4 подані гістограма та відповідна діаграма розмаху, з яких можна зробити висновок, що середнє значення помилкових відповідей після вивчення курсу зменшилось.

Цей якісний висновок підтверджується застосуванням критерію Вілкоксона для статистичної обробки отриманих даних. Розрахунок показує, що критерій є значимим на рівні $p < 0,01$. Це означає, що з імовірністю, більшою за 99%, вивчення студентами курсу «Математичний апарат фізики» приводить до зменшення кількості неправильних відповідей у діагностичній роботі.

Що стосується результатів за різними роками, то для економії місця ми не будемо наводити їхню візуалізацію. Скажемо лише, що гіпотеза про вплив вивчення студентами курсу «Математичний апарат фізики» на кількість помилок у діагностичній роботі підтвердилася з імовірністю, більшою за 99%, для студентів 2010–2011, 2011–2012 і 2013–2014 н. р.

Висновки. Для перевірки результативності курсу «Математичний апарат фізики» щодо розвитку критичного мислення майбутніх учителів фізики був створений спеціальний тест, який базувався на основі міжпредметних зв'язків фізики й математики.

Проведений протягом чотирьох років експеримент показав, що з імовірністю 99% вивчення курсу «Математичний апарат фізики» покращує результативність виконання розробленого тесту. Крім цього, була помічена тенденція до зменшення кількості помилок під час виконання завдань тесту після вивчення курсу «Математичний апарат фізики».

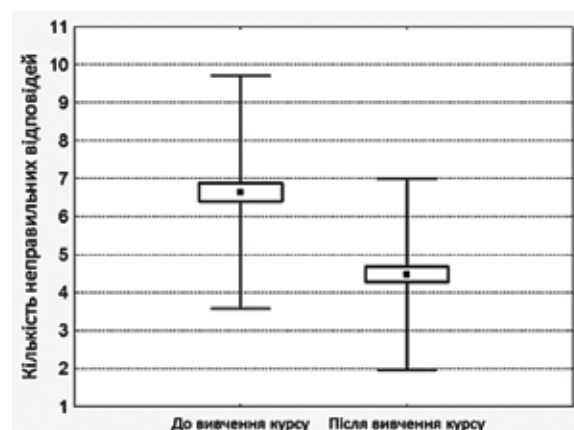
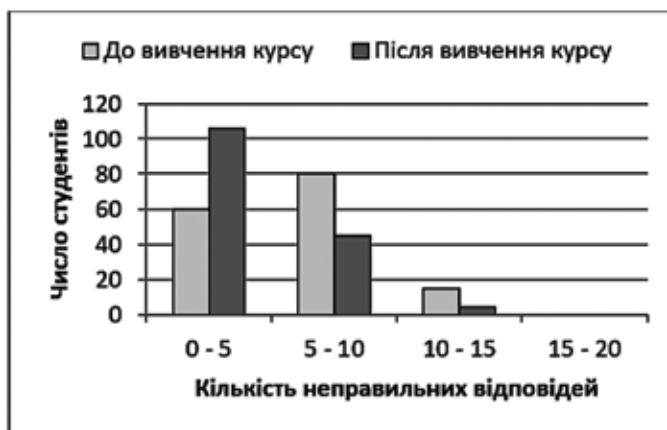


Рис. 4. Гістограма й діаграма розмаху для кількості неправильних відповідей під час виконання тесту до та після вивчення курсу «Математичний апарат фізики»



ЛІТЕРАТУРА:

1. Gelder T. Teaching critical thinking: Some lessons from cognitive science / T. Gelder // *College Teaching*. – Taylor & Francis, Ltd., 2005. – Vol. 53, № 1. – P. 41–48.
2. Halpern D.F. Assessing the effectiveness of critical thinking instruction / D.F. Halpern // *The Journal of General Education*. – Penn State University Press, 1993. – Vol. 42, № 4. – P. 270–286.
3. The Gold Standard Critical Thinking Test [Electronic resource]. – Access mode : <http://www.thinkwatson.com/assessments/watson-glaser>. – Last access 19.08.16. – Title from the screen.
4. California Critical Thinking Skills Test (CCTST) [Electronic resource]. – Access mode : <http://www.insightassessment.com/Products/Products-Summary/Critical-Thinking-Skills-Tests/California-Critical-Thinking-Skills-Test-CCTST>. – Last access 19.08.16. – Title from the screen.
5. Graduate Management Admission Test [Electronic resource]. – Access mode : https://en.wikipedia.org/wiki/Graduate_Management_Admission_Test#Analytical_Writing_Assessment_28AWA.29. – Last access 19.08.16. – Title from the screen.
6. Critical Thinking (C-ARA) [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.testpartnership.com/critical.html>. – Last access 19.08.16. – Title from the screen.
7. Behar-Horenstein L.S. Teaching Critical Thinking Skills In Higher Education: A Review Of The Literature / L.S. Behar-Horenstein, L. Niu // *Journal of College Teaching & Learning*. – 2011. – Vol. 8, № 2. – P. 25–42.
8. Ennis R.H. Critical thinking and subject specificity: Clarification and needed research / R.H. Ennis // *Educational Researcher*. – American Educational Research Association, 1989. – Vol. 18, № 3. – P. 4–10.
9. Silva E. Measuring Skills for The 21st-Century Learning / E. Silva // *Phi Delta Kappan*. – PDK International, 2009. – Vol. 90, № 9. – P. 630–634.
10. Case R. Bringing Critical Thinking to The Main Stage / R. Case // *Education Canada*. – Canadian Education Association, 2005. – Vol. 45, № 2. – P. 45–49.
11. Pithers R.T. (2000). Critical Thinking in Education: A Review / R.T. Pithers, R. Sode // *Educational Research*. – 2000. – Vol. 42, № 3. – P. 237–249.
12. International Critical Thinking Test [Electronic resource]. – Access mode : <http://www.criticalthinking.org/pages/international-critical-thinking-test/619>. – Last access 19.08.16. – Title from the screen.
13. Plath D. Evaluating the outcomes of intensive critical thinking instruction for social work students / D. Plath, B. English, L. Connors & A. Beveridge // *Social Work Education*. – 1999. – Vol. 18, № 2. – Pp. 207–217.
14. Lierman J. Effects of instructional methods upon the development of critical thinking skills in baccalaureate nursing students: PhD dissertation / J. Lierman. – University of Missouri at Kansas City. – 1997. – 156 p.
15. Terry D.R. Using the case study teaching method to promote college students' critical thinking skills: PhD dissertation : 0714 Science Education / D.R. Terry. – State University of New York at Buffalo. – 2007. – 175 p.
16. Erceg N. Probing students' critical thinking processes by presenting ill-defined physics problems / N. Erceg, I. Aviani, V. Mešić // *Revista Mexicana de Física E*. – 2013. – Vol 59, № 1. – P. 65–76.
17. Минаев Ю.П. Вводный курс «Математический аппарат физики» для студентов физического факультета университета / Ю.П. Минаев, П.И. Самойленко, И.П. Кенева // Модульные технологии обучения в системе непрерывного профессионального образования (теория и практика) // Сборник научных трудов X Международной научно-методической конференции. – М., 2004. – Вып. 8. – Ч. 2. – С. 97–103.
18. Кенева І.П. Математична адаптація першокурсників фізичного факультету / І.П. Кенева, О.А. Лозовенко, Ю.П. Мінаєв // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського державного університету. Серія «Педагогічна». – Кам'янець-Подільський, 2010. – Вип. 16. – С. 279–285.
19. Сидоренко Е.В. Методы математической обработки в психологии / Е.В. Сидоренко. – СПб. : ООО «Речь», 2000. – 350 с.