

РОЗДІЛ V

Методика викладання хімії

УДК 004.382: 371.26:303.423: 372.8:544.72

О. М. Янчук – доцент кафедри неорганічної та фізичної хімії Волинського національного університету імені Лесі Українки;
С. В. Супрунович – доцент кафедри органічної та біоорганічної хімії Волинського національного університету імені Лесі Українки;
І. П. Павлик – студентка V курсу хімічного факультету Волинського національного університету імені Лесі Українки

Письмове і комп'ютерне тестування зі змістового модуля фізичної хімії «Адсорбційні рівноваги та поверхневі явища»

Роботу виконано у ВНУ ім. Лесі Українки

Складено 150 тестових завдань із розв'язками трьох рівнів складності зі змістового модуля фізичної хімії «Адсорбційні рівноваги та поверхневі явища». Тестові завдання адаптовано для комп'ютерної перевірки знань студентів хімічного факультету. Завдання придатні для комп'ютерного тестування.

Ключові слова: тести, тестові завдання, комп'ютерне тестування, база даних, адсорбція, поверхневі явища.

Янчук А. Н., Супрунович С. В., Павлик І. П. Письменное и компьютерное тестирование по смысловому модулю физической химии «Адсорбционные равновесия и поверхностные явления». Составлено 150 тестовых заданий с решениями трех уровней сложности по смысловому модулю физической химии «Адсорбционные равновесия и поверхностные явления». Тестовые задания адаптированы для компьютерной проверки знаний студентов химического факультета. Задания пригодны для компьютерного тестирования.

Ключевые слова: тесты, тестовые задания, компьютерное тестирование, база данных, адсорбция, поверхностные явления.

Yanchuk O. M., Suprunovych S. V., Pavlyk I. P. Written and Computer Testing on the Semantic Module of Physical Chemistry «Adsorption Equilibria and the Surface Phenomena». The 150 test tasks of three levels of difficulty with answers were formed on the semantic module of physical chemistry «Adsorption equilibria and the surface phenomena». The test tasks were adapted for computers control of the knowledge of chemical faculty students. The tasks suitable for computer testing.

Key words: tests, test tasks, computer testing, database, adsorption, surface phenomena.

Постановка наукової проблеми та її значення. Тестування дає можливість отримати об'єктивні оцінки рівня знань, умінь, навиків, перевірити відповідність підготовленості випускників згідно із заданими стандартами та виявити прогалини в підготовці студентів. Адекватність та об'єктивність оцінювання знань студентів залежить від якості тестових завдань [1]. У поєднанні з персональними ЕОМ і програмно-педагогічними засобами тести допомагають перейти до створення сучасних систем адаптивного навчання та контролю.

Останнім часом у навчальний процес упроваджується тестова система контролю знань. Тестова система створює умови для накопичення інформації про ефективність викладання матеріалу з даної дисципліни та шляхи її оптимізації; дає змогу об'єктивно оцінити рівень підготовки кожного студента; підвищує інтерес студентів до предмета [2].

Аналіз останніх досліджень із цієї проблеми. Тестові завдання впродовж останнього десятиріччя використовувалися в нашому університеті для письмового допуску до лабораторних занять із фізичної хімії [10]. Робота зі створення нових та переробки раніше створених тестових завдань триває весь час, однак ці завдання зразу ж адаптуються для комп'ютерного тестування. Раніше для комп'ютерного тестування були адаптовані завдання зі змістових модулів «Основи хімічної термодинаміки», «Термодинаміка розчинів неелектролітів», «Термодинаміка фазових рівноваг» та «Термодинаміка хімічної рівноваги» [8, 9, 13, 14]. Недавно вийшли з друку комп'ютерні тести до залікового модуля фізичної хімії «Хімічні та адсорбційні рівноваги. Статистична термодинаміка» [12], саме в цій праці опубліковані завдання зі змістового модуля «Адсорбційні рівноваги та поверхневі явища». Комп'ютерні тестові завдання із залікового модуля «Термодинаміка хімічної рівноваги» були детально проаналізовані в статті [4].

Метою нашої роботи є проведення аналізу придатності тестів на основі результатів письмового та комп'ютерного тестування зі змістового модуля фізичної хімії «Адсорбційні рівноваги та поверхневі явища».

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження. Змістовий модуль «Адсорбційні рівноваги та поверхневі явища» студенти хімічного факультету напряму підготовки 6.040101 – Хімія вивчають у четвертому семестрі. Експеримент було виконано у 2009–2011 роках. Завдання для тестування [12] охоплюють усі питання, які розглядаються програмою вивчення змістового модуля «Адсорбційні рівноваги та поверхневі явища». Для виконання тестів студенти повинні: 1) освоїти понятійний апарат («поверхневий натяг», «поверхневі явища», «поверхнева енергія», «теплота утворення одиниці поверхні», «адсорбція», «абсолютна та гіббсівська адсорбція», «поверхнева активність», «поверхневий шар», «когезія», «адгезія», «змочування», «внутрішній тиск», «капілярні явища» тощо); 2) знати класифікацію поверхневих явищ (фундаментальне рівняння Гіббса), термодинамічну характеристику поверхневого шару; зв'язок повної енергії поверхневого шару з поверхневим натягом (рівняння Гіббса-Гельмгольца для поверхневого шару), капілярного тиску з кривизною поверхні (рівняння Лапласа), кривизни поверхні з тиском пари над поверхнею (рівняння капілярної конденсації Кельвіна) адсорбції та поверхневої активності (адсорбційна формула Гіббса), поверхневого натягу і концентрації (рівняння Шишковського); особливості змочування твердих поверхонь та розтікання рідин (рівняння Дюпре, Дюпре-Юнга), особливості капілярних явищ (рівняння Жюрена); теорію адсорбції (ізотерми гіббсівської адсорбції, Ленгмюра, Фрейндліха, Генрі, БЕТ), окремі випадки адсорбції, про енергетичні параметри адсорбції; вміти обчислити питому поверхню частинок за геометричними параметрами фази та їх дисперсність; повну енергію поверхневого шару; капілярний тиск; величину пересичення та висоту підняття рідини в капілярі; роботу адгезії та когезії; поверхневу активність і гіббсівську адсорбцію за залежністю поверхневого натягу від концентрації; сміність моношару і константи з рівнянь Ленгмюра та БЕТ.

Тестові завдання складаються з питань трьох рівнів складності. Перший рівень – закриті тестові завдання, у яких виясняється знання понятійного апарату розділу. Завдання цього рівня складності вимагають вибрати одну відповідь із декількох.

Другий і третій рівні – відкриті тести (задачі). Завдання другого рівня складності – це задачі на обчислення: 1) поверхневого натягу рідини за відомою повною поверхневою енергією шару та температурним коефіцієнтом поверхневого натягу (рівняння Гіббса-Гельмгольца); 2) величини пересичення за рівнянням Кельвіна; 3) площі, яка припадає на одну молекулу в поверхневому моношарі; 4) діаметра перетяжки в капілярі ртутного термометра, у якому створюється прискорення, яке перевищує прискорення вільного падіння в декілька разів; 5) поверхневої активності органічної речовини у водному розчині; 6) гіббсівської адсорбції за адсорбційною формулою Гіббса. Усі ці завдання потребують використання однієї формули.

Завдання третього рівня – це задачі на обчислення: 1) вільної поверхневої енергії крапель туману за відомими температурою, масою, поверхневим натягом рідини та дисперсністю частинок; 2) повної поверхневої енергії емульсії за масою емульсії, масовою часткою, дисперсністю, густиною дисперсної фази, міжфазовим поверхневим натягом і температурним коефіцієнтом поверхневого натягу; 3) тиску пари над краплями води за відомими температурою, дисперсністю, густиною, поверхневим натягом та тиском пари над плоскою поверхнею; 4) надлишкового тиску всередині краплі рідини, яка знаходиться в рівновазі з парою, якщо відомі питома поверхня, поверхневий натяг

і температура; 5) площі, яку займає молекула ПАР на поверхні води за відомою масою, густиною та площею моношару; 6) рівноважної концентрації ПАР у водному розчині за рівнянням Фрейндліха, якщо відомі адсорбція та константи із цього рівняння. Ці обчислення проводяться переважно у два етапи.

Складено 150 завдань трьох рівнів складності (по 50 в кожному рівні) та знайдено відповіді до них. Для створення тестових завдань використовували посібники та підручники з фізичної хімії [3, 5–7, 11].

Створені тести попередньо набрані в тестовому редакторі MS Word. Завдання адаптували для комп'ютерного тестування. Тестова комп'ютерна програма написана на мові PHP (Hypertext Preprocessor), яка є досить зручною для написання серверно-орієнтованих програм. Використання системи «сервер–клієнт» дає можливість одночасно тестувати велику кількість респондентів та збирати статистику тестування [9].

Тести конвертували з формату Word у формат комп'ютерної тестової бази даних [8, 14]. Після конвертування тестових завдань і відповідей відлагоджується комп'ютерна система тестування. Сеанс тестування може проводитися на будь-якому комп'ютері, включеному в мережу університету з установленим інтернет-браузером. Меню тестування знаходиться на персональному комп'ютері доцента С. В. Супруновича за адресою <http://194.44.187.135/PHYSICAL/tests/index.htm>, де вибирається розділ (змістовий модуль) для тестування з фізичної хімії. Після вибору розділу відкривається веб-форма, на якій представлено умови шести завдань, поля для вводу відповідей, кнопка «Ввести» для проведення перевірки завдань, посилання на довідник фізико-хімічних величин та калькулятор, які відкриваються в окремих вікнах. У веб-формі є список прізвищ студентів, котрі мають тестуватися. Кожен тестований вибирав зі списку своє прізвище. На сеанс тестування відводилося 35 хв. За цей час студент повинен був виконати тестування та ввести відповіді.

Зразок комп'ютерного тесту зі змістового модуля «Адсорбційні рівноваги та поверхневі явища», у якому є по два завдання першого, другого та третього рівня складності, має такий вигляд:

Впишіть правильні відповіді

Виберіть зі списку своє ім'я

Блашко Назарій Миколайович

Натисніть кнопку «Ввести»

При потребі використовуйте [Довідник](#), [Калькулятор](#), [MS Excel](#)

1. Одиницями вимірювання адсорбції в системі СІ є:

- 1) Дж/м², Н/м;
- 2) ккал, Дж;
- 3) моль/м², моль/кг;
- 4) Дж/К, Н/кг.

Відповідь: 3.

2. Поверхнєве явище, що полягає у взаємодії рідини з іншою рідиною або твердим тілом, при одночасному контакті трьох фаз називається:

- 1) адгезія;
- 2) когезія;
- 3) адсорбція;
- 4) змочування.

Відповідь: 4.

3. Визначити, за якого пересичення (з точністю до сотих) тиск пари над краплею бензену радіусом 25 нм за 325 К відповідає рівноважному, якщо поверхневий натяг бензену рівний 24,51 мДж·м⁻², а густина – 0,846 г/см³.

Відповідь: 1,07.

4. Щоб збити ртуть у медичному термометрі, потрібно створити прискорення 10 g. Розрахувати діаметр перетяжки в капілярі термометра (у мкм із точністю до сотих), якщо поверхневий натяг ртуті 0,475 Дж/м², довжина стовпчика 5,8 см, а густина ртуті – 13,54 г/см³.

Відповідь: 24,7.

5. Визначити енергію Гіббса поверхні (Дж із точністю до цілих) крапель туману масою 4 г за 294 К, якщо поверхневий натяг води $72,6 \text{ мДж/м}^2$, а густина води становить $0,998 \text{ г/см}^3$, дисперсність частинок рівна 50 мкм^{-1} .

Відповідь: 87.

6. Розрахувати повну поверхневу енергію за 298 К (кДж із точністю до сотих) 9,2 г емульсії силікагелю у воді з концентрацією 27 мас. %, дисперсністю $7,43 \text{ мкм}^{-1}$ і густиною 2200 кг/м^3 . Міжфазовий поверхневий натяг становить $37,18 \text{ мДж/м}^2$, а температурний коефіцієнт поверхневого натягу дорівнює $-0,36 \text{ мДж/м}^2 \cdot \text{К}$.

Відповідь: 7,27.

Ввести

Після натиснення кнопки «Ввести» з'являється вікно з результатами тестування – умови заданих задач, набрані відповіді, повідомлення про правильність рішення та загальна оцінка. Якщо завдання першого рівня оцінити в 0,5 бала, другого рівня – в один бал, а третього – в 1,5 бала, то максимальна оцінка буде 3 бали. Результат тестування інформує, які відповіді є правильні, а які – ні, а також показує час, затрачений студентом на тестування. Приклад результату тестування окремого студента:

Результати тестування

Студент: Блашко Назарій Миколайович. Час тестування: 21 хв 40 с

1. Одиницями вимірювання адсорбції в системі СІ є:

- 1) Дж/м^2 , Н/м;
- 2) ккал, Дж;
- 3) моль/м^2 , моль/кг ;
- 4) Дж/К, Н/кг.

Відповідь: 3.

Правильно!

2. Поверхневе явище, що полягає у взаємодії рідини з іншою рідиною або твердим тілом, при одночасному контакті трьох фаз називається:

- 1) адгезія;
- 2) когезія;
- 3) адсорбція;
- 4) змочування;

Відповідь: 4.

Правильно!

3. Визначити, за якого пересичення (з точністю до сотих) тиск пари над краплею бензену радіусом 25 нм за 325 К, відповідає рівноважному, якщо поверхневий натяг бензену рівний $24,51 \text{ мДж} \cdot \text{м}^{-2}$, а густина – $0,846 \text{ г/см}^3$.

Відповідь: 1,07.

Правильно!

4. Щоб збити ртуть у медичному термометрі, треба створити прискорення 10 g. Розрахувати діаметр перетяжки в капілярі термометра (у мкм із точністю до сотих), якщо поверхневий натяг ртуті $0,475 \text{ Дж/м}^2$, довжина стовпчика – 5,8 см, а густина ртуті – $13,54 \text{ г/см}^3$.

Відповідь: 24,7.

Правильно!

5. Визначити енергію Гіббса поверхні (Дж із точністю до цілих) крапель туману масою 4 г за 294 К, якщо поверхневий натяг води $72,6 \text{ мДж/м}^2$, а густина води становить $0,998 \text{ г/см}^3$, дисперсність частинок рівна 50 мкм^{-1} .

Відповідь: 87.

Правильно!

6. Розрахувати повну поверхневу енергію за 298 К (кДж із точністю до сотих) 9,2 г емульсії силікагелю у воді з концентрацією 27 мас. %, дисперсністю $7,43 \text{ мкм}^{-1}$ і густиною 2200 кг/м^3 . Між-

фазовий поверхневий натяг становить $37,18 \text{ мДж/м}^2$, а температурний коефіцієнт поверхневого натягу дорівнює $-0,36 \text{ мДж/м}^2 \cdot \text{К}$.

Відповідь: 7,27.

Правильно!

Оцінка: 3

Результати тестування записуються у файл статистики, що знаходиться на сервері. Оскільки вся інформація стосовно тестів (завдання і відповіді) знаходяться на сервері, а тестований одержує тільки вибрані завдання, то значно зменшується небезпека розшифрування відповідей (коли опитуваний шляхом використання певних комп'ютерних програм знаходить ключ до тесту).

Приклад протоколу, де записуються результати тестування всіх респондентів, наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

**Результати тестування зі змістового модуля
«Адсорбційні рівноваги та поверхневі явища»**

Дата Час	Прізвище	Кількість балів	Час	Спро- би	Рівень	Задача/Відповідь/Оцінка
11.05.10 15:06:22	Баглей А. О.	2,25	27:28	1/0	1 рівень	3/2/0.25; 13/3/0.25
					2 рівень	29/7.9/0.5; 37/26.7/0.5
					3 рівень	48/267/0; 49/174/0.75
11.05.10 15:06:51	Войціховська В. В.	2,5	28:50	1/0	1 рівень	29/3/0.25; 37/1/0.25
					2 рівень	34//0; 39/182/0.5
					3 рівень	46/342/0.75; 35/9.12/0.75
11.05.10 15:25:26	Дмитрук О. С.	2,25	24:5	1/0	1 рівень	7/1/0.25; 20/1/0.25
					2 рівень	23/22.7/0.5; 36/4.7/0.5
					3 рівень	25/15/0; 34/121/0.75
11.05.10 15:37:14	Войтович Р. М.	3	30:25	1/0	1 рівень	14/2/0.25; 17/4/0.25
					2 рівень	25/9.5/0.5; 33/2.06/0.5
					3 рівень	40/1/7.27; 42/103/0.75

Статистика за тестами використовується не тільки для аналізу успішності студентів, а й для аналізу самих тестів, їх рівня складності. Звичайно, студенти повинні легше розв'язувати простіші завдання, ніж складніші. Тому відсоток правильних відповідей повинен зменшуватися з ростом складності завдання.

Кожне тестування з указуванням дати, часу, прізвища студента, кількості балів, тривалості тестування, числа спроб, номера завдання в базі даних, числової відповіді й оцінки за окреме завдання заноситься в окремий протокол. Це дає змогу викладачам проводити аналіз успішності студентів та якості складених тестів дуже різнобічно. З'являється можливість вибрати кількість студентів, які повністю або частково правильно відповіли на всі завдання одного рівня чи всіх рівнів складності, встановити загальне число правильних відповідей та обчислити середній бал студента тощо.

Усього у випробуваннях взяли участь 11 студентів третього, 33 – четвертого й 40 студентів другого курсу хімічного факультету. Спочатку були письмово проєкзовані студенти третього та четвертого курсів, які вже вивчали цей змістовий модуль: третьокурсники в попередньому семестрі, а студенти четвертого курсу повторювали цей матеріал у курсі колоїдної хімії. На третьому курсі було протестовано 11 студентів. Статистика показала, що на 22 завдання першого рівня складності отримано 16 правильних відповідей, другого – 12, а третього – лише 8. Відсоток правильних відповідей видно з рис. 1.

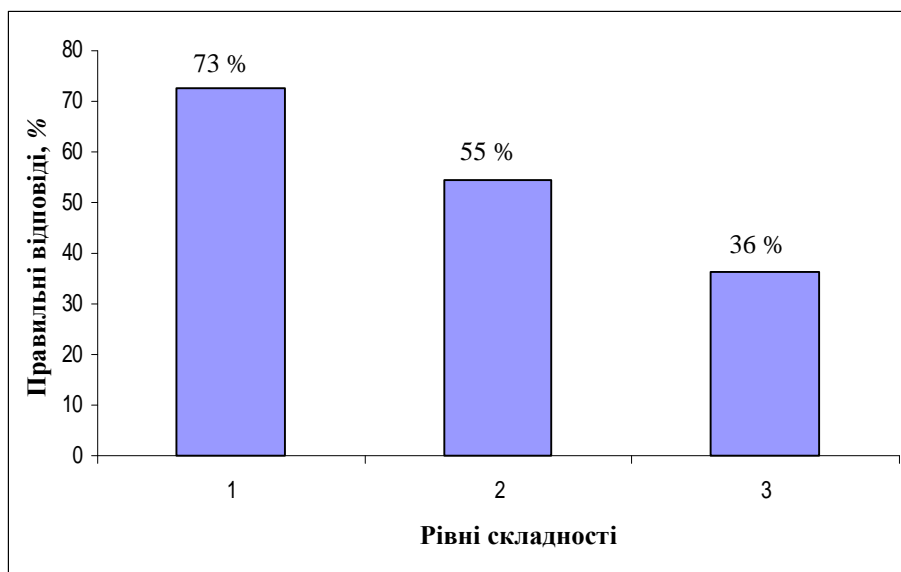


Рис 1. Діаграми успішності під час письмового тестування студентів третього курсу

Середній результат учасників тестування третьокурсників становить 1,45 бала.

На четвертому курсі було протестовано 33 студенти. Ними опрацьовано 66 варіантів, статистика показала, що на завдання першого рівня складності отримано 55, другого – 34, а третього – 19 правильних відповідей (рис. 2 з відсотками правильних відповідей). Середній результат – 1,36 балів із трьох.

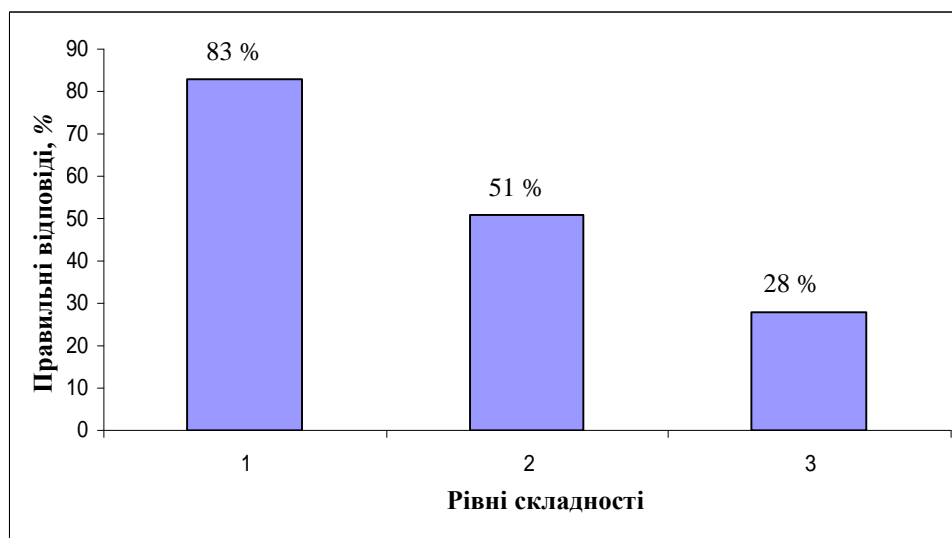


Рис 2. Діаграми успішності під час комп'ютерного тестування студентів четвертого курсу

Аналіз результатів проведених письмових тестувань свідчить про те, що студенти добре засвоїли поняття, рівняння та формули, які стосуються адсорбції та поверхневого натягу, енергетичних характеристик поверхневого шару. Добре виконуються завдання з обчислення поверхневої активності за відомими поверхневими натягами розчинів двох різних концентрацій; поверхневого натягу рідини за її повною поверхневою енергією та температурним коефіцієнтом поверхневого натягу; величини гіббсівської адсорбції за адсорбційною формулою Гіббса та рівноважної концентрації ПАВ за рівнянням Фрейндліха; площі, яку займає одна молекула. У завданнях першого рівня типова помилка – незнання формул, які характеризують явище змочування, адгезію та когезію (рівняння

Юнга, Дюпре і Жюрена). Трапляються помилки в обчисленнях радіуса частинок за їх дисперсністю або питомою поверхнею та площі поверхні за дисперсністю частинок, їх масою і густиною. Є помилки в обчисленнях за рівнянням Жюрена. Найчастіше зустрічаються помилки в обчисленні величини пересичення та тиску пари над викривленою поверхнею (використання рівняння Кельвіна), а також величини надлишкового тиску всередині краплі рідини (рівняння Лапласа).

Після аналізу завдання були відкореговані й удосконалені і перевірені на студентах другого курсу. Статистика показала, що на завдання першого рівня складності отримано 72, другого – 45, а третього – 25 вірних відповідей (рис. 3).

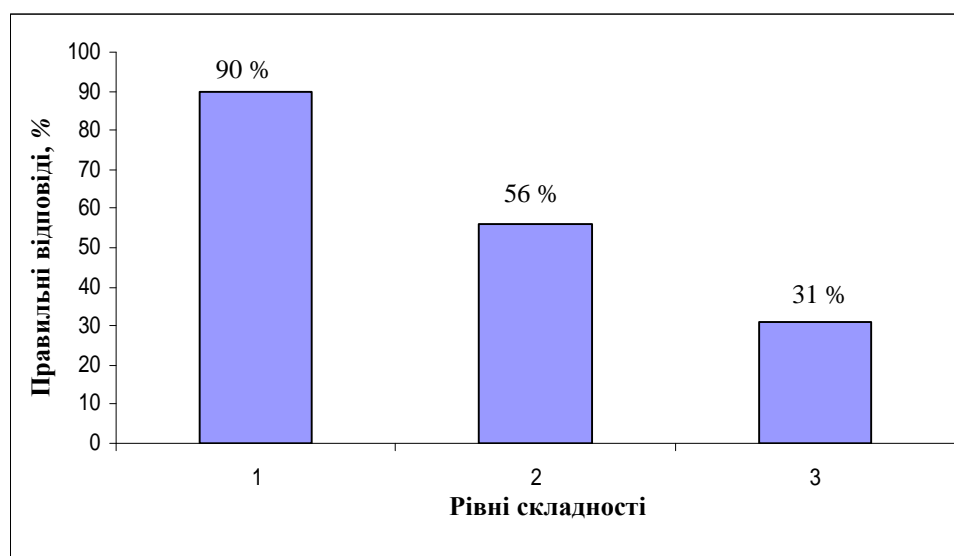


Рис. 3. Діаграми успішності під час комп'ютерного тестування студентів другого курсу

Статистика за тестами може бути використана не тільки для аналізу успішності студентів, а й для аналізу самих тестів, їх рівня складності. Звичайно, студенти повинні легше розв'язувати простіші завдання, ніж складніші. Тому процент правильних відповідей повинен зменшуватися з ростом складності завдання.

У цій роботі ця закономірність відтворюється. Звідси можна зробити висновок, що підготовлені завдання є ревалентними і можуть використовуватися для комп'ютерного тестування знань студентів.

Крім цього, аналіз результатів комп'ютерного тестування свідчить про повторення студентами тих же помилок, що й за письмового тестування, однак покращилися результати щодо відповідей на завдання першого та другого рівнів складності. Середній результат учасника тестування складає 1,48 балів із трьох можливих. Для покращення результату слід звернути увагу на ті моменти, які виявлені під час аналізу результатів тестування.

Одержані результати свідчать про правильну організацію тестових завдань [1]. Зі збільшенням рівня тестів збільшується їх складність. З іншої сторони, ці результати говорять про структуру знань студентів. Можна сказати, що всі студенти готувалися до тестування, у частини студентів матеріал не засвоєний повноцінно.

Висновки й перспективи подальших досліджень. Складено 150 тестових завдань трьох рівнів складності. Підготовлено розв'язки запропонованих завдань. Тестові завдання адаптовано для комп'ютерного тестування. Проведено аналіз письмового та комп'ютерного тестування студентів. Результати тестування підтверджують придатність тестових завдань для тестування студентів спеціальності «хімія» зі змістового модуля фізичної хімії «Адсорбційні рівноваги та поверхневі явища». Подальші дослідження стосуватимуться аналізу тестування із цього ж змістового модуля після розширення числа респондентів та збільшення бази даних, а також аналізу результатів комп'ютерного тестування з інших змістових модулів фізичної хімії.

Список використаної літератури

1. Аванесов В. С. Композиция тестовых заданий : уч. пособие [для преподавателей вузов, техникумов и училищ, учителей школ, гимназий и лицеев] / В. С. Аванесов. – М. : Адепт, 1998. – 216 с.
2. Захарова И. Г. Информационные технологии в образовании : учеб. пособие [для студ. высш. учеб. заведений] / И. Г. Захарова. – М. : Академия, 2003. – 192 с.
3. Ковальчук Є. П. Фізична хімія : підруч. [для студ. вищ. навч. закл.] / Є. П. Ковальчук, О. В. Решетня. – Львів : Вид. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2007. – С. 217–263.
4. Комп'ютерне тестування з розділу фізичної хімії «Хімічна рівновага» / О. М. Янчук, С. В. Супрунович, А. П. Федчик та ін. // Наук. вісн. ВНУ ім. Лесі Українки. Хімічні науки. – 2009. – Вип. 24. – С. 47–54.
5. Лабораторные работы и задачи по коллоидной химии : учеб. пособие [для студ. высш. учеб. заведений] / под ред. Ю. Г. Фролова и А. С. Гродского. – М. : Химия, 1986. – С. 7–74.
6. Марчук О. В. Фізична хімія. Збірник задач : посібник [для студ. вищ. навч. закл.] / О. В. Марчук, О. М. Янчук. – Луцьк : РВВ «Вежа» Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки, 2006. – С. 143–158.
7. Справочник химика / под ред. Б. П. Никольского. – Л. : Химия, 1965. – Т. 3. – 1008 с.
8. Супрунович С. В. Комп'ютерне тестування в курсі фізичної хімії / С. В. Супрунович, О. М. Янчук // Хімічна освіта в контексті Болонського процесу: стан і перспективи : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. (Київ, 18–19 трав. 2006 р.) / за заг. ред. В. П. Покася, В. С. Толмачової. – К. : НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2006. – С. 89–91.
9. Супрунович С. В. Реалізація мовою РНР тестування з фізичної хімії / С. В. Супрунович, О. М. Янчук // Комп'ютерні технології навчального призначення з хімії : Міжнар. наук.-практ. конф., 11–13 жовт. 2005 р. : тези конф. Донецьк : ДонНУ, 2005. – С. 22.
10. Тестові завдання з фізичної хімії для студентів хімічного та біологічного факультетів / О. М. Янчук, О. М. Юрченко, А. П. Вакулович [та ін.]. – Луцьк : Ред.-вид. від. «Вежа» Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки, 2001. – 44 с.
11. Фролов Ю. Г. Курс коллоидной химии : учебник [для студ. высш. уч. заведений] / Ю. Г. Фролов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Химия, 1988. – С. 10–210.
12. Янчук О. М. Комп'ютерні тести до залікового модуля 2 «Хімічні й адсорбційні рівноваги. Статистична термодинаміка» / О. М. Янчук, О. В. Марчук. – Луцьк : ПП Іванюк В. П., 2011. – 68 с.
13. Янчук О. М. Основи хімічної термодинаміки. Лабораторний практикум із фізичної хімії : посібник [для студ. вищ. навч. закл.] / О. М. Янчук, О. В. Марчук. – Луцьк : Ред.-вид. від. «Вежа» Волин. нац. ун-ту ім. Лесі Українки, 2008. – 84 с.
14. Янчук О. М. Тести з розділу «Фазові рівноваги» в курсі «Фізична хімія» / О. М. Янчук, С. В. Супрунович, О. В. Марчук // Сучасні проблеми фізичної хімії : матеріали III Міжнар. конф. (Донецьк, 30 серп. – 2 верес. 2007 р.). – Донецьк : ДонНУ, 2007. – С. 185–186.

Адреса для листування:

43001 Луцьк, вул. Новочерчицька, 26/4
Тел. 4-84-27

Стаття надійшла до редколегії
04.04.2012 р.