



Тетяна Деркач,

*завідувач кафедри загальної хімії та харчових технологій
Дніпропетровського національного університету,
кандидат хімічних наук, доцент*

ОСОБЛИВОСТІ ОБЛАДНАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЮ ТЕХНІКОЮ КАБІНЕТУ ХІМІЇ

Більшість українських загальноосвітніх класів, а школи обласних центрів та спеціалізовані ліцеї можна охарактеризувати як заклади, що мають розвинуте інформаційне середовище. Завдяки сучасному обладнанню вчителі хімії можуть варіювати технологіями навчання, застосовуючи на уроках мультимедійні можливості комп'ютера. Питання про організацію комп'ютеризованого робочого місця в класі, де викладається хімія, має свою специфіку, пов'язану з проведенням в кабінеті лабораторних дослідів та натурних експериментів. Крім того, сучасна комп'ютерна техніка безупинно вдосконалюється і швидко змінюється, відповідно до чого зазнає істотних змін апаратне та програмне забезпечення її роботи. Тому, вчитель повинен знати основні види технічного оснащення, тенденції його розвитку та зони використання, а також уміти обладнати кабінет хімії сучасною технікою в її оптимальній конфігурації.

Деякі постачальники обладнання розробили проекти класів зі спеціальним навчальним середовищем (рис. 1, а, б) [1], які мають єдиний недолік - неможливість використання у практиці викладача

хімії. Зараз у школах класи розраховані на значно більшу кількість учнів (30 осіб), ніж зображено на рис. 1, а (16 осіб). Такий клас є ідеальним з точки зору педагогіки, але недосяжним на цьому етапі розвитку суспільства. Якщо взяти за основу проект, наведений на рис. 1, б, на наш погляд, буде не раціонально використовуватися простір приміщення. Парти з комп'ютерами вздовж стін зайві для кабінету хімії. Переміщення учнів від комп'ютерних столів до парт під час прослуховування лекцій та проведення експерименту приводить до втрат навчального часу, зниження концентрації уваги (особливо, якщо мова йде про молодші класи), зміни навчального настрою і, як результат, зменшення працездатності учнів.

Більш економічним є переобладнання кабінетів хімії, які вже є в школах.

Компанія Apple розробила технологію оснащення загальноосвітніх шкіл, названу «мобільний клас» [2], основна ідея якої: створення пересувного комп'ютерного класу із мережними технологіями без дротів. Всередині сейфу на колесах розташовуються від 10 до 15 безпечних та надійних портативних комп'ютерів laptop, які в ньому заряджаються (зарядки вистачає на кілька годин).

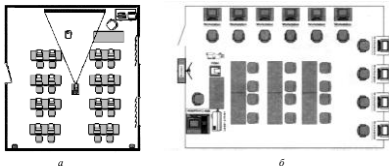


Рис. 1. Приклади універсальних навчальних класів компанії Activision

Вони з'єднуються у локальну мережу. Різноманітні цифрові засоби - фото- і відео- камери, мережний принтер, проектор з екраном та мікроскоп перетворюють «візок» на потужну навчально-дослідну лабораторію. В оригіналі технологія так і названа Mobile Lab - мобільна лабораторія.

Завдяки простоті транспортування її можна легко переміщувати по різних приміщеннях, при цьому учні швидко включаються до навчального процесу. Таким чином школи можуть суттєво зекономити на витратах на технічне переобладнання класів.

Сучасний приклад - розробка «ICL-КПО ВС» групи компаній Fujitsu називається «ICLab Мобільний інтерактивний комп'ютерний клас» [3], яка складається з:

- візка-сейфа (рис.2, а) із системою підзарядки ноутбуків, який легко перетворюється на стіл учителя;
- ноутбука вчителя на базі процесора Intel® Core™ 2 Duo;
- 10-15 ноутбуків учнів на базі процесорів Intel® Celeron™ M;
- точки бездротового доступу до локальної мережі;
- джерела безперебійного живлення;
- додаткового устаткування, що зберігається окремо (проектор, інтерактивна дошка, цифрова фото- або відеокамера, багатофункціональний пристрій (принтер-сканер-копір), графічні планшети, акустична система);
- програмного забезпечення (ліцензійна копія Windows XP Pro, спеціальна програма для управління роботою мобільного класу NetOP School).



Рис. 2. Приклади базової комплектації мобільних інтерактивних класів: а — клас «ICLab» розробки «ICL-КПО ВС»; б- візок для зберігання ноутбуків розробки «Polymedia»

Однак, здебільшого використання такої технології в класах для викладання природничих дисциплін ускладнено. У кабінетах недостатньо вільного простору, щоб установити візок, який не завжди може проїхати між партами Крім того, для класу з 30 учнів мобільна конструкція перетвориться на велетенську шафу на колесах та загубить усю свою функціональність.

З урахуванням розвитку сучасної техніки, а також економічної складової можна порекомендувати інший варіант обладнання кабінету. Щоб не нагромаджувати столи учнів зайвими речами, доцільно використовувати ноутбуки будь-якої фірми. Ціна такого типу ПК все менше відрізняється від вартості стаціонарних машин. Тривалість роботи акумулятора не має значення - ноутбуки будуть підключені до електромережі. Доки вони не знадобляться учням чи вчителю, ноутбуки можна тримати під стільницею парти, у спеціальній ніші. Таким чином, коли для роботи будуть потрібні комп'ютери, учням залишиться лише дістати їх із парти та підключити до електро- та локальної мережі. Для полегшення роботи до машин краще приєднати звичайні миші (бажано оптичні).

Подібні апаратні рішення монтажу комп'ютерів вже є (рис. 3). Використовують

три основні типи розташування: *a* - монітор монтується у площину стола екраном догори, робоче положення екрану займає за допомогою приводу, при цьому висувається хована клавіатура (Versis); *б* - у неробочому стані монітор розташовано у площині стола екраном донизу, підйом і робочий кут нахилу досягається за допомогою електроприводу, клавіатура і миша приховуються (Modis); *в* - монітор зберігається в столі та встановлюється у робоче положення вертикально (Convers).

Для навчального кабінету важливим є оснащення дошки. Звичайні дошки маленького розміру, на них не завжди добре пише крейда, заважають відблиски світла. Учні, що сидять на задніх партах, можуть не бачити зображення.

Пропонується кольорова копії-дошка (рис. 4). Пишуть на ній кольоровими маркерами, що дає змогу акцентувати увагу учнів. Написане легко можна передати на комп'ютер або зберегти на картках пам'яті. Складні креслення чи таблиці можна роздрукувати. Трансляція зображення з дошки у класну мережу актуальна для дітей з дефектами зору, які можуть вивчити його на своїх моніторах.

Є також такі види, як копії-дошка "Plus". Вона має аналогічні функції плюс чотири робочі поверхні. Якщо під час



а



б

Рис. 3. Моторизовані монітори Element One: а – тип Versis, що монтується у стіл екраном вверх, б – тип Modis, що у неробочому стані стоїть екраном униз



Рис. 4. Кольорова копі-дошка M-10S

лекції часто використовується запис, або коли малюнок не треба витирати, можна змінити робочу поверхню (поверхні поєднані у безперервну стрічку), та у будь-який момент повернутися до раніше зображеного матеріалу. Ще одна відмінність цих дошок у папері для друку зображення з них. Для M-10S використовується звичайний принтер, з дошкою «Plus» - вбудовано чорно-білий принтер для термопаперу. За іншими параметрами копі-дошки мало чим відрізняються, крім розмірів та декоративних деталей. Ще один позитивний момент дошки можна використовувати як екран для проекторів, а також як звичайний принтер, підключений до комп'ютера.

Останнім часом в галузі освіти все частіше застосовуються інтерактивні дошки та інтерактивні монітори (планшети). Інтерактивні дошки поєднують проекційні технології з сенсорним пристроєм, тому не просто відображають те, що відбувається на комп'ютері, а дають змогу керувати процесом демонстрації, вносити правку і корективи, відмічати кольором головне,

коментувати, зберігати матеріали уроку для подальшого використання. До інтерактивної дошки можна підключити мікроскоп, документ-камеру, цифровий фотоапарат або відеокамеру. Під час роботи біля дошки такого типу вчитель завжди у центрі уваги дітей та підтримує з класом постійний контакт.

Дошки бувають кількох видів. Найчастіше використовуються дошки зворотної проекції, оскільки вони мають тіні від руки викладача під час показу зображень.

Такі дошки містять вбудований проектор, що висвітлює екран ззаду (рис. 5). Проектор можна закріпити безпосередньо над дошкою, що також дає змогу суттєво зменшити тінь (рис. 6, а, б).

Для забезпечення потреб освіти створюються спеціальні моделі дошок. Наприклад, після проведення опитувань користувачів протягом кількох років компанія Panasonic у листопаді 2007 р. представила дошку Elite Panaboard UB-T780, розроблену спеціально для освіти [4]. Вона має велику антивандальну робочу поверхню (160 x 120 см), виготовлену з якісного матеріалу, що має



Рис. 5. Інтерактивні дошки зворотної проекції

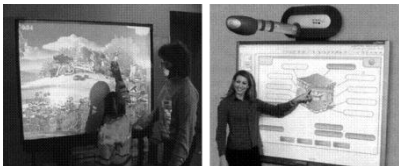


Рис. 6. Інтерактивні дошки прямої проєкції: а – проєктор розташований на столі або закріплений на стелі, б – проєктор знаходиться безпосередньо над дошкою

високий коефіцієнт відображення та не дає відблисків, добре підходить для роботи з проєктором. Інфрачервона та ультразвукова технології забезпечують високу точність і швидкість під час роботи. Поверхня дошки залишається в робочому стані навіть при фізичному ушкодженні (проткнути ножом, цвяхом), також на ній можна використовувати магніти. Модель постачається у комплекті з настінним кріпленням, яке дає змогу регулювати висоту дошки, ергономічними маркерами та русифікованим програмним забезпеченням. Нова дошка для освіти відносно дешева, оскільки має одну

робочу поверхню і не має вбудованого принтеру.

Інтерактивний монітор (рис. 7) встановлюється на кафедрі в аудиторії та дає змогу вчителю коректувати зображення на екрані за допомогою спеціальної ручки, а також керувати усіма електронними ресурсами. При цьому все, що відбувається на робочому столі, транслюється на проєктор і передається на презентаційний екран. Інтерактивний монітор працює як інтерактивна дошка.

Монітор реагує як на натискання пальцем, так і на торкання спеціальним маркером. Сучасні технології дають змогу розподілити ці сигнали функціонально: використання маркера зробити активним тільки у режимі малювання на демонстраційному матеріалі а натискання на кнопки керування інтерфейсу здійснювати тільки за допомогою пальця.

Проєктори застосовують під час лекцій, демонстрацій та для перегляду навчальних фільмів. На уроці хімії часто учням, які сидять на задніх партах, не видно демонстраційних дослідів через маленький розмір устаткування (наприклад колб, піпеток, пробірок) та використання малих кількостей реактивів. Завдяки проєктору можна демонструвати дослід у збільшеному розмірі, водночас учитель може коментувати усе, що відбувається на екрані. У будь-який момент можна зупинити зображення і



Рис. 7. Інтерактивний сенсорний монітор Crestron

привернути увагу учнів до деякого моменту, що майже неможливо під час проведення натурального експерименту. За допомогою заздалегідь підготовлених відео- чи слайд-матеріалів можна читати лекцію без записів на дошці.

Наявність проектора також вирішує проблеми застосування ще одного типу засобів наочності - таблиць, які звичайно займають дуже багато місця у підсобних приміщеннях, старіють, втрачають яскравість, рвуться. Зберігання довідкових і табличних даних у пам'яті комп'ютера дає змогу в будь-який момент відобразити їх на дошці, зберігаючи простір у приміщенні та час учителя.

Є кілька типів проекторів:

- цифрові, призначені для демонстрації зображень, записаних у будь-якому форматі. Найчастіше використовуються спільно з системним блоком комп'ютера або підключаються до ноутбука, зараз - вже за технологією, що не потребує фізичного сполучення пристроїв;

- оверхед-проектори призначені для демонстрації зображень з прозорих плівок листового або рулонного типу на великий екран. Є портативні, напівпортативні та стаціонарні моделі, які розрізняються за потужністю і типом лампи, що використовується;

- слайдпроектори - найпростіший тип, мають лінійний або карусельний «магазин» для розташування слайдів, систему автоматичного наведення різкості та пульт дистанційного керування;

- епідаскопи — дають змогу проектувати на великий екран непрозорі документи у відбитому світлі потужної лампи.

Пропонувати для використання конкретну модель немає сенсу, оскільки вони вдосконалюються щороку. Охарактеризуємо їх у порівнянні.

Цифрові проектори мають строк придатності, який дорівнює гарантованому часу життя лампи. Залежно від типу лампи строк може бути від 500 до 3000 годин. Але сучасні електромережі з перепадами напруги, як правило, зменшують цей час на 10-15%. Після закінчення цього

терміну лампу треба купувати та міняти. Вартість лампи наближається до вартості нового проектора. Сучасний мультимедійний проектор може проектувати на екран матеріали як з комп'ютера, так і з інших пристроїв: телевізора, відеомагнітофона, цифрового фотоапарата.

Моделі проекторів типу PT-LB51NTE фірми Rapasonic (рис. 8) надають вчителю такі можливості

- спеціальне програмне забезпечення забезпечує автоматичне настроювання і миттєвий зв'язок проектора з одним або кількома комп'ютерами. У режимі «Live» проекція ідентична екрану, у режимі «Multi-Live» на проектор можна подавати сигнали від кількох комп'ютерів. Для встановлення потрібного зв'язку користувач натискає кнопку «Computer Search» на пульті керування, і проектор шукає усі ПК, що є у зоні доступу. Потім вказується необхідна для роботи пара «проектор-ПК»;

- не треба використовувати кабелі для підключення проектора до комп'ютерів, достатньо мати ноутбук і адаптер для безпроводного зв'язку;

- є функція суфлера, яка дає змогу проектувати зображення, що не збігається з екранним. Наприклад, на дисплеї ПК може бути текст, а на великий екран проектор виведе презентацію, що відображена на додатково приєднаному моніторі;

- робота не потребує затемнення, пристрій має датчики вимірювання



Рис. 8 Цифровий безпроводний мультимедія проектор

інтенсивності світла і систему автоматичної корекції рівня яскравості та кольорової гами зображення;

- передбачено режим «класної дошки». Зображення може проєктуватися на звичайну темну дошку;

- якщо змінюється кут нахилу корпусу проєктора, здійснюється корекція трапецеїдальних викривлень у режимі реального часу;

- у комплекті постачається додаткова лампа і кронштейн для закріплення проєктора на стелі, що для хімічного кабінету є найзручнішим варіантом.

Оверхед-проєктори (рис. 9) розраховані на демонстрацію прозорих плівок, які треба роздрукувати (на лазерному або струминному принтері), чи намалювати заздалегідь, або створювати за допомогою маркерів під час лекції.

Переваги оверхед-проєкторів: легкість і простота виготовлення демонстраційних матеріалів, можливість показу окремих частин зображення у будь-якій послідовності; зміна масштабу, показ без затемнення; використання різноманітних, заздалегідь підготовлених або створюваних під час занять, демонстраційних матеріалів. Наприклад, досліди можна проводити у плоскому прозорому посуді та демонструвати динаміку хімічних процесів за наявності деяких пристосувань.

Оверхед-проєктори, як правило, потребують місця перед екраном - зазвичай

використовується стіл або спеціальний пересувний стелаж. Цифровий проєктор мобільніший, його можна кріпити на стелі, що нікому не заважає. Інші характеристики цих проєкторів збігаються (розмір та діагональ зображення, потрібна дистанція від екрану) й залежать від моделі, яку слід придбати, виходячи з потреб конкретного класу.

Для демонстрації непрозорих об'єктів (фото, малюнків з книги тощо) у доповнення до оверхед-проєкторів можна використовувати епідіаскоп.

Окремо виділимо ще один вид проєкційної апаратури - документ-камери (рис. 10). Це спеціальні відеокамери, розташовані на штативі (гнучкому або складному), призначені для відображення текстових документів та фотографій, 3D об'єктів, прозорих слайдів, наочних дослідів і зображень із мікроскопу.

Документ-камера підключається до телевізора, проєктора або комп'ютера, і у такий спосіб транслює об'єкт дослідження на всю аудиторію. Документ-камери мають ряд корисних для вчителя додаткових функцій, серед яких: збільшення зображення (цифрове та оптичне), ефекти, що дають змогу змінювати негатив/позитив зображень, вбудована пам'ять - можна фотографувати та зберігати створений матеріал. Такі пристрої з'явилися на ринку освітніх технічних засобів нещодавно, але вже широко застосовуються

Сучасним технічним засобом є системи інтерактивного опитування, які призначені для проведення миттєвих опитувань і тестувань учнів.

Вони складаються із пультів для учнів та вчителя, приймача, устаткування для сполучення приймача з ПК (кабель та конвертер) та програмного забезпечення для проведення опитування і створення тестів. Наприклад,



Рис. 9. Оверхед-проєктори



Рис. 10. Документ-камери «AVerVision» а – складна компактна модель, б – стаціонарна модель із вбудованим підсвічуванням та світловою платформою

система VerdICT виробництва Hitachi [5,7] дає змогу проводити тестування, опитування та голосування у класах. Учні відповідають за допомогою ручних пультів з інфрачервоним керуванням (рис. 11). Відповіді миттєво реєструються, аналізуються і статистично обробляються системою VerdICT. Учитель може обрати анонімний режим відповіді або дозволити учням одразу бачити на екрані та порівнювати свої результати. Система дає змогу використовувати п'ять режимів опитування, в тому числі - змагальний.



Рис. 11. Пульти для учнів системи VerdICT

Опитуванням можна керувати з будь-якої точки у класі, можна призупинити процес для показу демонстрації тощо.

Нині методи експериментальної хімії та ті, що застосовуються для проведення шкільних практичних робіт, істотно відрізняються.

Щоб забезпечити зв'язок між шкільними даними та сучасною наукою, треба у навчальному практикумі використовувати хоча б найпростіші з них.

Для цього розроблено спеціальні комп'ютерні вимірювальні блоки і датчики. Як правило, вони універсальні для обладнання кабінетів фізики, біології та хімії.

Лабораторні комплекси для шкіл базуються на поєднанні хімічного процесу з фізичними методами вимірювання аналітичного сигналу та з ЕОМ, що забезпечує систему збору, обробки даних і керування процесом.

Як приклад, розглянемо лабораторний комп'ютерний комплекс L-мікро [8]. До комплексу входять.

1. Сучасний персональний комп'ютер | (ПК), який використовується для запису, збереження й обробки експериментальних даних, представлених у вигляді графіків чи таблиць. Результати досліджень можна поступово накопичувати і зберігати. Розробники комплексу створили просте програмне забезпечення, що має інтуїтивно зрозумілий дружній інтерфейс.

У кожній практичній роботі з хімії, крім пунктів «Проведення експерименту» й «Обробка даних», містяться також розділи «Теорія», «Допуск» і «Захист», які використовуються для попереднього відпрацювання навичок учнів та перевірки їхньої готовності до роботи. Для друку результатів роботи потрібен принтер.

Запис параметрів будь-якої хімічної реакції відбувається в безупинному режимі. Експериментатор отримує оперативну інформацію про хід процесу, не відволікаючись на трудомісткий запис даних чи розрахунки. Найчастіше на дисплей виводиться кінетична крива. Залежно від завдання, результатом роботи може бути не тільки числове значення досліджуваного параметра, а й спостереження за динамікою процесу. Для проведення дослідів потрібен мінімальний час, оскільки використовується безупинний режим запису даних з визначеним критерієм одержання кінцевого результату. Наприклад, це може бути вихід кривої постійне значення. Властивості речовин можна порівнювати якісно та кількісно.

2. Хімічні реактори та вимірювальні частини устаткування - датчики вимірю-

вання температури, тиску неагресивних газоподібних середовищ, рН, електропровідності, оптичної густини рідини тощо (рис. 12). Більшість датчиків розроблено дослідницькою групою «СНАРК». Вони мають високу чутливість і пристосовані до використання мінімальних кількостей речовин, завдяки компактності тих частин, що занурюються в речовину.

Хімічні реактори - частина устаткування, яку учні можуть самостійно скласти й підключати до вимірювальної системи. Основними принципами їх розробки є: наочність, доступність і безпека. Прилади мають просту конструкцію, їх легко збирати. Щоб наблизити практичні заняття в школі до роботи в звичайній лабораторії, устаткування для здійснення перебігу хімічних процесів укомплектоване традиційним скляним



Рис. 12. Датчики вимірювання комплексу L-мікро: а – об'єму, б – оптичної густини, в – тиску, г – рН середовища

хімічним посудом. Наприклад, є градуїрована хімічна склянка з мішалкою, пробірка зі скляною насадкою, приєднаною герметично за допомогою стандартного шліфа, тощо. Устаткування універсальне. Прилад можна використовувати не тільки в кількох дослідах, а й у різних практичних роботах. За бажанням, окремі його частини можна замінити аналогічними, що є в лабораторії. Під час використання таких приладів дослідник спостерігає процес одночасно не тільки зсередини за допомогою датчика, а й візуально, якщо є видимі оком зміни у реакційному середовищі - розчинення речовини, зміна кольору розчину тощо.

Під час проведення більшості дослідів використовують нешкідливі речовини, доступні й недорогі. З метою економії реактивів можна провести кількаразове дослідження одного процесу, підключаючи різні датчики до одного й того самого реакційного середовища.

Виходячи з принципу доцільності застосування комп'ютера для проведення експерименту, розроблено такі практичні роботи: тепловий ефект процесу розчинення речовини, тепловий ефект хімічних реакцій, вивчення електричної провідності водних розчинів, визначення рН, визначення твердості води, залежність швидкості реакції від різних чинників. Практична робота, заснована на визначенні кута оптичного обертання розчину речовини, включена у розділі «Фізика» («Основи роботи поляриметра») та «Біологія» («Оптичні властивості вуглеводів»). Цю роботу можна включити також і в розділ «Хімія» для пояснення механізму поляризації світла розчином оптично активної речовини.

3. Комп'ютерний вимірювальний блок призначений для підключення до комп'ютера датчиків і вимірювальних пристроїв, що використовуються у навчальному демонстраційному експерименті. Комп'ютерний вимірювальний блок L-мікро (рис. 13) перетворює сигнал, що надходить від датчиків, у цифровий код, що далі обробляється у комп'ютері.



Рис. 13. Комп'ютерний вимірювальний блок L-мікро

Блок підключають до комп'ютера за допомогою спеціального кабелю. Після включення живлення ПК і вимірювального блока програмне забезпечення автоматично настроює апаратуру. Для встановлення потрібних драйверів та програм до комплексу додається CD із програмним забезпеченням і відеофрагментами, що демонструють роботу устаткування.

До комп'ютера можна підключити спеціальний цифровий мікроскоп, який розширює дослідницьке поле.

Для остаточних висновків згадаємо «Базовий перелік засобів навчання та обладнання навчального призначення для навчальних кабінетів загальноосвітніх навчальних закладів» [9], в якому для кабінетів хімії наведено такий список технічного обладнання (табл. 1).

Цей список учитель хімії повинен оптимізувати, враховуючи можливості свого навчального закладу та сучасні науково-технічні досягнення.

Наприклад, усі функції відеоманітофона, діапроектора графопроектора виконує мультимедійний проектор. Тоді таблиця потрібного обладнання скорочується (табл. 2).

Таким чином здійснюється оптимізація обладнання кабінету хімії без втрати функціональних можливостей технічних засобів навчання та економія коштів.

Таблиця 1

Хімія. Обладнання загального призначення, шт.

Відеомагнітофон	1
Відеомагнітофон	1
Діапроектор універсальний	1
Графопроєктор	1
Комп'ютер з комп'ютерним вимірювальним блоком та комплектом датчиків температури, тиску, рН середовища, електричної провідності тощо	1
Мультимедійний проєктор	1
Інтерактивна дошка	1
Принтер	1
Сканер	1
CD-R	1
Копір	1
Комп'ютери для учнів	15
Телевізор	1
Пристрій для затемнення вікон	1
Екран	1

Таблиця 2

Мультимедійний проєктор	1
Інтерактивна дошка	1
Комп'ютер з комп'ютерним вимірювальним блоком та комплектом датчиків температури, тиску, рН середовища, електричної провідності тощо	1
Універсальний копіювальний принтер (копір-сканер-принтер)	1
DVD	1
Комп'ютери для учнів	За кількістю учнів

Література

1. www.activision.ru
2. www.apple.ru
3. www.icl.ru
4. www.panaboard.ru
5. www.hitachisoft.de/ru
6. www.infologics.ru
7. www.hitachi-interactive.ru
8. Жилин Д. М. Общая химия. Практикум L-микро: руководство для студентов. - М.: МГИУ, 2006. — 321 с.
9. Довідник вчителя хімії в запитаннях та відповідях/ Упоряд. С.В. Василенко. - Х.: Веста: Видавництво «Ранок», 2006. - 528 с
10. Трайнев В. А., Трайнев И. В. Информационные коммуникационные педагогические технологии (обобщения и рекомендации): учебное пособие. - 3-е изд. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2007. - 280 с.
11. Браун Ю. С, Кравцова А. Ю. Беспроводные технологии в зарубежной школе. - М.: Образование и информатика, 2006. - 40 с.