



НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
ПЕДАГОГІЧНИХ НАУК УКРАЇНИ



ІІТЗН

ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ І ЗАСОБІВ НАВЧАННЯ

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПІЗНАВАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ УЧНІВ З ПРИРОДНИЧО- МАТЕМАТИЧНИХ ПРЕДМЕТІВ

Монографія



Київ
Педагогічна думка
2020

*Рекомендовано до друку Вченою радою Інституту інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України
(Протокол № 9 від 30.06.2020 р.)*

Рецензенти:

Я. В. Топольник, доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри педагогіки вищої школи ДВНЗ «Донбаський державний педагогічний університет»

С. О. Семеріков, доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри інформатики та прикладної математики Криворізького Національного педагогічного університету

Т. А. Вакалюк, доктор педагогічних наук, доцент, професор кафедри інженерії програмного забезпечення Державного університету «Житомирська політехніка»

К 63 Комп'ютерне моделювання пізнавальних завдань для формування компетентностей учнів з природничо-математичних предметів : [Електронне видання] : монографія / В. Ю. Биков, С. Г. Литвинова, О. Ю. Буров, О. В. Слободяник, О. П. Пінчук, О. М. Соколюк, Н. П. Дементієвська, О. О. Гриб'юк, Ю. М. Богачков, П. С. Ухань / за наук. ред. С. Г. Литвинової. Київ: Педагогічна думка, 2020. 214 с.

ISBN 978-966-644-561-5

У монографії представлено результати колективного дослідження проблем використання систем комп'ютерного моделювання для проектування пізнавальних завдань і формування компетентностей учнів з природничо-математичних предметів у закладах загальної середньої освіти України.

На основі аналізу наукових досліджень закордонних і вітчизняних вчених, стану розвитку цифрового освітнього середовища закладів освіти, сучасних підходів, визначеного теоретико-методологічного апарату обґрунтовано поняття «система комп'ютерного моделювання», концептуальну модель, моделі використання й упровадження системи комп'ютерного моделювання в заклади загальної середньої освіти; етапи проектування, форми й методи використання пізнавальних завдань в освітньому процесі; розкрито особливості проектування і комп'ютерного моделювання, підходи до комплексного формування компетентностей учнів з природничо-математичних предметів у закладах загальної середньої освіти; акцентовано увагу на питаннях безпечного використання мережі Інтернет.

Розраховано на наукових, науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів, магістрантів, викладачів закладів післядипломної педагогічної освіти, вчителів закладів загальної середньої освіти, які займаються теоретичними і практичними проблемами підвищення якості освіти на засадах упровадження інформаційно-комунікаційних технологій в освітню практику.

УДК 373.3/.5.016:5]:004

© В. Ю. Биков, С. Г. Литвинова,
О. Ю. Буров, О. В. Слободяник,
О. П. Пінчук, О. Ю. Соколюк,
Н. П. Дементієвська, О. О. Гриб'юк,
Ю. М. Богачков, П. С. Ухань, 2020
© Інститут інформаційних технологій
і засобів навчання НАПН України, 2020
© Педагогічна думка, 2020

ISBN 978-966-644-561-5

ЗМІСТ

ЗМІСТ	3
ВСТУП	6
Розділ I. СИСТЕМА КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ОБ'ЄКТІВ І ПРОЦЕСІВ ЯК ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ	10
1.1. СИНТЕТИЧНЕ НАВЧАЛЬНЕ СЕРЕДОВИЩЕ: ОСОБЛИВОСТІ ПРОЄКТУВАННЯ	10
1.1.1. Види навчального середовища.	12
1.1.2. Гейміфікація й моделювання в навчальному середовищі . . .	20
1.2. ІСТОРИЧНИЙ АСПЕКТ РОЗВИТКУ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ	23
1.3. СИСТЕМА КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ: ФОРМУВАННЯ ПОНЯТТЯ	26
1.4. КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ОБ'ЄКТІВ І ПРОЦЕСІВ	30
1.5. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ	34
1.6. ПОНЯТТЯ «ЗАДАЧА». КЛАСИ ЗАДАЧ	38
1.7. СТАН ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ВЧИТЕЛЯМИ ЗЗСО	43
1.8. СТАВЛЕННЯ ВИПУСКНИКІВ ДО ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНОЇ ОСВІТИ.	45
Розділ II. ПРОЄКТУВАННЯ І КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В НАВЧАЛЬНОМУ СЕРЕДОВИЩІ ЗАКЛАДІВ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ	48
2.1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ПРОЄКТУВАННЯ ПІЗНАВАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ. . .	48
2.1.1. Формування поняття «дослідницька задача»	48
2.1.2. Проєктування дослідницьких задач.	56
2.1.3. Модель використання пізнавальних завдань для формування компетентностей учнів з природничо-математичних предметів	57
2.2. МОДЕЛЬ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ УЧНІВ З ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНИХ ПРЕДМЕТІВ	59

2.3. МОДЕЛЮВАННЯ У НАВЧАЛЬНО-ПІЗНАВАЛЬНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ УЧНІВ	68
2.4. МОДЕЛІ ВПРОВАДЖЕННЯ Й ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ІННОВАЦІЙНОЇ ОСВІТНЬОЇ ІК-ТЕХНОЛОГІЇ	74
2.4.1. Визначення рівня використання ІК-технологій педагогами. . .	77
2.4.2. Етапи впровадження педагогами СКМод як новітньої ІК-технології.	79
2.4.3. Оцінювання ефективності використання СКМод педагогами. .	82
2.5. ДОБІР КОМП'ЮТЕРНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ДОСЛІДНИЦЬКИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ УЧНІВ ІЗ ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНИХ ПРЕДМЕТІВ	85
 Розділ III. ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ НАВЧАННЯ УЧНІВ ЗЗСО	
3.1. ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СКМод В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ.	92
3.2. ЕРГОНОМІЧНІ ВИМОГИ ДО ВИКОРИСТАННЯ ЕОР В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ ЗЗСО	97
3.3. КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ЗАСІБ АКТИВІЗАЦІЇ ПІЗНАВАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ УЧНІВ	103
3.4. ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ МОДЕЛЕЙ ПІД ЧАС ІНДИВІДУАЛЬНОЇ РОБОТИ УЧНІВ	108
3.5. КОМП'ЮТЕРНІ МОДЕЛІ У ДОСЛІДНИЦЬКІЙ ДІЯЛЬНОСТІ УЧНІВ ІЗ ФІЗИКИ.	118
3.6. ВИКОРИСТАННЯ СКМод GEOGEBRA У ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ МАТЕМАТИКИ	124
 РОЗДІЛ IV. КОМПЛЕКСНЕ ФОРМУВАННЯ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ УЧНІВ ІЗ ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНИХ ПРЕДМЕТІВ	
4.1. ВИМОГИ ДО КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ В ГАЛУЗІ ПРИРОДНИЧИХ НАУК ТА МАТЕМАТИКИ	133
4.2. ФУНКЦІОНАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТТЯ «КОМПЕТЕНТНІСТЬ»	135
4.3. ФОРМУВАННЯ КОМПЕТЕНТНОСТІ УЧНІВ З МАТЕМАТИКИ НА ЗАСАДАХ ВИКОРИСТАННЯ ПІЗНАВАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ.	142
4.3.1. Теоретичні основи формування компетентності	143

4.3.2. Приклади використання пізнавальних завдань для формування компетентності.	148
4.4. БІЛІНГВАЛЬНИЙ ПІДХІД У ФОРМУВАННІ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ УЧНІВ ІЗ ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНИХ ПРЕДМЕТІВ НА ЗАСАДАХ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ.	156
4.4.1. Теоретичні засади формування компетентності учнів із природничо-математичних предметів.	156
4.4.2. Білінгвальний підхід у використанні комп'ютерного моделювання для формування компетентностей учнів із природничо-математичних предметів.	159
4.4.3. Етапи реалізації білінгвального підходу в навчанні природничо-математичних предметів на засадах використання систем комп'ютерних моделей.	162
4.5. ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІ ІНСТРУМЕНТИ ПОБУДОВИ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ ОСВІТНЬОЇ ТРАЄКТОРІЇ УЧНІВ.	164
4.6. КІБЕРБЕЗПЕКА ЯК СКЛАДНИК ЦИФРОВОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ УЧНІВ ЗЗСО.	175
4.6.1. Навчальне середовище та кіберпростір.	175
4.6.2. Загрози учасникам освітнього процесу з боку кіберпростору.	177
4.6.3. Шляхи забезпечення кібербезпечного освітнього процесу.	179
4.6.4. Суб'єкти навчання та безпечний Інтернет.	181
4.7. ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ КОГНІТИВНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ СТАРШОКЛАСНИКІВ ШЛЯХОМ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ.	183
4.7.1. Трирівнева модель навчання як системної діяльності.	184
4.7.2. Експериментальне дослідження.	186
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.	192

ВСТУП

З виникненням і розповсюдженням інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ), їх розвитком і проникненням в усі сфери діяльності людини, як наслідок, у 1980-х роках з'явилися потреба і можливість машинного навчання. На відміну від матеріального світу, віртуальні світи дозволяють нам рухатись далі і створювати нові світи, що копіюють нашу усвідомлену реальність з метою створення нових місць (інноваційні, творчі), використовуючи необмежену кількість відомих і новостворених об'єктів і символів.

Новий напрям розвитку технологій Cyber-Human Systems базується на повсюдному використанні людиною комп'ютера і конкретних методологічних підходах. Формування такої технології більшою мірою засноване на комп'ютерному моделюванні різних процесів, необхідних для життєдіяльності людини, визначенні їхніх переваг і недоліків, здійсненні наскрізного аналізу результатів і даних, а також візуалізації, що є одним із важливих компонентів цього процесу. Використання таких технологій вимагає відповідної підготовки школярів. Використання в освітньому процесі комп'ютерного моделювання має допомогти учням закладів загальної середньої освіти глибше зрозуміти природні процеси та явища, а вчителям — активізувати їхню навчальну діяльність у напрямках виконання проєктних, дослідницьких, творчих і проблемних завдань. Отже у ХХІ ст. освітній простір набуває нових рис із посиленням ролі синтетичного навчального середовища [296].

Необхідність у широкому впровадженні інновацій в усіх сферах діяльності, а також зміна ролі інформаційно-комунікаційних технологій у житті людини, способах і формах її діяльності [14] викликані розвитком нових технологій і переходом людства до інформаційного суспільства [36]. Така тенденція змінює пріоритети суспільства — розвиток людського капіталу, формування специфічних умов його функціонування в інформаційному середовищі, упровадження нових форм і засобів навчання, а також їх ресурсів [145], зростання вимог до когнітивних можливостей людини та їх контролю [232]. Відповідно змінюються вимоги до навчання, що все частіше потребує використання штучного середовища — ІКТ, комп'ютерних тренажерів, програмних та апаратних моделей, — які дозволяють «погратися» з хімічними реакціями в живих клітинах, «побачити» стійкість-нестійкість біоценозів певного ареалу, практикуватися в експлуатації і ремонті дорогого устаткування, досліджувати дію мікрогравітації. Так можна легше зрозуміти складні поняття і швидко застосувати це розуміння до вирішення практичних проблем.

Масштабні багатокористувацькі онлайн-ігри, або МБОІ (в англомовній літературі — MMOGs), допомагають гравцям розвивати і тренувати низку навичок, близьких до відповідних умінь мислення, планування, навчання, а також технічних навичок, що все більше користуються попитом у освітян [275].

Нині в суспільстві викликають занепокоєння дві проблеми. По-перше, відсутність висококваліфікованих науковців сьогодні може стримувати науково-технічний прогрес в майбутньому. По-друге, сьогоднішнім студентам у майбутньому розуміння науки та технологій буде необхідним для прийняття обґрунтованих рішень щодо найважливіших соціально-наукових питань, починаючи від глобального потепління до особистих (медичних, освітніх, соціальних). Однак низький рівень підготовки сучасних учнів з питань природничо-математичної освіти, що є основою розвитку новітніх технологій у таких сферах як медицина, хімічна, харчова, аграрна промисловості, може поглибити ці проблеми.

У Білій книзі національної освіти України зазначено, що уже з'явився новий напрям діяльності — розроблення ІКТ навчання і програмно-методичних навчальних комплексів, які базуються на широкому застосуванні інтерактивних методів навчання, мультимедійних засобів і віртуальних педагогічних технологій, дають змогу суттєво підвищити рівень методичного забезпечення освітнього процесу, відкривають нові можливості для підвищення якості освіти. Тому інформатизація і комп'ютеризація є одними із найважливіших і водночас найскладніших сучасних завдань галузі освіти [26], роль яких швидко зростає, особливо під час національних і глобальних катаклізмів, як засвідчила пандемія коронавірусу.

Зміни в освіті обумовлені загальним рівнем розвитку суспільства; формуванням нової генерації людей, які живуть в середовищі, насиченому цифровими засобами; появою нових технологій, що потребують постійного доступу до мережі Інтернет. Технологічні зміни, що відбулися у формуванні освітнього середовища закладів загальної середньої освіти, дали можливість учителям надавати учням приклади і зразки пошукової, творчої діяльності, пізнавальні завдання з використання ІКТ, зокрема систем комп'ютерного моделювання (СКМод) [107], [152].

Відсутність методичного забезпечення, низький рівень обізнаності вчителів щодо існуючих ефективних технологій навчання таких, як комп'ютерне моделювання, не дає змоги учням формувати індивідуальну траєкторію розвитку і формувати компетентності з природничо-математичної освіти [123]. Це щорічно підтверджується аналітичними звітами Українського центру оцінювання якості освіти, зокрема оприлюднюють-

ся результати зовнішнього незалежного оцінювання учнів з природничо-математичних предметів.

Питання ефективності використання комп'ютерного моделювання в освітньому процесі досліджувалися протягом останніх років у роботах вітчизняних вчених. Основними питаннями для впровадження комп'ютерного моделювання в освітній процес було обґрунтування проблеми формування системи відкритої освіти, використання інноваційних середовищ навчання — комп'ютерно-орієнтованих і мобільних, електронних освітніх ігрових ресурсів та імітаційних моделей [15].

Питання комп'ютерного моделювання та застосування мережі Інтернет для дослідження природних явищ порушувалося співробітниками Інституту інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України. Група дослідників обґрунтувала основні принципи і підходи використання Інтернет-технологій у шкільному експерименті під час вивчення курсу фізики. Вони довели, що для застосування комп'ютерного моделювання мають бути визначені конкретні навчальні цілі. За висновками вчених інноваційні підходи в навчанні спонукатимуть учнів до пошуку причинно-наслідкових зв'язків, допомагатимуть отримані знання і досвід залучити до здобуття нових знань, співставлення цих знань з оточуючим світом [73].

У Науково-дослідному інституту імені Вейцмана (Ізраїль) дослідники прийшли висновку, що використання комп'ютерного моделювання в освітньому процесі, сприяє розвитку інтелектуальних умінь учнів, глибокому розумінню природних процесів, формуванню дослідницьких навичок і вмінь, поглибленню знань з інформатичних, математичних та фізичних дисциплін, удосконаленню навичок роботи в цифровому середовищі [200].

Зазначимо, що питання використання комп'ютерних моделей в освітньому процесі розвивалося і досліджувалося вченими за такими напрямками: засвоєння базових предметів на засадах використання імітаційного моделювання; використання імітаційного моделювання в освітньому процесі [195]; посилення міждисциплінарних зв'язків [136]; підвищення інтересу учнів до навчання на засадах використання ігрового моделювання; використання електронних освітніх ігрових ресурсів; використання систем комп'ютерної математики GeoGebra з метою активізації дослідницької діяльності учнів [52]; активізація пізнавальної діяльності учнів [180].

Останніми роками в освіті поширюються такі технології, як мобільне навчання, комп'ютерне моделювання, хмарні обчислення, орієнтовані на використання *сервісів*, що можуть забезпечити і розширити можли-

вості M&S (Modeling and Simulation) для задоволення критичних потреб суспільства, зокрема освіти.

M&S — це використання моделей (наприклад, фізичне, математичне чи логічне зображення системи, сутності, явища чи процесу) як основи для моделювання, аналізу даних, що використовуються для прийняття управлінських чи технічних рішень. У процесі застосування M&S комп'ютер використовується для побудови математичної моделі, яка містить ключові параметри фізичної моделі. Математична модель представляє фізичну модель у віртуальній формі, до якої висувуються вимоги та застосовуються умови, що становлять основу експерименту. Процес моделювання — це перевірка цих умов і вимог у процесі обчислення результатів на комп'ютері. Результати моделювання виводяться у форматі, зручному для інтерпретації людиною. «Симуляція» все частіше використовується в значенні «імітаційне моделювання».

M&S як послуга (MSaaS) — це нова концепція, яка включає орієнтацію на обслуговування та надання додатків M&S через модель хмарних обчислень як послуги, що можна розгортати та виконувати на вимогу користувача.

Парадигма MSaaS підтримує автономне використання, а також інтеграцію декількох моделювальних та реальних систем у єдине хмарне середовище моделювання, коли виникає в цьому потреба.

Концепцію MSaaS перевірено в зарубіжних наукових структурах у різних експериментах. Результати експериментів та початкові експлуатаційні програми демонструють, що MSaaS здатна реалізувати бачення того, що продукти, дані та процеси доступні великій кількості користувачів, коли і де це потрібно. Для завдань освіти ця концепція може стати одним з основних напрямів у пізнавальній діяльності учнів, за умови обґрунтованого розроблення методичних, технічних, організаційних і змістових питань.

Результати наукового дослідження заклали основи для того щоб учителі були готові до впровадження нової освітньої концепції навчання на засадах використання MSaaS.

РОЗДІЛ I

СИСТЕМА КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ОБ'ЄКТІВ І ПРОЦЕСІВ ЯК ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. СИНТЕТИЧНЕ НАВЧАЛЬНЕ СЕРЕДОВИЩЕ: ОСОБЛИВОСТІ ПРОЄКТУВАННЯ

Зміни у формах, методах і засобах освіти супроводжуються переходом від «суб'єкт-об'єктної» до «суб'єкт-суб'єктної» побудови взаємодії в освітньому процесі, змінами в організації навчального середовища — пряме спілкування, опосередковане через цифровий простір, змішане, соціальні мережі тощо [14]. Поширюється використання ігрових технологій у навчанні [222], [268]. Виникає необхідність у моделюванні як нових методик, так і поведінки суб'єктів освітнього процесу, що дозволяє розв'язувати пізнавальні задачі не «в класі», а у цифровому середовищі [221]. Наразі зростає необхідність урахування різних аспектів безпеки життєдіяльності особистості, що не обмежуються проблемами фізичної безпеки, а потребують урахування людського чинника в широкому розумінні на різних етапах життя. Фактично життя людини зміщується все більше у синтетичне середовище, а діяльність, спілкування, навчання, дозвілля і, навіть, особисте життя (інформаційне, емоційне, чуттєве) відбувається все більше у віртуальному просторі зі своїми перевагами, недоліками та небезпеками [36].

Оскільки тенденція використання синтетичного середовища в освіті є досить новою, її переваги, недоліки та наслідки залишаються непередбачуваними дотепер. Починаючи з 2001 р., проблемою створення і використання синтетичного навчального середовища займалися, насамперед, дослідники у сфері емерджентних технологій, космічної та воєнної сфер [289]. Велика увага приділялась балансуванню технологій, вартості створюваного середовища, довіри йому й оцінюванню його ефективності. В останні роки все більше уваги приділяється аналізу можливостей синтетичного середовища

для навчання в цілому [226]. Якщо 10 років тому можливості Second Life (тривимірний віртуальний світ з елементами соціальної мережі) розглядалися лише з позицій потенційного середовища ігрового характеру, то в останні роки Second Life пропонується як випробуваний ресурс для широкого навчання (Гарвардський та Оксфордський університети) або проведення нарад і налагодження взаємодії співробітників (компанії IBM і Sun Microsystems), а також як віртуальні дослідницькі центри (NASA). Насамперед умови для цього створює використання хмарних технологій в освіті [106], а також поширене використання мультимедійних технологій [151], ігор у навчальному і тренувальному процесах [275], у системах моделювання навчання як такого [290]. Проте такі зміни засобів і структури середовища навчання змінюють навчальне навантаження на учня/студента й актуалізують проблему врахування психологічної і психофізіологічної «ціни» навчальної діяльності [235].

Відповідно, виникає задача аналізу тенденцій побудови й використання синтетичного навчального середовища.

Ще у 2000 р. Г. Келлі, президент Федерації американських учених, у своїй промові на засіданні секції систем навчання наступного покоління звернув увагу на те, що «перехід до економіки знань відбувається більш швидкими темпами, ніж наша здатність забезпечити необхідними високотехнологічними робітниками, а також безперервне навчання існуючої робочої сили.... Майже 80% поточних доходів компаній Fortune 500 є продуктами або послугами, що не існували ще два роки тому, а 50 % знань працівників стають застарілим уже через 3-5 років» [275].

Можна погодитись із формулюванням основного принципу інноваційного розвитку навчального середовища (НС) як зміни стану НС на підставі прийняття рішення щодо проєктування нових властивостей фахівця-освітянина в результаті отриманої інформації щодо стану ринку професійних компетенцій. І визначальними для такого рішення можуть бути очікувані риси нового, VI технологічного укладу: нанота біотехнології, робототехніка та когнітивні технології, які дозволять створити нову медицину, нове природокористування, забезпечити безпеку техносфери, альтернативні види енергетики тощо. Усі ці галузі мають спільність в тому, що є наукомісткими, тобто високими технологіями, проблеми розвитку яких безпосередньо пов'язані, а часто і визначені можливостями інформаційно-комунікаційних технологій.

Як указують результати дослідження Brandon Hall Group з тенденцій змін у навчальних технологіях 2016 р. (насамперед, у сфері eLearning),

хмари, соціальні інструменти, мобільні технології та інші досягнення створили безліч можливостей для нового досвіду навчання настільки, що технологія стала найвищим пріоритетом з питань навчання та розвитку. Вивчення нових і різних технологій (за оцінками 48 % серед опитаних представників 302 організацій) перевершило за значенням навіть стратегію навчання (47 %) як головний фокус на найближчі 12 місяців [266]. Третім (за рангом) пріоритетом є створення більш тісного зв'язку між навчанням і продуктивністю професійної діяльності. Найкращими шляхами для освоєння технологій є інструменти соціальної взаємодії і спільної роботи (43 % респондентів), а також мобільного доступу (41 %). Проте, як відзначають автори дослідження, задоволення від використання цих інструментів залишається низьким через недостатній досвід користувачів та адміністраторів ресурсів. Критичного значення набувають управління талантами (36 % у структурі інтеграції в корпоративну систему) та управління трудовими ресурсами (27 %), тоді як вибір платформи і технічних засобів є критичним тільки на 20 % і менше.

Наведені та інші відомі дані свідчать про тенденцію до перенесення навчально-розвивальної діяльності у синтетичне середовище, де зміст навчання зміщується в бік самонавчання і проектно-орієнтованої діяльності. Таке навчальне середовище має нові риси, що не залишаються незмінними навіть у найближчому майбутньому, розвиваючись за певними законами, які доцільно дослідити і спробувати передбачити. На нашу думку, ефекти інноваційного реформування освіти можна очікувати саме в цій сфері.

Наше дослідження ролі синтетичного навчального середовища проведено у таких напрямках: навчальне середовище (НС) — визначення, види; синтетичне навчальне середовище (СиНС) — погляди й підходи; ігро-орієнтоване навчання; хмаро орієнтоване, змішане, синтезоване гібридне НС; оцінювання ефективності СиНС.

1.1.1. Види навчального середовища

Незважаючи на давню історію застосування поняття «навчальне середовище» та визнання його ролі в навчанні (починаючи з Ж.-Ж. Руссо, який одним з перших почав розглядати середовище як поле для розвитку особистості і вважав за необхідне створення особливого «навчального середовища» з метою врівноваження потреб і можливостей учня), дотепер існують різні погляди на роль і розуміння сутності середовища навчання, тобто у різних фахівців немає єдиної позиції в його визначенні, у розумінні структури навчального середовища, його функцій, методів проектування та експертизи.

Різні автори розрізняють природні і штучні, предметні й інформаційно-динамічні, адаптивні та інші навчальні середовища. Існують різні **критерії типологізації навчальних середовищ** (рис. 1.1)



Рис. 1.1. Критерії типологізації навчальних середовищ

(у дужках наведені приклади різних шкал із полярними значеннями на них):

- за стилем взаємодії всередині середовища (конкурентне-кооперативне, гуманістичне-технократичне, суб'єкт-об'єктне);
- за характером ставлення до соціального досвіду і його поширення (традиційне-інноваційне, моноетнічне-універсальне тощо);
- за ступенем творчої активності (творче-регламентоване);
- за характером взаємодії із зовнішнім середовищем (відкрите-замкнуте).

Необхідно відзначити, що будь-яка типологія навчального середовища умовна і залежить від соціально-економічного базису освіти. Так, наприклад, класичною є класифікація Я. Корчака (1919 р.), який пропонував чотири типи виховного середовища: «догматичний», «ідейний», «безтурботного споживання» та «зовнішнього лиску і кар'єри». Проте глобальні процеси останніх десятиліть та перехід людства до інформаційної ери внесли свої корективи в цю типологію.

Серед найбільш прийнятих сучасних визначень НС, на нашу думку, слід вказати подані далі.

О. І. Севенков: «система педагогічних і психологічних умов і впливів, які створюють можливість для розкриття як вже наявних здібностей і

особистісних особливостей учнів, так і тих, що ще не проявилися, інтересів і здібностей» [165, с. 5];

Т. М. Гущина: «засіб розвитку суб'єктності старшокласника, яку він реалізує в ході діалогової взаємодії, орієнтації на інших суб'єктів діяльності та спілкування. Педагогічний зміст навчального середовища визначають його ключові функції, які можна позначити наступним чином: розвиток, вибір цінностей, регуляція, безпека, фасилітує взаємодію» [56, с. 189];

В. Ю. Биков: «штучно побудована система, структура і складові якої сприяють досягненню цілей освітнього процесу. Структура НС визначає його внутрішню організацію, взаємозв'язок і взаємозалежність між його елементами» [20, с. 4].

Перехід людства до інформаційної ери супроводжується появою нових аспектів навчального середовища, які набувають стрімкого розвитку та можливостей.

Насамперед, варто зазначити зростання ролі відкритого комп'ютерно-орієнтованого навчального середовища, під яким мається на увазі ІКТ-навчальне середовище педагогічних систем, у якому окремі дидактичні функції передбачають педагогічно доцільне використання комп'ютерних і комп'ютерно-орієнтованих засобів навчання й електронних освітніх ресурсів, що входять до складу ІКТ-системи навчального закладу, а також засобів, ресурсів і сервісів відкритих інформаційно-комунікаційних мереж (Інтернет) [145, с. 12].

Згідно з Дж. Кенон-Боуерс і К. Боуерс, швидко зростає роль синтетичного навчального середовища, тобто середовища навчання, що характеризується з точки зору тієї чи іншої технології, предмета, характеристик учня та педагогічних принципів. Синтетичний досвід взаємодії з реальним пристроєм або процесом, створюється через моделювання, ігри або іншу технологію [238]. При цьому синтетичне середовище є реконструйованим багатофункціональним середовищем із сумішшю реальних і комп'ютерних синтезованих (модельованих) об'єктів під управлінням комп'ютера, який забезпечує взаємодію між комбінаціями реальних і синтезованих об'єктів.

Синтетичне середовище (СиС) складається з цифрового й аналогового уявлення фізичного середовища із заданою точністю і складністю та масштабується до будь-якого розміру і ступеня складності. Згідно з позицією IT Law Wiki, СиС включає будь-які з поданих систем (див. http://itlaw.wikia.com/wiki/The_IT_Law_Wiki) (рис. 1.2.).



Телеоператорні системи



Системи віртуального середовища



Системи доповненої реальності

Рис. 1.2. Системи синтетичного навчального середовища

Насамперед, розвиток і класифікація СиС проводились для виробничих систем і, перш за все, для складних людино-технічних систем, де людська ланка представлена людиною-оператором. У сучасному (і майбутньому) навчальному середовищі суб'єкт освітнього процесу фактично функціонує як оператор, використовуючи для досягнення кінцевої мети (набуття знань, умінь, компетентностей) допоміжні проміжні засоби (технічні, інформаційні, організаційні тощо).

Відповідно, на часі корисним є урахування поглядів IT Law Wiki як певного узагальнення підходів до СиС: «У системі синтетичного середовища (СиС) людина-оператор переноситься до нового інтерактивного середовища за допомогою пристроїв, що відображають сигнали в сенсорні органи людини та пристрої, які сприймають різні дії оператора».

Дотепер зусилля у дослідженнях і розробленні, що безпосередньо стосуються створення корисних СиС, мають відношення до:

- комп'ютерного генерування віртуальних середовищ;
- проектування дистанційно керованих роботів;
- вдосконалення інтерфейсу людина-машина;
- вивчення відповідних аспектів поведінки людини;
- розроблення комунікаційних систем, що забезпечують підтримку мереж СиС.

На рис. 1.3. представлені сфери застосування ІТ, що на думку авторів ресурсу Law Wiki варті уваги.

Розширення сфери застосування СиС на освіту має значні перспективи, особливо завдяки сформованості засобів освіти на основі ІКТ і досвіду використання мультимедійних засобів і проектування мультимедійних технологій. Загальновизнаним є те, що останні розширюють когнітивні можливості учня.

Оскільки навчання можна вважати конструюванням знань, Р. Мейер доводить на фактичному матеріалі, що навчання із застосуванням аудіо- і візуальної інформації значно продуктивніше для отримання знань, ніж тільки із застосуванням словесної форми навчального матеріалу.

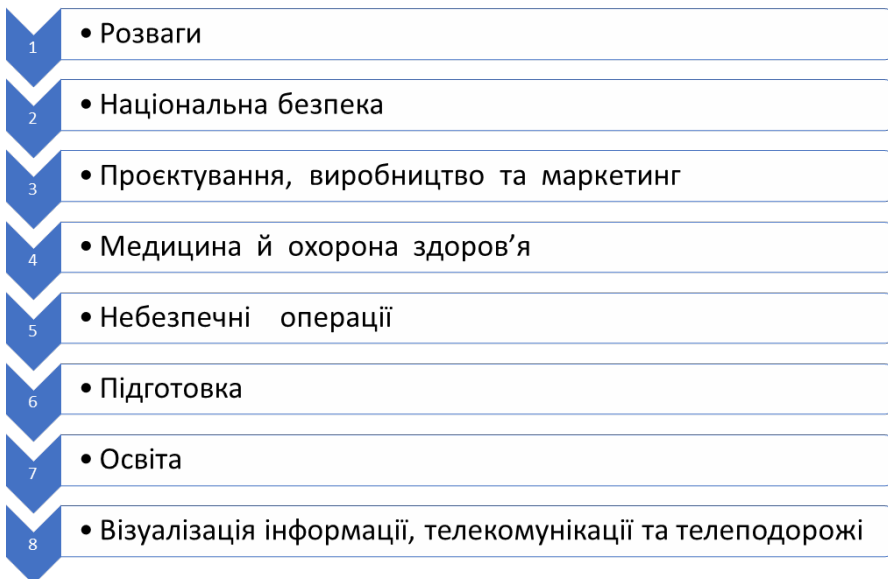


Рис. 1.3. Сфери застосування ІТ, що варті уваги

На лекції, прочитаній ним у Гарвардському університеті у травні 2014 р., наведені результати виконання студентами тесту на розуміння матеріалу, що засвідчують суттєву різницю у правильному відтворенні навчального матеріалу: у середньому 30 % при використанні наративної або текстової інформації, 45 % при використанні текстів + ілюстрацій, 55 % при використанні наративу + анімації [283]. Проте важливим є оптимальне використання візуального навантаження. Автор визначає 3 top-level мети проектування мультимедійного навчального середовища (МмНС): 1) зменшити оброблення побічної інформації; 2) керувати суттєвим обробленням; 3) сприяти продукуючій обробці. Відповідно,

він рекомендує використовувати подані нижче принципи проектування МмНС (рис. 1.4-1.6).

Певною мірою можна вважати використання МмНС перехідним кроком до навчання в СиС, а принципи його побудови справедливими для останнього.

Слід наголосити, що саме з поняттям СиС пов'язано поняття імерсивного та віртуального середовища.

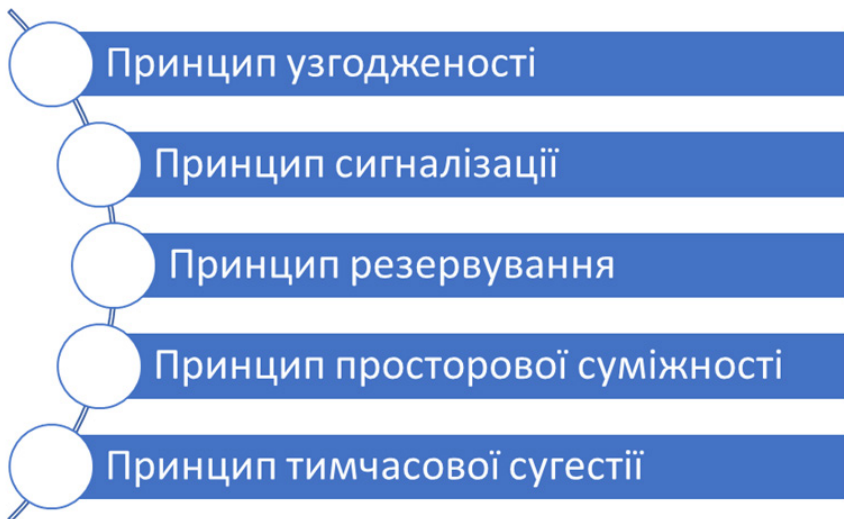


Рис. 1.4. П'ять принципів зменшення побічного оброблення

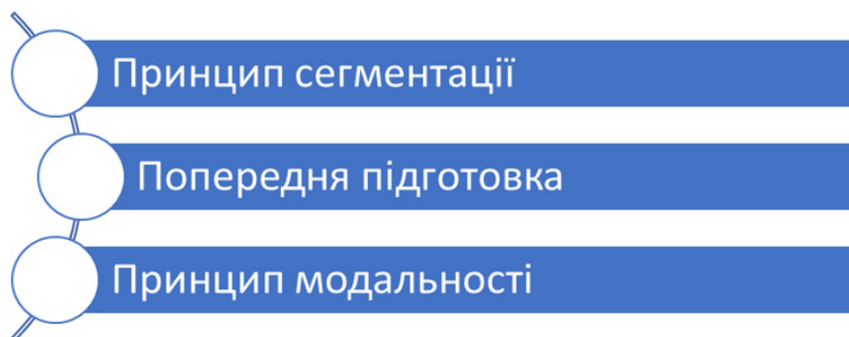


Рис. 1.5. Три принципи управління суттєвим обробленням



Принцип персоналізації

Принцип голосового супроводу

Рис. 1.6. Два принципи сприяння генеративному обробленню

На думку С. Ф. Сергеева, навчальне середовище у змістовому плані виникає завжди як динамічний процес формування мережі відносин у суб'єкті навчання, до якого (не завжди усвідомлено) вибірково залучаються найрізноманітніші елементи зовнішнього та/або внутрішнього оточення з метою забезпечення: аутопоезиса організму, стабільності особистості та безперервності її історії [173]. До основних властивостей імерсивного навчального середовища можна віднести: надмірність, можливість спостереження, доступність когнітивному досвіду, насиченість, пластичність, позасуб'єктна просторова локалізація, автономність існування, можливість синхронізації, векторність, цілісність, мотивогенність, імерсивність, присутність, інтерактивність.

Найпоширенішим є визначення віртуального навчального середовища у Wikipedia: «Віртуальне навчальне середовище (ВНС) (англ. virtual learning environment (VLE)) — програмна система, створена для підтримки процесу дистанційного навчання з наголосом саме на навчання, на відміну від керованого навчального середовища, для якого властивий акцент на управлінні процесом навчання» (див. <https://u.to/O83wFw>). «ВНС зазвичай використовує мережу Інтернет і надає засоби для оцінки (зокрема, автоматичної оцінки, наприклад, завдання на вибір), комунікації, завантаження матеріалів, повернення робіт студентів, оцінювання колег, управління групами студентів, збирання та організація оцінок студентів, опитування тощо. Серед найновіших особливостей ВНС — широке запровадження технологій wiki, блогів та RSS. Ідеологія ВНС базується на об'єктно-орієнтованому підході до навчання, для якого властиве використання різноманітних навчальних об'єктів».

Імерсивне (тобто таке, що викликає занурення у процес) середовище у віртуальній реальності передбачає досягнення стану свідомості, при якому суб'єкт сприймає себе присутнім фізично у нефізичному (віртуальному) світі. При цьому відчуття фізичного стану зменшується або втрачається зовсім. Зауважимо, що будь-яке *ефективне* НС повинно бути

певною мірою імерсивним, створюючи в учня ефект захоплення, «занурення». З цієї точки зору імерсивність притаманна не лише СиНС, проте остання набуває особливого значення, оскільки, по-перше, у синтетичному середовищі з'являються нові можливості для когнітивної діяльності, а по-друге, постійно зростає спектр навчального інструментарію. Синтетичні засоби навчання починають конкурувати один з одним, що дозволяє учню обирати саме ті, які відповідають його індивідуальним можливостям і вподобанням.

Найчастіше імерсивне НС асоціюють із Second Life, проте на часі з'являється все більше глобальних і локальних інструментів, що відповідають зазначеним характеристикам. За експертними даними, на сьогодні вже існують сотні подібних розробок, у яких зареєстровані сотні тисяч користувачів, які діють (навчаються, працюють) у синтетичному світі.

Найбільш загальними перевагами імерсивного СиНС, є такі: усунення необхідного компромісу між експериментальними і реальними умовами, керування точністю відтворення реальної ситуації, забезпечення ненав'язливих вимірювань, створення платформи раніше (у звичайних умовах) неможливих або дуже складних маніпуляцій та управління.

Нові техніко-технологічні рішення для створення СиНС вимагають розвитку педагогічних систем та їх методологічних засад. Так, К. Олдріч вважає, що педагогіка є одним із шести «критичних критеріїв», які потребують уваги, якщо ми хочемо підвищити якість синтетичного середовища [197].

Можливості методик активного навчання та СиНС мають певний паралелізм, але зі своєю специфікою (табл.1.1.).

Таблиця 1.1.

Методики активного навчання та СиНС

Властивості активного методу навчання	Властивості СиНС
активна співпраця активна взаємодія мотивування взаємодія із середовищем публікація знань трансфер знань передавання особистого досвіду навчання вчитися адаптивність контроль знань	спільне навчання занурення самомотивація розширені можливості вибору конструювання середовища конструювання об'єкта наполегливість пошук власного шляху самоконтроль гнучкість

На думку автора, **основні педагогічні елементи SiHC** мають включати:

- надання достатньої довідкової інформації/ресурсів, вбудованих у симуляцію;
- підготовка навчальних налаштувань;
- діагностичні взаємодії;
- співпраця;
- динамічна і контекстно-сензитивна допомога;
- впроваджені рефлексивні стратегії;
- досвід роботи;
- контрольований студентом досвід.

Експериментування з використанням моделювання та симуляції є різновидом ігрової діяльності з більш високим когнітивним навантаженням. Варто зауважити, що ігри стають дедалі складнішими і можуть з успіхом використовуватися у навчально-пізнавальній діяльності.

1.1.2. Гейміфікація й моделювання в навчальному середовищі

Засновник Національного інституту гри США С. Браун стверджує, що гумор, ігри, буйства, флірт і фантазії — це більше, ніж забави. У своїй відомій книжці «Гра: як вона формує мозок, відкриває уявлення та збуджує душу» він пояснює, як у цілій низці наукових дисциплін доводиться важливість гри протягом життя [227]. Грайливість посилює нашу здатність до інновацій та адаптації до мінливих обставин. «Дорослі, позбавлені гри, часто є жорсткими, негнучкими і закритими до спроб нових варіантів. Гра — це активний процес, який змінює наші жорсткі погляди на світ». Розширення можливостей використання ІКТ, їх доступності для різних верств населення, загальне зростання комп'ютерної грамотності, а також розвиток медійних й інтелектуальних можливостей засобів доступу людини до Інтернет суттєво розширюють ігровий потенціал пізнання світу, а також можливості людини у віковому та когнітивному аспекті. С. Браун переконаний, що гра (особливо у цифровому вигляді) стає наріжним каменем педагогіки для освіти у 21-у столітті. Завдяки використанню моделей ігро-орієнтованого навчання майбутні працівники (насамперед, у сфері індустрії знань) готуються до швидкого реагування на зміни техніки і технологій, зміни професії та кар'єри. Успіх складних відеоігор демонструє, що ігри можуть сприяти розвитку стратегічного мислення, інтерпретаційного аналізу, здатності до вирішення проблем, формулювання та виконання плану, а також адаптації до швидких

змін. А на сьогоднішньому ринку праці саме ці навички мають найбільший попит серед роботодавців.

Як зазначалось на Національному саміті з освітніх ігор (25 жовтня 2005 р., Вашингтон, США), «... ігри та симулятори можуть також слугувати потужними практичними інструментами для навчання практичним та технічним навичкам, від автомобільного ремонту до хірургії серця. Крім того, сьогоднішні студенти, які зростають, використовуючи цифрові технології та відеоігри, найбільш готові скористатися можливостями ігро-орієнтованої освіти» [253]. Дотепер програма Федерації американських учених FAS Learning Technologies Program зосереджена на іграх та інших технологіях, що і навчають «передовим абстрактним поняттям». Те, що здається занадто абстрактним для навчання школярів, художниками та дизайнерами ігор подається у вигляді ігор. Як стверджують експерти FAS, «Білки та їх групи можуть стати такими ж знайомими, як зомбі і рушниці. Ми намагаємося продемонструвати, що взаємодію між молекулами, поведінку мікроскопічних та наноскопічних об'єктів, а також дії клітин у відповідь на зміну їх оточення можна викладати у форматі відеоігор» (див. <https://fas.org/programs/ltip/>). Тим самим поєднуються комп'ютерно орієнтовані технології навчання та ігри у відповідності до загальних тенденцій сучасного розвитку технологій [36, с. 21]. Серед іншого, навчальні ігри і симулятори забезпечують: формування практичних навичок; навчання людей для виконання високопрофесійної діяльності, що вимагає складних рішень; зміцнення навичок, що рідко використовуються; передачу досвіду того, як фахівці підходять до вирішення проблем; створенню команди.

Варто зауважити, що деякі експерти приділяють особливу увагу тому, що існують відмінності між іграми для навчання й іграми для розваг. Розробники освітньої гри повинні бути націленими, перш за все, на бажаний навчальний результат, а потім спроектувати гру для досягнення цієї мети. Освітні ігри повинні будуватися на основі науки про навчання.

Є кілька **атрибутів ігор**, що можуть бути корисними для застосування у навчанні (рис. 1.7).

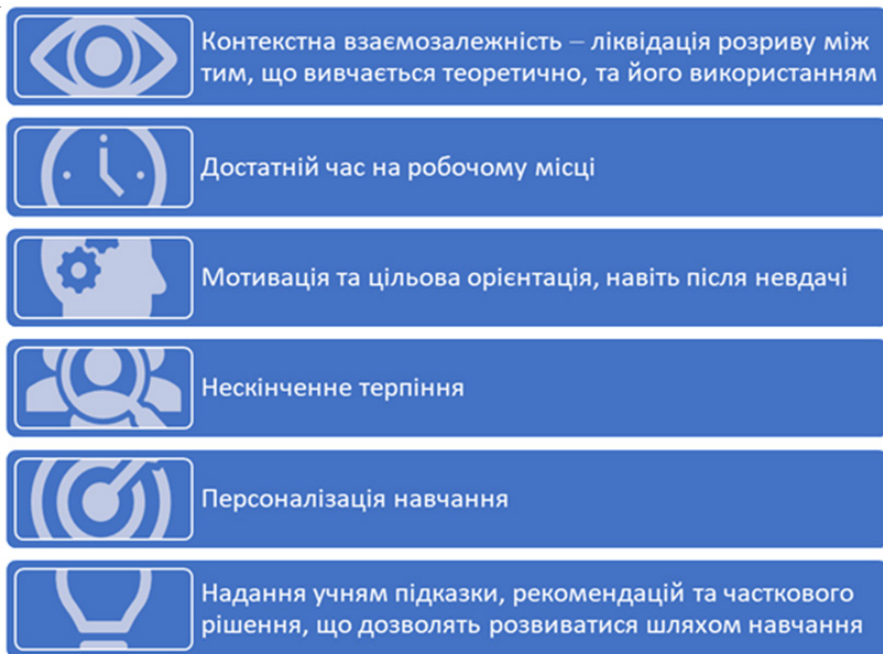


Рис. 1.7. Атрибути ігор

У цілому стверджується, що створення, комерціалізація та прийняття ігор для навчання є багатопрофільним інноваційним завданням — залученням наукових відкриттів і технічного прогресу, креативного дизайну і розвитку, дружнього інвестиційного клімату, змін у педагогіці та нових ролях для вчителів та учні [253, с. 7].

У 2014 році було завершено багаторічне дослідження адаптивного навчання для розроблення навчальних ігор [264]. У результаті було розроблено і затверджено модель ALGAE (Adaptive Learning GAmE dEsign) — адаптивну модель навчання, засновану на теоріях і практиці дизайну ігор, навчальних стратегій та адаптивних моделей.

Практичним результатом дослідження було створення адаптивної моделі моделювання навчальних ігор для дітей, що слугувала б керівництвом для дизайнерів ігор, дизайнерів-інструкторів та педагогів з метою підвищення результативності навчання.

Ця модель тепер слугує керівним принципом для проектування і розроблення освітніх комп'ютерних ігор.

З метою зближення навчання й отримання необхідних професійних умінь дослідниками з університету Делфт у Нідерландах запропоновано концепцію Microgames як активного, ситуативно-орієнтованого навчаль-

ного підходу. Microgame — це симуляційна гра, яку можна відтворити за короткий проміжок часу і яка починається з певної проблеми в організації, що визначена керівництвом. Компенсувати обмеження гри у часі дозволяє структурований етап роз'яснення й обмін гравців інформацією про успішні стратегії планування, посилюючи досвід навчання за допомогою соціальної взаємодії.

Фактично СиНС є навчальними системами, вбудованими у віртуальні світи. Відповідно, симуляція і моделювання в сучасних ІКТ наближаються й набувають усе більше рис ігрової діяльності із зануренням у проблему, а завдяки засобам доданої реальності в синтетичному навчальному середовищі значно розширюють можливості навчання та когнітивного розвитку учнів.

Варто зазначити, що вже впродовж кількох десятиліть моделювання є одним з найбільш актуальних методів наукового дослідження і широко застосовується в педагогічних пошуках. Метод моделювання дає можливість об'єднати емпіричне і теоретичне в педагогічному дослідженні — поєднувати в ході вивчення педагогічного об'єкта експеримент, побудову логічних конструкцій і наукових абстракцій. У той же час нові можливості СиНС дозволяють розширити навчально-методичний інструментарій освіти за рахунок уведення в освітній процес не лише моделювання, але й симуляції, яка, зазвичай, включає відтворення певних ключових властивостей чи функціонування досліджуваного фізичного або абстрактного об'єкта, а деталізовані експерименти неможливі через його складність, небезпеку або високу вартість.

1.2. ІСТОРИЧНИЙ АСПЕКТ РОЗВИТКУ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Інтенсивний розвиток хмарних обчислень дав поштовх до проєкування глобальних інформаційно-когнітивних систем та розробки новітніх систем, зокрема систем комп'ютерного моделювання (СКМод).

Вчені з Мерілендського університету в Коледж-Парку (UMD) і Національного інституту стандартів і технологій (NIST) США створили модель квантової системи, що складається з 53 кубітів. Квантова модель використовує кубіти для імітації складної квантової матерії. Створення моделей кубітів є ключовим завданням на шляху створення повноцінного квантового комп'ютера [210].

Лауреати Нобелівської премії з хімії М. Карплус, М. Левітт і А. Вархель розробили комп'ютерні моделі складних хімічних систем, що стало основою для розроблення комп'ютерних програм, для моделювання і передбачення складних хімічних процесів (<http://www.nobelprize.org/>).

Досвід провідних університетів дав підстави для висновку, що ключовим фактором перспективного розвитку науки і техніки є створення різноманітних за призначенням систем комп'ютерного моделювання, що дає можливість експериментально досліджувати, вивчати і моделювати різні природні явища і технологічні процеси.

Термін «моделювання» в сучасному словнику іншомовних слів визначається як метод дослідження явищ і процесів, що ґрунтуються на заміні конкретного об'єкта досліджень іншим, подібними до нього — моделлю [171, с.374].

Моделювання, як метод пізнання, має багатовікову історію. Люди намагалися різними способами (словесно, графічно, за допомогою математичних формул, фізичних та технічних зразків) описати явища за якими вона спостерігала об'єкти, що її оточували [244; 273].

Як зазначають закордонні дослідники перші симулятори з'явилися в ХХ ст. для вирішення питань підготовки пілотів для потреб авіаційної галузі.

1927-1929 рр. Е. Лінк розробив модель навігатора для переміщення по трьох осях під час управління літаком. Незабаром після цього Е. Лінк розробив імітатор з навігаційними інструментами, що дало змогу пілотам моделювати політ за приладами [205].

Потім, у 1948 р., Дослідницьким центром армії Університету Джона Хопкінса була розроблена перша імітаційна модель протиповітряної оборони. Моделювання ситуацій протиповітряної оборони здійснювалося з метою вивчення її особливостей і використання в роботі морських зенітних ракетних систем Північної Америки [258].

Корпорацією Digital Equipment у 1959 р. для монохромного міні-комп'ютера, було розроблено гру — імітацію космічної війни (Space War), що могла на той час працювати в реальному часі, відрізнятися інтерактивними та графічними компонентами. У цій імітації гравцям дозволялося маневрувати кораблями, відслідковувати свої дії на круговому моніторі і використовувати ракети (Space War in Computer History Museum Lobby, www.computerhistory.org) (рис. 1.8).

Нині за допомоги комп'ютерних моделей учні можуть спостерігати і експериментувати з природними явищами і процесами, які б за інших умов були б неможливі. Вчені планово розробляють і застосовують імітаційні моделі як засоби для вивчення та поглиблення знань про природні явища в широкому діапазоні: від субатомних до планетарних.

Ці особливості роблять комп'ютерне моделювання цінним як системи освіти в цілому, так і для розуміння та прогнозування різних процесів окремо, починаючи від моделювання імунних клітин (предмет біологія), кругообігу води в природі (предмет природа), моделювання

продуктів харчування (предмет хімія) до зростання населення на планеті (предмет географія).



Рис. 1.8. Space War in Computer History Museum Lobby, 1959 р.

Але, зазвичай, комп'ютерне моделювання пов'язують із навчанням. Його використовують для підготовки астронавтів, комерційних і військових екіпажів, фахівців з атомної енергетики, медичних працівників, пожежників, фахівців з технічного обслуговування та ін. (рис. 1.9-1.10).



Рис. 1.9. Комп'ютерне моделювання ситуації
«Пожежа в транспортних засобах»



Рис. 1.10. Комп'ютерна імітаційна модель для підготовки хірургів

Для підготовки фахівців зазначених спеціальностей створюються такі синтетичні навчальні середовища, які допоможуть їм набути умінь, навичок та професійних компетентностей [74].

Розроблення комп'ютерної моделі потребує участі фахівців високого рівня, відповідної освіти, які володіють унікальними знаннями та навичками роботи в реальних умовах [282].

Будь-яка дисципліна освітнього циклу включає базові моделі. Математики і фізики не можуть здійснювати дослідження без формул і діаграм, граматику української або зарубіжної мови неможливо освоїти без знакових конструкцій, теми з біології також важко уявити без макетів, а хімію — без основних структурних моделей, зокрема комп'ютерних.

1.3. СИСТЕМА КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ: ФОРМУВАННЯ ПОНЯТТЯ

Формування системи відкритої освіти, на засадах використання ІКТ, комп'ютерно і мобільно орієнтованих середовищ навчання та електронних освітніх ресурсів, зокрема ігрових, розкрито в працях В. Ю. Бикова [22].

Питання комп'ютерного моделювання та застосування мережі Інтернет для дослідження природних явищ обґрунтовано вченими Ю. О. Жук, О. М. Соколюк, Н. П. Дементієвською, О. В. Слободяник. Дослідники роз-

крили основні принципи і підходи до використання Інтернет-технологій в шкільному експерименті під час вивчення курсу фізики і констатували, що мають бути визначені конкретні навчальні цілі для застосування комп'ютерного моделювання. Такі інноваційні підходи в організації навчання спонукатимуть учнів до пошуку причинно-наслідкових зв'язків та значущих висновків. Учні зможуть залучити попередні знання, досвід та розуміння до здобуття та побудови нових знань, співставлення отриманих знань з реаліями оточуючого світу. У процесі використання комп'ютерного моделювання учитель має надавати тільки мінімальні настанови, щодо їх використання і координувати діяльність, що потребує і передбачає співпрацю учнів [74].

Дослідники з Університету імені М. П. Драгоманова (О. В. Матвійчук, В. П. Сергієнко, С. О. Подласов) встановили, що засвоєння знань учнями відбувається більш ефективно в процесі діяльності. Такою діяльністю може бути розробка комп'ютерних моделей фізичних явищ. Створення комп'ютерної моделі, перш за все, вимагає від учня глибшого розуміння сутності процесів, що відбуваються, та їх математичного описання. При цьому процес побудови комп'ютерної моделі можна організувати з поступовим її ускладненням і наближенням до реальності, що відповідає дидактичному принципу «від простого до складного» [129].

Г.Ю. Громко обґрунтовує, що для створення комп'ютерних моделей і проведення віртуального фізичного експерименту необхідні програмні засоби, наприклад Scratch. Формалізованість комп'ютерної моделі дозволяє виявити основні чинники, що визначають властивості досліджуваних об'єктів, вивчати реакцію деякої фізичної системи на зміни її параметрів. Зокрема імітаційні моделі відтворюють алгоритм функціонування досліджуваної системи шляхом послідовного виконання великої кількості елементарних операцій [54].

С. А. Хазіна додає, що педагогічно доцільне і виважене впровадження в освітній процес комп'ютерного моделювання дає змогу забезпечити розвиток інтелектуальних умінь, глибоке розуміння процесів, що моделюються, формувати дослідницькі вміння, поглиблювати знання і вміння з інформатичних, фізичних та математичних дисциплін, удосконалювати навички роботи в різних програмних середовищах [200].

Л. В. Резниченко, зазначає, що досвід використання засобів комп'ютерного моделювання у навчанні майбутніх учителів природничих дисциплін свідчить про появу нових можливостей у процесі пізнання «хімічного світу», які не досягаються іншими традиційними засобами, а використання програми AutoDock Vina і етапність у процесі навчання дозволяє

студентам чітко усвідомлювати послідовність виконання дій і наочного зображення наслідків цих дій [163].

Т. М. Деркач звертає увагу на використання середовища програмування NetLogo у навчанні хімії. Розроблені в NetLogo комп'ютерні моделі можна застосувати для організації самостійної роботи в рамках вивчення курсу неорганічної хімії [65].

У звіті групи зарубіжних науковців представлено досвід і результати використання ігрових комп'ютерних моделей у навчанні природничих предметів. Вони зазначають, що використання комп'ютерного моделювання в процесі навчання учнів середньої школи дає значний позитивний результат, що підтверджується рівнем їх компетентностей [254].

Зазначимо, що нині ми маємо результати наукових досліджень, у яких розкрито позитивний досвід використання комп'ютерного моделювання за такими напрямками: комп'ютерне моделювання у підготовці майбутніх інженерів-педагогів (Р. М. Горбатюк); комп'ютерне моделювання анімаційних наочностей засобами графічного середовища програми Maxima (Н. О. Бугаєць); ігрове моделювання як засіб підвищення активності навчання (Є. В. Прокопенко); комп'ютерне засвоєння базових предметів методом імітаційного моделювання (Р. М. Павленко), моделювання як ефективний метод посилення міждисциплінарних зв'язків (М. О. Мясковська); використання імітаційного моделювання в освітньому процесі (Т. О. Фадеева), активізація дослідницької діяльності учнів на засадах використання систем комп'ютерної математики широко представлені у працях О. О. Гриб'юк.

Отже, **комп'ютерне моделювання** — це проектування об'єкта або явища, з використанням комп'ютерної техніки та математичних, фізичних або логічних систем. Результатом моделювання є комп'ютерні моделі, які можуть бути представлені у форматах 2D та 3D-зображення; вони можуть бути статичні або гейміфіковані.

У роботі О. М. Дахина окреслено основні **етапи педагогічного моделювання**, зокрема: вибір методології моделювання; вивчення властивостей предмета дослідження; постановка завдань; проектування моделі; визначення залежностей між основними елементами моделі; визначення критеріїв оцінювання моделі; дослідження валідності моделі у вирішенні поставлених завдань; застосування моделі в педагогічному експерименті; інтерпретація результатів моделювання [58].

У процесі проектування комп'ютерної моделі **особливо важливими** є: ідея; достовірність процесу; дизайн; процес реалізації; очікуваний результат; перспективи розвитку, поширення і використання [273].

Визначимо основні **функції моделювання**, а саме: дескриптивну, прогностичну і нормативну [282].

Дескриптивна функція полягає в тому, що за рахунок високого ступеню абстрагування на моделях просто пояснити явища і процеси. Успішні в цьому відношенні моделі стають компонентами наукових теорій і є ефективним засобом відображення змісту останніх.

Прогностична функція моделювання відображає можливість скласти короткостроковий або довгостроковий прогноз змін властивостей і стану змодельованих систем.

Нормативна функція моделювання полягає у відображенні запланованого результату. У процесі моделювання варто не лише описати існуючу систему, а й побудувати її нормативний образ — бажаний з точки зору суб'єкта, який задовольняє визначеним заздалегідь критеріями.

Як зазначає Н. Данешхо (Naqib Daneshjo), комп'ютерні моделі існують двох типів [240] (рис. 1.11):

Перший тип. Комп'ютерні моделі, за допомогою яких можна аналізувати об'єкти або системи, перевіряти, спостерігати та уточнювати їх характеристики.



Рис. 1.11. Типи комп'ютерних моделей

Нині існує значна кількість комп'ютерних моделей природних процесів та явищ, що дозволяє здійснювати процес аналізу об'єктів простішим, пізнавальним, цікавішим та ґрунтовним.

Другий тип. Комп'ютерні моделі, що виникають у результаті розроблення та дизайну (наприклад, модель присадибного будинку). Ця діяльність зазвичай підтримується комп'ютерними технологіями. Таким чином, ми говоримо про методи автоматизації проектування, що потребує спеціального програмного забезпечення.

Процес експериментування з моделлю називатимемо *імітацією* (симуляцією) [20]. Експериментування з моделями дозволяє здійснювати глибокий аналіз та визначати характеристики об'єкта, шукати альтернативи або розв'язки сформульованих завдань.

Отже, під **системою комп'ютерного моделювання (СКМод) будемо розуміти програмні засоби нового покоління, призначені для анімаційної візуалізації явищ і процесів, побудови стратегій дій, виконання чисельних розрахунків будь-якого рівня складності та спрямованих на унаочнення та розв'язання задач різних типів.**

1.4. КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ОБ'ЄКТІВ І ПРОЦЕСІВ

Реформа закладів загальної середньої освіти поставила перед учителями завдання щодо практичної спрямованості навчання природничо-математичного предметів. Для вирішення цієї проблеми необхідно:

- забезпечити повноту, систематичність та усвідомленість основ наукових знань, їх міцність і дієвість;
- ознайомити учнів з основними методами пізнання природи (спостереження, дослідження, експеримент);
- навчати їх розпізнавати фізичні, хімічні, біологічні, екологічні та інші явища, закономірності в природі й техніці;
- навчити використовувати знання для пояснень явищ природи, розв'язання пізнавальних завдань, використання комп'ютерного моделювання у процесі дослідження властивостей та характеристик об'єкта дослідження тощо.

У процесі розв'язування задачі математичні моделі об'єктів є необхідними інструментами дослідження, проведення експериментів, перевірки гіпотез і уточнення фактів, виокремлення закономірностей і формулювання узагальнених тверджень. Численні дослідження щодо моделювання в різних галузях науки сформували стійку тенденцію вважати метод моделювання універсальним методом наукового пізнання, в основі якого лежить робота з комп'ютерною моделлю.

Виходячи з вищезазначеного і враховуючи освітню складову, ми будемо розглядати такі типи *моделей*:

- *ігрові моделі*. Це військові, економічні, спортивні, рольові, що відтворюють поведінку об'єктів у різних ситуаціях та враховують можливу реакцію, конкурентів, союзників або ворогів;
- *імітаційні моделі (симуляції)*. Це образ об'єкта з високим ступенем відтворення його властивостей [28];
- *алгоритмічні*, як модель алгоритмічного процесу [93].

Усі зазначені комп'ютерні моделі можна об'єднати в єдину систему — систему комп'ютерного моделювання (рис. 1.12).

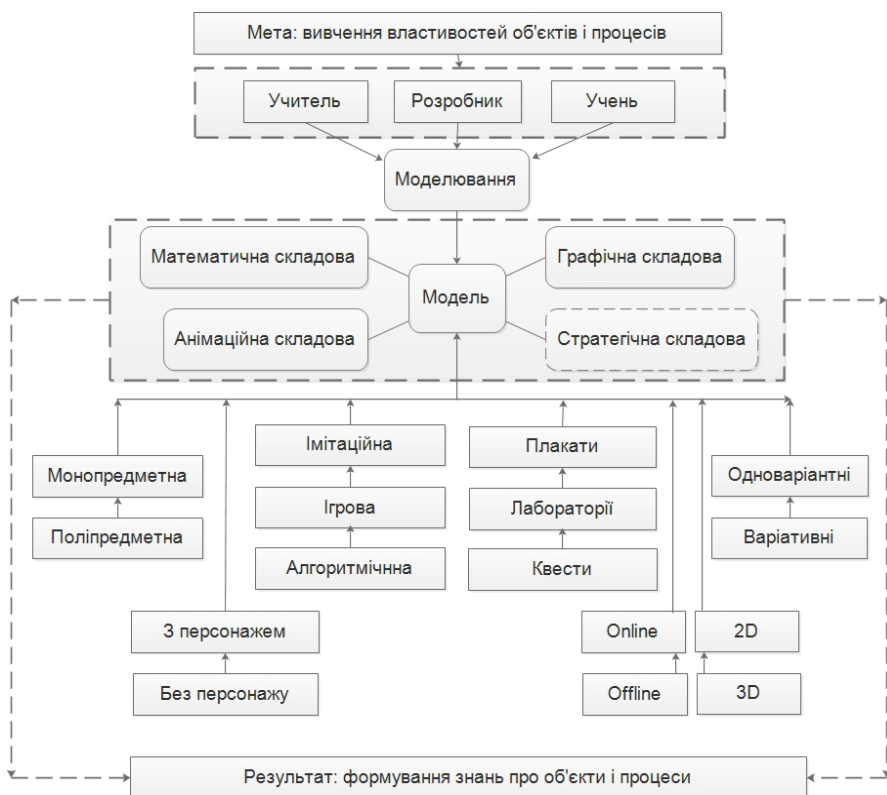


Рис. 1.12. Концептуальна модель СКМод

Під системою комп'ютерного моделювання (СКМод) будемо розуміти програмні засоби нового покоління, призначені для анімаційної візуалізації явищ і процесів, побудови стратегій дій, виконання чисельних розрахунків будь-якого рівня складності та спрямованих на унаочнення та розв'язання задач різних типів.

Розглянемо основні **характеристики моделей**, що входять до складу СКМод:

- монопредметні (для одного навчального предмету) і поліпредметні (одну модель можна застосувати на декількох навчальних предметах);
- імітаційні (імітація процесу або явища), ігрові (має навчальну стратегію, варіативність вибору рішень), алгоритмічні (демонстрація виконання заданого алгоритму) (рис. 1.13);
- плакати (відповідність, співставлення), лабораторії (виконання заданої послідовності дій), квести (послідовне виконання дій з урахуванням попереднього результату);
- одноваріантні (одне завдання), варіативні (кілька завдань);
- з персонажем, без персонажу;
- онлайн, офлайн.

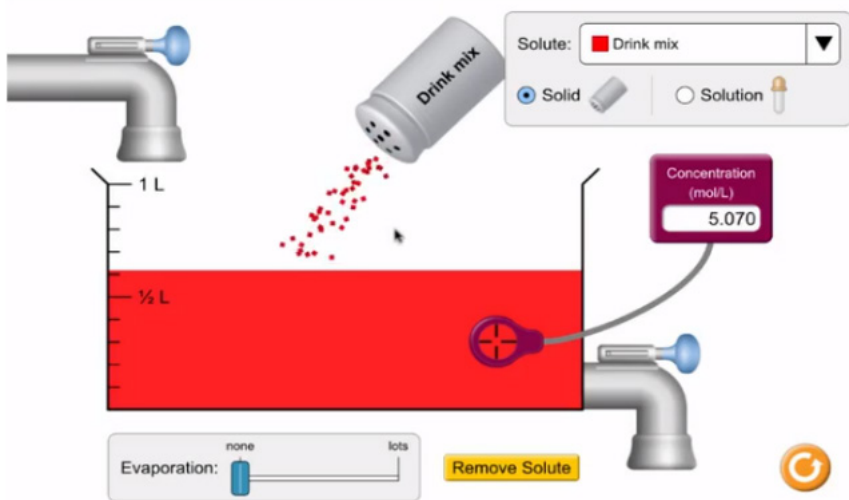


Рис. 1.13. Імітаційна модель, предмет хімія (СКМод Phet)

Визначимо **цілі використання** СКМод:

- створення єдиного освітнього інформаційного середовища;
- формування інформаційної культури учнів;
- формування ключових та дослідницьких компетентностей учнів з природничо-математичних предметів;
- формування індивідуальної траєкторії розвитку учня;
- підготовка учнів до самостійної навчально-пізнавальної діяльності;
- підвищення якості оволодіння знаннями.

Використання СКМод у навчанні будується на **принципах**:

- *принцип педагогічної доцільності*, що полягає в підвищенні ефективності освітнього процесу, створенні педагогічних умов як для розвитку особистості, так і для формування компетентностей учнів з природничо-математичних предметів;
- *принцип когнітивної доцільності* означає використання СКМод для розвитку пам'яті, уваги, мислення, уяви та формування пізнавальної компетентності учнів (здатності учнів здійснювати навчально-пізнавальну діяльність);
- *принцип дидактичної значущості*, що полягає в побудові варіативних дидактичних маршрутів розвитку кожного окремого учня та формуванні дослідницької компетентності;
- *принцип методичної ефективності*, що полягає у виборі ефективних прийомів, форм і методів для вирішення освітніх завдань;
- *принцип інтерактивної наочності* для посилення ефекту візуалізації навчального контенту і створення ефекту динамічності процесів і явищ природи.

В освітньому процесі СКМод виконує такі **функції**:

- *освітню*, що полягає в забезпеченні засвоєння учнями певного обсягу знань, формуванні у них предметних компетентностей;
- *розвивальну*, що сприяє розвитку перцептивних, розумових, мовленнєвих та інших здібностей учнів;
- *виховну*, що забезпечує формування світогляду, моральних, естетичних та інших якостей особистості учня;
- *управлінську*, що полягає в програмуванні певного типу навчання, його методів, форм і засобів, способів застосування знань у різних ситуаціях;
- *дослідницьку*, що спонукає учня до самостійного вирішення проблем, навчає методів наукового пошуку;
- *візуальну*, що полягає в наочному представленні навчального матеріалу для розвитку когнітивних здібностей учнів;
- *інтерактивну*, що забезпечує комбіноване представлення навчального матеріалу з використанням анімації і відео, та створює умови для активізації навчальної діяльності учнів.

Уточнимо, що складниками, що характеризують ефективність *дидактичної значущості СКМод* є: вибір оптимального змісту і структури занять; вибір найбільш раціональних методів і прийомів, а також внесення необхідних коректив у їх застосування; раціональне поєднання групових та індивідуальних форм роботи, планування витрат часу, створення сприятливих умов для самодіагностики з метою виявлення проміжних результатів навчання [170].

1.5. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Розглянемо аспект імітаційного моделювання на прикладі предмету фізика.

Процес інформатизації освіти призвів до того, що використання засобів ІКТ у процесі виконання лабораторних робіт із фізики дає можливість реалізовувати комп'ютерний експеримент різного рівня автоматизованості, віртуальний комп'ютерний експеримент, застосовувати стандартні або педагогічно орієнтовані програмні засоби для оброблення, зберігання та презентації результатів експериментального дослідження.

Перш ніж надавати перевагу комп'ютерно орієнтованій лабораторній роботі, необхідно обґрунтувати **педагогічну доцільність використання** засобів ІКТ, зокрема мережних технологій, для формування визначених знань, умінь, навичок і компетентностей. Використання засобів ІКТ надає змоги учню в широких межах модифікувати «екранний» експеримент, презентований на екрані комп'ютера як візуальний образ, доступний для маніпулювання з боку користувача (учня) в процесі навчального дослідження. Як свідчить досвід, це допомагає суб'єкту навчального дослідження глибше зрозуміти фізичний процес, його перебіг за різних умов, різних значень вихідних параметрів і т. ін. Під комп'ютерною візуалізацією частіше за все розуміють методику переведення абстрактних уявлень про об'єкти в геометричні образи, що надає можливість дослідникові спостерігати результати комп'ютерного моделювання явищ і процесів [180].

Використання технології комп'ютерного імітаційного моделювання розкриває безліч можливостей не лише для вирішення проблеми демонстраційного та лабораторного експерименту з фізики в закладі загальної середньої освіти, а й відкриває нові горизонти для наукової (експериментальної, дослідницької) діяльності старшокласників. Сьогодні науковці розглядають різні форми і види моделювання, серед них: фізичне, математичне, макетне, аналогове, ситуаційне та імітаційне.

У сучасних умовах перебудови освіти, технологія імітаційного моделювання є одним із основних засобів формування професійно-комунікативних умінь у штучно створеному навчальному середовищі. Таке середовище може бути побудоване на основі інформаційних засобів навчання та використовуватись як під керівництвом вчителя, так і за його відсутності. Специфіка цієї технології полягає в імітуванні реально існуючої системи шляхом створення спеціальних аналогів (моделей), у яких відтворюються принципи організації та функціонування цієї системи [81].

Дж. Брунер відзначає, що легко забезпечити інтерес суб'єкта до навчального предмету в тому випадку, коли навчання відбувається в кон-

тексті життя та дії, а не тоді, коли навчання носить абстрактний характер [32]. Тому, моделювання стало невід’ємною складовою освітнього процесу в закладі загальної середньої освіти. В освітньому процесі фізики використання методу моделювання дозволяє виділити й відобразити найважливіші для пізнання зв’язки в явищах, які часто бувають недоступними для безпосереднього спостереження, а також осмислити суть багатьох фізичних процесів [85].

Імітаційне моделювання у шкільному курсі фізики слід розглядати як експериментальний метод дослідження реального процесу навчання за типами моделей з використанням програмного забезпечення. Як зазначає Фадєєва Т., особливістю імітаційного моделювання є не лише вивчення вихідних параметрів, бази даних дослідження, але і проєкування моделей-модулів, процесів, взаємодію складових процесу навчання за допомогою пакетів прикладних програм [195].

Імітаційне моделювання передбачає подання моделі у вигляді алгоритму дій та комп’ютерної програми, яка дозволяє максимально відтворити поведінку об’єкта. Водночас імітуються елементарні явища, що складають процес, зі збереженням їх логічної структури та послідовності у часі і дозволяє отримати відомості про стан системи у певний момент часу та оцінити характеристики системи. Імітаційні моделі дозволяють вирішувати більш складні задачі, враховуючи вплив випадкових факторів.

У теорії проєкування виокремлюють певні види моделей, які є частиною проєкту (табл.2) [59].

Таблиця 1.2.

Види моделей

Назва моделі	Опис
Прогностична модель	її спрямовано на оптимальний розподіл ресурсів і конкретизацію цілей
Концептуальна модель	її засновано на інформаційній базі даних і програмі дій
Інструментальна модель	за її допомогою можна підготувати засоби виконання і навчити підлеглих працювати з педагогічними інструментами
Модель моніторингу	її призначення полягає у створенні механізмів зворотного зв’язку і способів коректування можливих відхилень від планованих результатів
Рефлексивна модель	її створюють для вироблення рішень у випадку виникнення несподіваних і непередбачених ситуацій

Використання комп'ютерних імітаційних моделей в освітньому процесі максимально наближує суб'єкта навчання до реальних умов, тому учні, беручи активну участь у такій навчальній діяльності, мають можливість власноруч керувати перебігом експерименту, генерувати ідеї, гіпотези та перевіряти їхню правильність, навчаються розв'язувати реальні проблеми, проявляти себе як особистість, беруть на себе відповідальність. Практика доводить, що використання технології імітаційного моделювання явищ та процесів у навчанні суттєво підвищує мотивацію, а отже, й ефективність навчання.

З іншого боку, **переваги комп'ютерного моделювання** в процесі вивчення природничо-математичних наук значні (рис. 1.14).



Рис. 1.14. Переваги комп'ютерного моделювання

Зазначені вище переваги дають можливість проводити експеримент багаторазово та отримати більше даних для статистичної обробки його результатів. Це дає можливість застосовувати послідовні або евристичні методи, що при реальному експерименті не завжди можливо. Робота з імітаційною комп'ютерною моделлю дає можливість перервати експеримент на певний час, а потім продовжити його без зміни параметрів.

Найбільш ефективним є використання комп'ютерної моделі під час демонстрацій при поясненні нового матеріалу та розв'язуванні фізичних задач. Використання моделей в освітньому процесі з фізики дозволяє виокремлювати і відображати найважливіші для пізнання зв'язки в явищах, які часто бувають недоступні для безпосереднього спостереження, осмислити суть деяких фізичних явищ. Моделювання дає вчителіві

можливість глибше розкрити на уроці зміст фізичних понять, ознайомити учнів із сучасною експериментальною базою фізики, розкрити важливе значення методів дослідження фізичних явищ і процесів, озброїти учнів системою фізичних знань у тісному зв'язку з методами наукових досліджень [98]. Проте, не варто забувати, що експеримент у вигляді імітаційного моделювання має задовольняти певні **вимоги**:

- максимальна наближеність до реальних фізичних приладів та до реальної поведінки в часі та просторі,
- віртуальний експеримент візуально не має суттєво відрізнятися від реального;
- одержані результати внаслідок проведення віртуального експерименту мають повністю співпадати з результатами реального досліджу;
- має бути дотримана послідовність проходження процесів спостережуваного явища та враховані всі перехідні процеси як і в проведенні експерименту на реальній установці, у віртуальній роботі учні мають стикатися з перехідними процесами, необхідністю тимчасової витримки перед зняттям показів;
- у моделях має бути врахована похибка в результаті, саме тому результати, отримані різними учнями, відмінні один від одного, як і в проведенні роботи на реальних установках [140].

Найбільшою популярністю серед вчителів фізики користуються вільно поширена система комп'ютерного моделювання *Phet (Physics Education Technology)* – ресурс, розроблений Університетом Колорадо, на якому представлені віртуальні лабораторії, що демонструють різні процеси і явища в галузі фізики, хімії, біології, геології та *VirtuLab* – найбільший збірник віртуальних дослідів на сучасному російському сегменті Інтернету з різних навчальних дисциплін. Використання учнями комп'ютерних моделей для виконання віртуального експерименту дає можливість не лише отримати певний обсяг знань із фізики, а й сформувати достатній рівень інформаційно-цифрової компетентності, необхідної для подальшої навчальної та професійної діяльності. Використання Інтернет-ресурсів, зокрема комп'ютерних моделей — ще одна можливість для учнів досягти бажаного рівня знань. Phet-моделі доцільно використовувати для виконання домашнього експерименту, що є складовою частиною системи фізичного експерименту. Зазначимо, що такий експеримент виконується самостійно, без допомоги вчителя чи товаришів. Проте самостійність в освітньому процесі завжди відносна. При запровадженні в освітній процес домашнього експерименту роль вчителя полягає в організації роботи учнів, а останні, самостійно працюючи над розв'язанням

поставленого завдання, і добираючи необхідні прилади, проводячи досліді та обробляючи результати експерименту, набувають необхідних знань, умінь та навичок застосовувати набуті знання на практиці [175].

Домашній експеримент є одним із видів домашньої самостійної навчальної роботи, тому організація його виконання вимагає врахування загальних дидактичних вимог, що ставляться до домашніх завдань. Необхідність використання домашньої роботи учнів зумовлена тим, що вивчення програмного матеріалу не можна обмежити роботою в класі. Для повноцінного засвоєння матеріалу учні повинні опрацювати його у різних ситуаціях і поєднаннях, і за можливості не один, а кілька разів, розглядати його під новим кутом зору. Реалізувати цей етап вивчення фізики допоможуть Phet-моделей.

Сайт VirtuLab представляє собою збірку комп'ютерних моделей з природничих наук – фізики, хімії, біології, астрономії: <http://www.virtulab.net/>. За допомогою анімаційних роликів можна проводити досліді онлайн, змінювати параметри і одразу бачити результати. Для зручності використання у даному ресурсі всі лабораторні роботи розділені на групи, за напрямками – фізика, хімія, біологія і екологія потім відповідно до тем та класів. Перед виконанням кожної роботи пропонується вивчити теоретичний матеріал, а потім пройти тестування.

Спектр пропонованих робіт дуже широкий, учні мають можливість частину робіт виконувати у 3D-режимі. Віртуальна лабораторія доступна в онлайн-режимі і не потребує завантаження та установки на комп'ютер, крім того, безкоштовна. Для коректної роботи потрібно лише встановити необхідні плагіни. Всі досліді інтерактивні, їх можна проводити, як на уроці в комп'ютерному класі, так і вдома – для самостійних досліджень учнів.

Крім того, варто зазначити, що вищезгадані ресурси можна використовувати не лише для демонстрацій явищ, процесів, виконання лабораторних робіт, а й для самостійної діяльності творчого характеру. Зазначимо, що особливістю використання комп'ютерних імітаційних моделей на уроках природничо-математичних дисциплін є те, що їх можна вільно змінювати, цим самим даючи учням проявити свою креативність, а знання, уміння, навички, здобуті в процесі роботи з імітаційними моделями, сприяють становленню учня як особистості.

1.6. ПОНЯТТЯ «ЗАДАЧА». КЛАСИ ЗАДАЧ

Задачі і процеси їх розв'язування вивчаються в математиці і логіці, психології і фізіології, педагогіці і психології, кібернетиці тощо, а також на стику наук (розроблення проблем штучного інтелекту і робототехнічних

систем, систем прийняття рішень і автоматизованих систем управління, організаційних систем і проблем навчання за допомогою комп'ютерів). У педагогіці, наприклад, вживається термін **навчальні завдання, які визначаються як завдання учням для виконання на уроці чи в домашніх умовах**. Їх зміст і обсяг зумовлюються характером матеріалу і дидактичними цілями [148, с. 189]. У свою чергу, освітні завдання визначаються як комплекс соціально-педагогічних завдань, що впливають із мети освіти [148, с. 190].

Суттєві розбіжності у трактуванні поняття задачі (завдання) і описуванні процесів розв'язування задач представниками різних наук і наукових шкіл ускладнюють організацію їх творчого співробітництва при розробці складних і актуальних проблем, знижують рівень результатів, які потенційно могли би бути отримані, є принциповою перепорою отримання нових результатів, а в ряді випадків унеможливають їх отримання. Об'єктам, які називають задачами, притаманна достатньо виражена специфіка порівняно з іншими об'єктами [9]. Глибокі результати з дослідження проблем задач і процесів їх розв'язування наведені в роботах [11; 13; 44; 141].

Аналізу і визначенню поняття задачі присвячено багато наукових робіт. Під задачею, наприклад, розуміють сукупність деякої цілі й умов, у яких вона повинна бути досягнута. У теорії задач термін «задача» трактується як система, а її обов'язковими компонентами є предмет задачі, що знаходиться у вихідному стані, і вимога задачі (модель необхідного стану вказаного предмету) [9]. Предмет задачі може бути матеріальним та ідеальним. Розв'язування задачі полягає у переводі її предмету з вихідного стану в необхідний. Якщо ці стани співпадають, то задача відсутня. При проєктуванні людино-машинних систем в якості компонент задачі виділяють: **проблемну область** (K) або її модель (K^*); **модель необхідного стану** проблемної області (K^*TP); **актуальний стан** її проблемної області ($КАКТ$). Тому задача (Z) може бути визначена як $Z = (K, КАКТ, K^*TP)$ або $Z = (K^*, КАКТ, K^*TP)$. У свою чергу, $K^* = K^*({A}, {ω}, {R})$, де $\{A\}$ — множина предметів, $\{ω\}$ — множина операцій на $\{A\}$, $\{R\}$ — множина відношень (предикатів) на $\{A\}$. І [182] вказується, що задача відрізняється від проблемної (задачної) ситуації тим, що вона усвідомлена суб'єктом, об'єктована, і часто описана тим або іншим способом.

У роботах [13, 141] під задачею розуміють трійку множин $\{C, O, Ц\}$, де C — множина станів (ситуацій), O — множина операторів, що переводять один стан в інший, $Ц$ — задана (цільова) множина. У психології під задачею розуміють будь-яку ситуацію, яка потребує від суб'єкта (людини) деякої дії [11]. Таким чином, в організаційних системах під задачею слід

розуміти не просто ситуацію, а ситуацію для суб'єкта, який усвідомлює, що у даній ситуації є дещо таке, що він не може відразу визначити. Дійсно, те, що для одного суб'єкта є задачею, може не бути нею для іншого.

З аналізу наведених визначень витікає, що будь-яка задача має меншою мірою один компонент — ціль. Тому другим компонентом задачі має бути об'єкт або сукупність об'єктів, відносно яких і ставиться ціль. Інакше кажучи, задача завжди виникає в деякій предметній області, що складається з багатьох об'єктів (що мають відповідні властивості) і відношень, які задані множинами. Загальнонаукове визначення задачі наведено в [44]. Саме в такому розумінні ми надалі і будемо використовувати це поняття.

Під задачею (3) будемо розуміти формувальну систему (ФС) задачі (задачну систему [44]), що розглядається відносно наявної або потенційної розв'язувальної системи (РС) задачі і складається з предмета дії (предметної області) і цілі.

Розв'язування задач можна розглядати як процес переводу ФС з одного стану (фази) в інший. Самий же процес переводу здійснюється РС, яка складається із методів і засобів розв'язування З. Узагальнена модель З наведена на рис.1-15.

В загальному випадку під задачею будемо розуміти четвірку

$Z = \{П, Ц, А, В\}$, де $П, Ц, А, В$ — вказані на рис. 1-15.

Клас задач. Відповідно прийнятого нами системного визначення задачі, під класом задач будемо розуміти множину однотипних ФС задач, що можуть бути розв'язаними за допомогою певної множини методів і засобів розв'язування. Тобто, деяка РС може розв'язувати певний клас задач, що відрізняються вхідними даними.

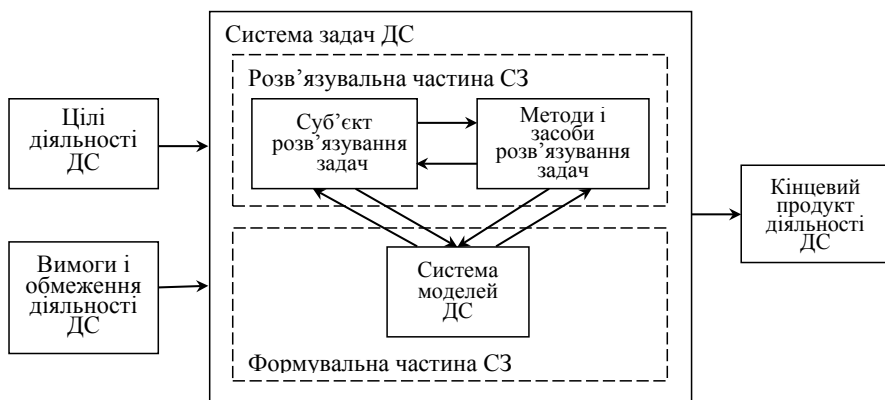


Рис.1.15. Узагальнена модель системи задач досліджувальної системи [15]

Стосовно розв'язування екстремальних задач, алгоритмів розв'язування таких задач зазначимо наступне. Для таких задач, зазвичай серед усіх можливих алгоритмів розв'язування задачі вибирають найкращий (у деякому заздалегідь визначеному розумінні). Можливість такого вибору припускає, з одного боку, наявність множини алгоритмів $A = \{a\}$ і деякого відношення порядку (переваги), на основі якого можна проводити порівняння алгоритмів розв'язування деякої задачі для вибору найкращого. З іншого боку, можна казати про вибір деякого класу задач, які можуть ефективно розв'язуватися одним алгоритмом.

Зокрема, наприклад, для класу задач лінійного програмування виду

$$\sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \min,$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_j, \quad i = \overline{1, m}$$

вихідні дані представляють собою набори чисел $\{c_j\}$, $\{a_{ij}\}$, $\{b_j\}$. Прийнято вважати, що конкретний набір вихідних даних $g \in G$ визначає результат розв'язування задачі. Для явного описування більшості алгоритмів A будемо припускати, що кожний алгоритм $a \in A$ характеризується деяким набором управляючих параметрів $\pi = \{\pi\}$. При цьому управляючі параметри описують логіку роботи алгоритму (наприклад, правила розгалуження в методі гілок і границь, правила зупинки тощо). Нарешті, для порівняння алгоритмів вводиться критерій ефективності як деяка функція $L(g, a)$. Найчастіше ця функція характеризує відносну похибку результату розв'язування задачі g алгоритмом a або час t розв'язування задачі g . У такому випадку мета дослідження алгоритму щодо ефективності розв'язування задачі може полягати у виборі такого алгоритму, який забезпечує екстремальне значення функції $L(g, a)$ для даної задачі.

Однак набагато частіше досліджується ефективність деякого одного алгоритму на класі задач G . З цією метою вводяться додаткові припущення, які дозволяють оцінити ефективність алгоритму при розв'язуванні класу задач. Одним із можливих додаткових припущень типово застосовують [185] принцип гарантованого значення $\Gamma(a)$:

$$\Gamma(a) = \sup_{g \in G} L(g, a)$$

Алгоритм a^* , є оптимальним за $\Gamma(a)$, якщо він задовольняє умові

$$\Gamma(a^*) = \inf_{a \in A} \Gamma(a).$$

Крім того, широко використовується поняття ε -оптимального алгоритму a_ε^* , який задовольняє нерівності $\sup_{g \in G} L(g, a_\varepsilon^*) \leq \inf_{a \in A} \sup_{g \in G} L(g, a) + \varepsilon$, або поняття статистично ефективного алгоритму [143].

Предметна область (ПрО) — частина реального світу, де поставлена і буде розв'язуватись задача [7], в якій відображаються об'єкти виділеної частини реального світу, атрибути (параметри — авт.) типів цих об'єктів і зв'язки між ними. Тобто, будемо вважати, що ПрО змістовно уявляє собою множину припустимих (з погляду об'єктивних законів природи) станів предметів і відношень між ними. Опис ПрО умовно можна назвати знаннями про ДС, причому для розв'язування конкретної задачі необхідні знання про конкретну ПрО. Якщо ПрО є атрибутом формульованої частини задачі, що розглядається відносно конкретної розв'язувальної системи, то виділяють два типи ПрО. До першого типу — хорошоструктурованих ПрО, відносять ПрО, в яких виділена чітка система понять, достатньо повний набір властивостей і необхідна множина умов розв'язування задачі, а об'єкти, з якими видається мати справу, мають чітку структуру і можуть бути достатньо описані множиною понять і властивостей, що виділені. Якщо ж об'єкти не мають чіткої структури і/або в них відсутній виділений набір властивостей та умов, то такі ПрО відносять до другого типу — поганоструктурованих ПрО або до поганообумовлених ПрО, коли опис ПрО не включає достатню для розв'язувальної системи множину умов розв'язування задачі. Вочевидь, що погано обумовлені ПрО призводять до погано структурованих ПрО.

На думку [7; 15] проблемна задача — це задача, до розв'язання якої РС приступає не маючи алгоритмів або квазіалгоритмів її розв'язування.

З урахуванням наведених вище означень під *проблемною задачею* організаційної системи будемо розуміти таку задачу, для якої задана погано структурована ПГ (тобто, недостатньо сформована ФС задачі) і/або невідомі способи, відсутні необхідні засоби і ресурси розв'язування задачі (тобто, недостатньо сформована РС задачі).

У цьому дослідженні проблемну задачу (в природничо-математичних предметах) будемо розуміти не як проблему в недостатньо сформованій РС задачі, а задачу, зміст і мета якої є пошук рішення (шляхів вирішення), для подолання (вирішення) навчальної проблеми.

Як теоретичний апарат дослідження задач і процесів їх розв'язування сьогодні широко застосовується загальна теорія задач (розроблена в Інституті кібернетики ім. В. М. Глушкова НАН України і Інституті психології АПН України), яка складає теоретичний фундамент так званого задач-

ного підходу. Методичною передумовою розроблення загальної теорії задач послугувала ідея виділити «задачні» моделі основних структурних одиниць взаємодії того, хто навчається (оператора) і комп'ютера та представити кожний сценарій навчання, діалогу, гри тощо як процес обробки цих «задачних» моделей двома РС — оператором і комп'ютером [9].

Задачний підхід — це напрям у проектуванні взаємодії людини і машини та розв'язуванні задач за допомогою комп'ютера [9]. Маємо на увазі насамперед розроблення теоретичного апарату представлення людино-машинних алгоритмів спільного розв'язування задач *оператором* (людиною, що приймає участь у розв'язуванні задачі) і технічними і/або програмно-апаратними системами (наприклад, комп'ютером). Розроблення таких алгоритмів і сценаріїв взаємодії вимагає спеціальних засобів формалізації, які є в значній мірі незалежними як від конкретного змісту предметної області, на який орієнтують системи, що створюються, так і від технічних і програмних засобів, на яких будуть реалізовані ці системи.

Задачний підхід підтвердив свою продуктивність як у психолого-педагогічній, так і в освітній сфері.

1.7. СТАН ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ВЧИТЕЛЯМИ ЗЗСО

У жовтні 2017 року серед вчителів, які викладають предмети природничо-математичного циклу (фізику, хімію, біологію, математику і географію), було проведено опитування щодо використання систем комп'ютерного моделювання на уроках для підвищення якості освіти. Учителі за віком розподілилися таким чином: 20-30 років — 11 %, 31-40 років — 21 %, 41-50 років — 41 %, 51-55 років — 24 %, 56+ — 1 %. Результати дають підстави вважати, що інноваційні процеси удосконалення організації й навчання учнів середньої школи цікавлять вчителів віком від 40 до 50 років.

Інтерес до СКМод виявили вчителі усіх природничо-математичних предметів, зокрема їх вибірка розподілилася таким чином: біологи — 30 %, хіміки — 18 %, математики — 13 %, фізики — 18 %, географи — 18 %.

На запитання про *використання СКМод* 2 % вчителів відповіли, що не розуміють про що йде мова; 44 % — зазначили, що не використовують їх у професійній діяльності, а 10 % зазначили, що все ж використовують. Деякі вчителі, частка яких склала 12 % вказали, що застосовують СКМод під час проведення практичних робіт, і 32 % вказали на те, що застосування не систематичне — інколи (рис. 1.16).



Рис. 1.16. Використання комп'ютерних моделей для навчання учнів

Однак, коли ми попросили деталізувати, які ж саме СКМод використовують вчителі для навчання учнів, з'ясувалося, що тільки 29 % оз-найомлені з Phet, Geogebra, Desmos — інші ж вказали на програмне забезпечення, призначення якого — унаочнення навчального матеріалу.

70 % вчителів — взагалі не використовують Phet, Geogebra, Desmos та інші СКМод в освітньому процесі(рис. 1.17).

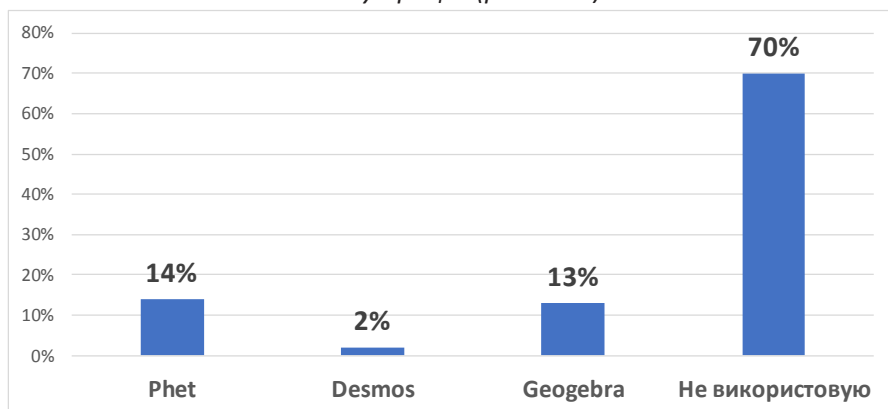


Рис. 1.17. Використання систем комп'ютерного моделювання учителями

Можемо зробити висновок, що розвиток когнітивних здібностей учнів є одним із проблемних і актуальних питань, вирішення якого може лежати в площині активного використання СКМод для розв'язання пізнавальних завдань різних типів і рівнів складності.

У процесі обговорення використання СКМод вчителями були окреслені такі проблеми: відсутність доступу до інформації, щодо наявності навчальних СКМод та комп'ютерних систем для їх розроблення; відсутність навчально-методичного забезпечення для опанування нових технологій; відсутність системи підвищення кваліфікації з питань впровадження нових технологій навчання з використанням ІКТ на рівнях: школи, району, міста, країни; відсутність методик використання СКМод для навчання учнів і розвитку їх когнітивних здібностей; низька частка фінансування потреб вчителя в питаннях ІКТ.

1.8. СТАВЛЕННЯ ВИПУСКНИКІВ ДО ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНОЇ ОСВІТИ

В Інчхонській декларації (2015) і Рамковій програмі дій «Освіта 2030» реалізація цілі 4 стійкого розвитку визначає пріоритетним напрямком розвиток освіти в найближчі 15 років і забезпечення загальної інклюзивної, справедливої якісної освіти і навчання протягом усього життя, що має гарантувати 12-річну безкоштовну якісну освіту з мінімальним обов'язковим терміном навчання не менше дев'яти років. Завданням 4.6. Рамкової програми дій з реалізації Інчхонської декларації визначено забезпечення до 2030 року конкретного результату, а саме, щоб «... всі молоді люди і значна частка дорослого населення, як чоловіків, так і жінок, вміли читати, писати і рахувати...» [245, с. 21].

Але світова і вітчизняна економіка мають запити на підготовку висококваліфікованих спеціалістів у галузях фізики, хімії, біології, що потребує поглибленого вивчення предметів природничого циклу. Значимим, що ці освітні напрямки не є популярними серед випускників закладів загальної середньої освіти (ЗЗСО).

Так у 2017 році в зовнішньому незалежному оцінюванні (ЗНО) з української мови і літератури взяли участь 212599 учнів (табл. 3).

Таблиця 1.3.

Вибір випускниками закладів загальної середньої освіти природничо-математичних предметів для здачі тестів ЗНО

Предмет	2017, осіб	2018, осіб	2019, осіб
Українська мова і література	212599	276466	285772
Математика	88827	86710	127104
Біологія	72177	70143	69261
Географія	61572	65491	67216
Фізика	18260	17332	18203
Хімія	17647	17608	11828

Візьмемо цей показник за 100 %. Тоді з математики подолали поріг — 41,8 % учнів, з географії — 28,9 %, біології — 33,9 %, фізики — 8,5 % і хімії — 8 %. Застосуємо цей підхід до результатів 2018 і 2019 н.р. (рис.1.18).

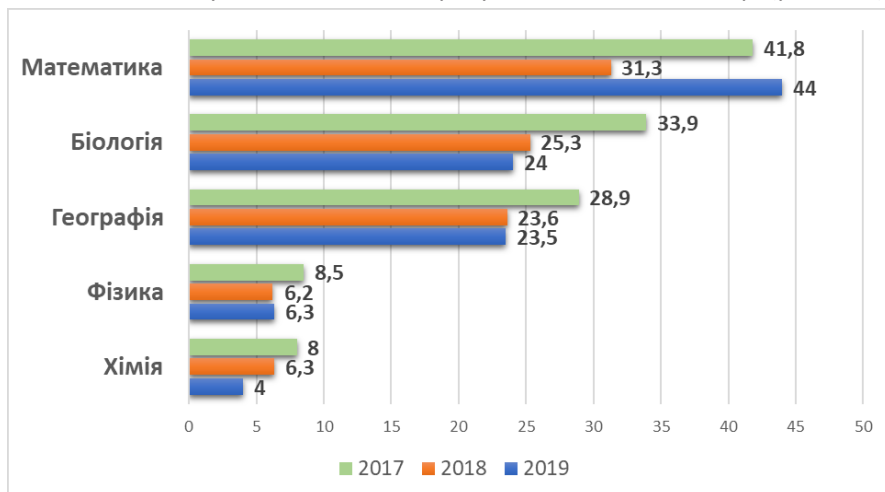


Рис. 1. 18. Моніторинг вибору природничо-математичних предметів

випускниками ЗЗСО для здачі тестів ЗНО 2017-2019 н.р. (%)

Найпопулярніші спеціальності, які обрали абітурієнти у 2018 році: право, філологія, середня освіта, менеджмент та медицина. У 2019 році відсоток випускників, які обрали природничий напрям — зменшився, а обрані найпопулярніші спеціальності залишилися такими: філологія, право, менеджмент, комп'ютерні науки та середня освіта (<http://testportal.gov.ua>).

Винятком є предмет математика, який у 2019 році оголосили обов'язком для всіх випускників ЗЗСО.

Для вирішення цієї проблеми й активізації пізнавальної діяльності учнів на природничо-математичних предметах учитель може використувати інноваційні підходи та засоби, зокрема системи комп'ютерного моделювання [107], [153]. Використання комп'ютерного моделювання в системі загальної середньої освіти поширюється дуже повільно, на що впливають такі фактори: низький рівень підготовки вчителів природничо-математичних предметів з питання комп'ютерного моделювання, кабінети природничих предметів більшою мірою не забезпечені доступом до мережі Інтернет, робочі місця вчителів не забезпечені комп'ютерною технікою, відсутнє науково-методичне забезпечення для організації і проведення інноваційних уроків. Головною проблемою ми вважаємо відсутність україномовних ресурсів, зокрема систем комп'ютерного моделювання, яку можна вирішити з упровадженням білінгвального підходу на природничо-математичних предметах.

Нині комп'ютерне моделювання стає новим і ефективним інструментом навчання, який забезпечує інтерактивність та інтеграцію з онлайн-ресурсами, які зазвичай були недоступні в традиційних шкільних середовищах, а їхню ефективність використання можна підвищити за рахунок системи пізнавальних завдань [26].

GO-LAB Лабораторії Програми Простори Авторство Підтримка Преміум Про Новини 🔍 EN ▼

Інтернет-лабораторії

Знайдіть онлайн-лабораторії, щоб збагатити свої заняття в класі захоплюючими науковими експериментами.

Інтернет-лабораторії надають вашим студентам можливість проводити наукові експерименти в Інтернет-середовищі. Дистанційно керовані лабораторії (віддалені лабораторії) дають можливість експериментувати з реальними обладнаннями з віддалених місць. Віртуальні лабораторії імітують наукове обладнання. Набори даних представляють дані вже проведених лабораторних експериментів. Використовуйте фільтри праворуч, щоб знайти відповідні онлайн-лабораторії для вашого класу. Лабораторії можна поєднувати із спеціальними програмами для створення навчальних просторів для вивчення загитів (LIS).

Якщо ви шукаєте онлайн-лабораторії, особливо придатні для навчальних програм Беніну, Кенії чи Нігерії, відвідайте нашу сторінку колекції.

Повітряні кулі та статична електрика

★★★★★ Поки що голосів не подано.

Чому повітряна куля прилипає до вашого свету? Натріть повітряну кулю на светр, а потім відпустіть повітряну кульку. І вона перелетить і прилигне до свету. Перегляньте заряди у светр, повітряних кулях та стіні. Цілі навчання

Набір для побудови ланцюга: постійний струм

★★★★★ Поки що голосів не подано.

Експериментуйте з набором електроніки! Побудуйте схеми з батареями, резисторами, лампочками та вимикачами.

Як опублікувати свою лабораторію

Запропонувати лабораторію

Сортувати

Оновлено

Сортувати

Тематичні домени

- Астрономія (38)
- Біологія (66)
- Хімія (99)
- Техніка (29)
- Екологічна освіта (39)
- Географія та наука про Землю (31)
- Математика (77)
- Фізика (517)
- Технологія (36)

Великі ідеї науки

- Перетворення енергії (300)
- Фундаментальні сили (437)
- Нова фізика (66)

Рис. 1. 19. Домашня сторінка Інтернет-лабораторій
<https://www.golabz.eu/labs>

РОЗДІЛ II

ПРОЄКТУВАННЯ І КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В НАВЧАЛЬНОМУ СЕРЕДОВИЩІ ЗАКЛАДІВ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ

2.1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ПРОЄКТУВАННЯ ПІЗНАВАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ

2.1.1. Формування поняття «дослідницька задача»

Протягом декількох століть активно розроблялася ідея застосування дослідницьких методів у навчанні, яка в XX ст. переросла в концепцію дослідницького підходу. При цьому, як засвідчили дослідження психологів, основне значення має не тільки факт об'єктивного «відкриття» істини, але і процес її пошуку [173].

Сучасна школа постійно знаходиться у пошуку нових шляхів організації освітнього процесу, що вимагає посилення дослідницької складової як у процесі професійної підготовки майбутніх учителів, так і в процесі навчання учнів ЗЗСО [215]. Можемо констатувати, що на сучасному етапі розвитку освіти суспільству потрібен компетентний учитель — креативний, який вміє не лише сам мислити нестандартно, але й розвиває цю рису у своїх учнів.

Навчання учнів у ЗЗСО вимагає від них розв'язання різноманітних навчальних задач, які відповідають державному стандарту загальної середньої освіти. Більшість цих задач потребують від учня знання базових основ предмета та цілеспрямованої діяльності на побудову логічного ланцюжка розв'язку. Деякі задачі потребують прийняття нестандартного рішення без урахування його умінь і навичок, що потребує від учня більшого часу для пошуку правильного розв'язку. Розв'язання таких задач вимагає від учня сформованої компетентності до творчої діяльності або здібностей та вмінь відшукати найкраще рішення.

Одним із предметів інваріантної складової навчання учнів є предмет математика — дидактична складова якого формується на основі розв'язання різних типів задач і рівня навчальних досягнень. Таким чином, розв'язання задач на уроках математики учнями ЗЗСО, зокрема дослідницьких, є одним із актуальних.

Термін «задача» вживається в різних значеннях: як задача, що виконується відомим способом при заданих умовах; як вправа, що виконується за допомогою умовиводу, обчислення; як завдання, шлях і результат якого (або один із цих елементів) невідомі, але підлягають пошуку при заданих умовах; як проблема, що підлягає аналізу та розв'язанню [215].

Поняття «задача» застосовується в наукових дослідженнях (математичних, фізичних, хімічних та ін.) і освітніх, політичних та інших процесах.

У літературі можна зустріти й інше визначення поняття «задача» як знакову модель проблемної ситуації [198]. У даному випадку автор чітко розрізняє ситуації:

- проблемна ситуація існує поза предметної спрямованості, а задача — пов'язана з предметом (фізична, хімічна, біологічна та ін.), що потребує відповідного інструментарію для її вирішення;
- проблемна ситуація має більш широкий зміст, а задача — модель ситуації, що відображає тільки певні її сторони;
- проблемна ситуація може мати кілька задач, що відрізняються між собою і розкривають різні аспекти ситуації.

Існують різні підходи до визначення типів задач: прості і складні, теоретичні і практичні, алгебраїчні і геометричні, репродуктивні і творчі, дослідницькі та ін.

Враховуючи особливості процесу пізнання, що здійснюється на заходах вирішення пізнавальних завдань, визначимо його як основоположне в навчанні учнів.

Пізнавальне завдання: самостійність учнів в отриманні нових знань або нових способів розв'язання проблеми; взаємозв'язок задачі з поточними і попередніми знаннями учнів; невизначеність результату при відомих способах і засобах його досягнення.

Поряд із терміном «пізнавальне завдання» у науковій літературі застосовуються й інші поняття, а саме: «дослідницька задача», «творче завдання», «проблемна задача». Розглянемо особливості цих задач [215].

Творче завдання: сформульована проблема задачі явно не визначена; умова задачі може містити надлишкові або недостатні дані; варіативність розв'язків; засоби досягнення результату чітко не визначені.

Проблемна задача: поява в учня бажання знайти розв'язок; потреба в засвоєнні нових знань; самостійний пошук способів розв'язання задачі; задача породжує у свідомості учня проблемну ситуацію.

Проблемна задача — це мета, яку треба досягти шляхом перетворення заданих умов. Задача містить у собі реальну або удавану суперечність, яка викликає пізнавальне утруднення. Проблемну задачу неможливо розв'язати лише пригадуванням готових знань, необхідно розмірковувати, шукати зв'язки та відносини, добирати докази [189].

Проблемна задача розв'язується зазвичай у такій послідовності:

- з'ясувати, які відомості потрібні для розв'язання задачі і які дані має учень;
- розділити проблему на частини;
- розв'язати більш прості проблеми, що відбивають деякі аспекти основної проблеми;
- використати графічні зображення, допоміжні матеріали, щоб представити проблему різними способами;
- розглянути окремі випадки, щоб «відчути» проблему;
- проаналізувати отримані результати.

У науковій літературі немає однозначного підходу до визначення поняття «дослідницька задача». Розглянемо деякі визначення, що на нашу думку, найбільш повно розкривають усі аспекти цього поняття (табл. 2.1) [215].

Дослідницька задача: нестандартне формулювання проблеми і визначення способів її розв'язання; багатоваріантність гіпотез; потреба у формулюванні підзадач.

Складові дослідницької задачі [198]:

- предметна область, яка складається з одного або декількох фіксованих об'єктів;
- предикати, які пов'язують між собою об'єкти предметної області.

Узагальнюючи різні підходи, виокремимо *компоненти структури задачі*:

- вихідний об'єкт (умова задачі);
- модель необхідного стану об'єкта (мета задачі);

Таблиця 2.1.

Поняття «дослідницька задача»

Автор	Визначення
В. І. Андреев	Задача, що потребує пошуку, пояснення і доказів закономірностей, зв'язків і відносин; експериментального спостереження або теоретичного аналізу фактів, явищ, процесів, у результаті узагальнення яких учні відкриють нове знання про об'єкт дослідження.
А. Г. Іодко	Задача, що містить проблему, вирішення якої вимагає проведення теоретичного аналізу, застосування одного або декількох методів наукового дослідження, за допомогою яких учні відкриють раніше невідомі для них знання.
Б. А. Вікол	Задача, при вирішенні якої діяльність учнів повністю або частково недетермінована (невизначена).
О. М. Матюшкін	Задача, що потребує відкриття (засвоєння) нових знань про предмет, способи або умови її виконання.
В. Г. Розумовський	Задача, у якій сформульовано певну вимогу, але в якій відсутні будь-які прямі і непрямі вказівки на ті явища, якими слід скористатися для вирішення цього завдання.
В. В. Успенський	Задача, що викликає його активну, творчу пошукову діяльність, спрямовану на вирішення пізнавальних проблем, на самостійні відкриття, здійснювані шляхом постановки дослідів, збору фактів, аналізу та узагальнення знань.
Л. М. Федоряк	Задача, що містить пізнавальне протиріччя, процес вирішення якого сприяє формуванню в учнів дослідницьких умінь.
І. В. Харитонова	Задача, у якій учень здійснює певний неалгоритмічний пошук рішення.
М. В. Шабанова	Задача, в основі якої лежать проблемні ситуації, що призводять до необхідності роботи інтуїції.

- шляхи отримання необхідного стану об'єкта (аналіз способів розв'язання задачі);
- проміжні стани об'єкта (виокремлення підзадач);
- процес розв'язання задачі (підзадач);
- отримання результату (відповідь до задачі, висновки).

Спираючись на наявні в літературі підходи, пропонуємо таку **класифікацію дослідницьких задач** із математики, яку можна застосувати в системі загальної середньої освіти:

- порівняння математичних об'єктів або понять;
- встановлення взаємозв'язків між математичними об'єктами або поняттями;
- підтвердження або відхилення гіпотез;
- дослідження властивостей (функцій, рівнянь, нерівностей та інших об'єктів);
- зіставлення або протиставлення;
- узагальнення характеристик об'єктів;
- виокремлення спільного або відмінного та ін.

У процесі виконання зіставлення, порівняння, протиставлення, підтвердження або відхилення гіпотез в учнів розвивається інтерес до пошуку і дослідження математичних закономірностей, що є основою у формуванні компетентностей з навчально-дослідницької діяльності.

Визначимо **ознаки навчально-дослідницької діяльності** учнів. Вона:

- спрямована на вирішення задачі, що обумовлена відсутністю в суб'єкта конкретних способів її розв'язання;
- спрямована на засвоєння прийомів і способів наукових методів пізнання (аналогія, індукція, дедукція та інші);
- пов'язана зі створенням суб'єктом нових для нього знань (свідомо чи підсвідомо);
- впливає на розвиток особистості учня (допитливість, цілеспрямованість, розвиток творчого потенціалу).

У процесі дослідження учні мають виконувати деякі види **наукової і навчальної діяльності**:

- здійснювати спостереження явищ, подій, аналіз фактів та формулювання постановки проблеми;
- усвідомлювати проблему і самостійно формулювати її основні положення;
- висловлювати інтуїтивні припущення, передбачення, формулювати гіпотези;
- добирати способи перевірки гіпотез;
- організовувати і здійснювати спеціальні досліді;
- вміти добирати способи відбору, перевірки та тлумачення відповідних гіпотез;
- формулювати висновки й робочі гіпотези;
- контролювати перевірку окремих етапів дослідження [40], [52].

Окреслимо **п'ять рівнів розвитку мотивації учнів** до здійснення навчально-дослідницької діяльності [5]:

На першому рівні учні не прагнуть до розв'язання задачі за власною ініціативою, до пошуку пояснення і доказів спостережуваних явищ.

На другому рівні учні демонструють прагнення переважно до репродуктивної діяльності і лише іноді проявляють незначний інтерес до розв'язання нескладних дослідницьких задач; спостерігаються спроби самостійного їх вирішення.

На третьому рівні інтерес, бажання і прагнення учнів як до навчально-дослідницької, так і до репродуктивної діяльності врівноважені. Позитивна мотивація учнів до навчально-дослідницької діяльності простежується періодично.

На четвертому рівні учні прагнуть розв'язати дослідницькі задачі за власною ініціативою.

На п'ятому рівні учні самостійно і захоплено розв'язують складні дослідницькі задачі.

Дослідницька діяльність учнів забезпечує вирішення таких основних завдань: формування наукового світогляду, оволодіння методологією і методами наукового дослідження; розвитку ініціативи і творчого мислення; здатність застосування теоретичних знань у своїй практичній роботі; постійне оновлення своїх знань; залучення здібних учнів до розв'язання наукових проблем, що мають суттєве значення для науки і практики [52].

Розглядаючи процес розв'язання навчально-дослідницької задачі зауважимо, що умови завдання (мета, дані, навчальна проблема, сценарій тощо) становлять для учнів нові фактичні дані, нову ситуацію (зв'язки і співвідношення даних) у світлі вже пізнаних закономірностей і вивчених учнем теорій. У цьому випадку логічною основою вивчення явища є умовисновки від загального до часткового. Вони дають можливість учневі у процесі розроблення гіпотези та її розв'язання перейти від уже відомих загальних положень науки, законів до поставленої в завданні проблеми [73].

Дослідницькі задачі у курсі математики не є новиною, але методика їхнього використання в освітньому процесі ще недостатньо відпрацьована, що обумовлено великою трудомісткістю проведення експериментів, які є невід'ємною складовою дослідження [162]. Тому одним зі шляхів формування і розвитку особистості учня, його творчого потенціалу, зокрема математичних здібностей, є використання в освітньому процесі комп'ютерно-орієнтованих систем навчання, які б забезпечували підтримку навчально-дослідницької діяльності учнів, демонстрацію складного, абстрактного математичного матеріалу; створення учнями комп'ютер-

них моделей математичних об'єктів і проведення експериментів з ними, розв'язання творчих, нестандартних і прикладних задач [149].

З розвитком інтернет-технологій актуальним стає застосування хмарних обчислень, онлайн-ових тренажерів, симуляторів, інтерактивних моделей, віртуальних лабораторій за допомогою яких вчитель може розроблювати дослідницькі задачі, а повсюдний доступ до цих засобів дає можливість учням здійснювати навчально-дослідницьку діяльність й вирішувати поставлену проблему як в урочний, так і в позаурочний час під час самостійної або групової роботи.

Забезпечення повсюдного доступу учнів до навчальних матеріалів учителя можна організувати за допомогою хмаро орієнтованого навчального середовища (ХОНС). Хмаро орієнтоване навчальне середовище для учнів, переваги його використання, особливості комунікаційно-організаційного компоненту, режими, види, рівні та форми навчальної комунікації, основні напрямки організації навчання в ХОНС засобами розподілу прав доступу та організації суб'єктів сьогодні є одним з інноваційних підходів в організації навчання учнів, зокрема в цільовому використанні СКМод [24], [105], [106], [113], [121].

Нині, серед учителів загальноосвітніх навчальних закладів, набула широкого застосування в навчанні математики хмаро орієнтована система — динамічна математика GeoGebra (<https://www.geogebra.org/>), що може бути складовою ХОНС, як його додаткового сервісу [113], [120], [105].

У процесі навчання математична система комп'ютерного моделювання задач GeoGebra використовується як засіб для візуалізації досліджуваних математичних об'єктів, виразів, ілюстрації методів побудови; як середовище для моделювання та емпіричного дослідження властивостей досліджуваних об'єктів; як інструментально-вимірювальний комплекс, що надає користувачеві набір спеціалізованих інструментів для створення і перетворення об'єкта, а також вимірювання його заданих параметрів.

Залучення учнів на практичних заняттях до виконання завдань з використанням середовища GeoGebra (<https://www.geogebra.org>) сприяє розширенню кола навчальних завдань, включаючи в нього нестандартні завдання дослідницького характеру [52].

Інша система, у якій вчитель має можливість розроблювати дослідницькі задачі — Phet (<https://phet.colorado.edu>). Ця система комп'ютерного моделювання задач включає готові цікаві, безкоштовні, інтерактивні, науково обґрунтовані математичні інтерактивні моделі. Інтерактивні моделі створено мовами програмування Java, Flash або HTML5 і можуть

застосовуватися онлайн або завантажуватися на комп'ютер учня. Усі інтерактивні моделі надаються вчителям й учням безкоштовно.

Desmos — хмаро орієнтована система, доступ до якої мають усі вчителі світу. Їм пропонується організовувати навчально-дослідницьку діяльність учнів за допомогою графічного онлайн-калькулятора і конструктора. Особливість системи Desmos полягає в наявності спільного доступу учнів до задач з метою активізації процесів експериментування, моделювання та здійснення дослідницької діяльності, як індивідуальної, так і групової (рис. 2.1).

Рис. 2.1. Етапи дослідницької задачі на Desmos (<https://teacher.desmos.com>)

Застосування таких математичних систем комп'ютерного моделювання задач спрощує розроблення дослідницьких задач вчителем і надає більшої наочності для розуміння проблеми учню. Узагальнюючи досвід науковців виокремимо переваги використання математичних систем комп'ютерного моделювання на уроках математики[73]:

- матеріали, розміщені в Інтернеті, постійно оновлюються і вдосконалюються;
- онлайн-математичні системи комп'ютерного моделювання задач є доступними широкому колу вчителів та учнів, а також їхнім батькам;
- такі матеріали можуть бути використані як для аудиторних занять під час демонстрації явищ і процесів на лекціях, так і у виконанні лабораторних і практичних робіт;

- матеріали можуть бути використані учнями вдома для повторення, узагальнення та для виконання домашніх завдань;
- математична система комп'ютерного моделювання задач є ефективною для наочного представлення процесів і явищ, які або неможливо відтворити в умовах шкільного навчального експерименту, або є шкідливими для їх проведення у класі.

2.1.2. Проектування дослідницьких задач

Використання комп'ютерних моделей у процесі вивчення предметів природничо-математичного циклу дає можливість вчителю й учням здійснювати процес моделювання ситуацій, об'єктів, процесів і досліджувати зміни їх стану та характеристик. Тому в подальшому ми будемо застосовувати поняття «комп'ютерне моделювання дослідницьких задач» як розроблення дослідницької задачі з використанням інтернет орієнтованих систем, тренажерів, симуляторів або інтерактивних моделей.

Етапи комп'ютерного моделювання дослідницької задачі вчителем: визначити проблему дослідження; дібрати комп'ютерну модель; сформулювати припущення, передбачення, гіпотези; здійснити комп'ютерне моделювання, перевірити гіпотези; сформулювати висновки; здійснити постановку дослідницької задачі; розробити орієнтовний план дослідження проблеми (рис. 2.2).

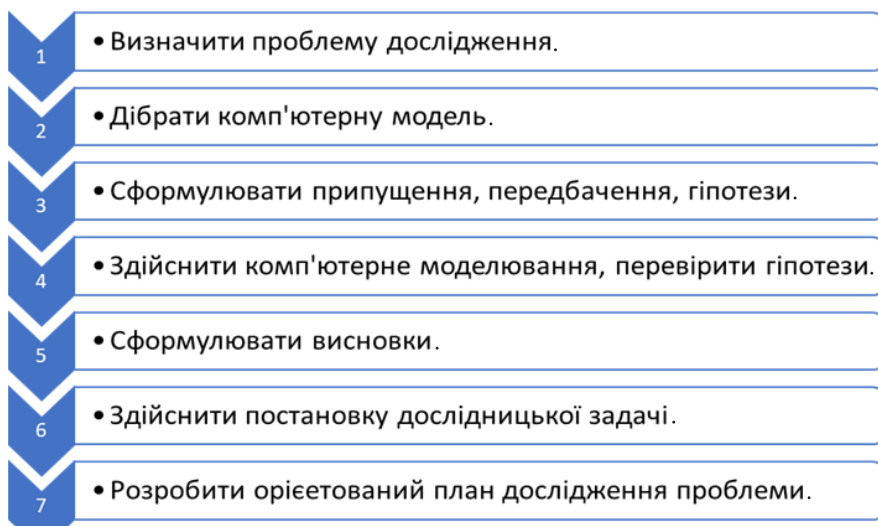


Рис. 2.2. Етапи розроблення дослідницької задачі вчителем

Етапи розв'язання дослідницької задачі учнями з використанням системи комп'ютерного моделювання: розуміння, уточнення постановки дослідницької задачі; з'ясування, виявлення проблеми дослідження; використання комп'ютерної моделі запропонованої вчителем; здійснення спостереження явищ, подій, аналізу фактів; формулювання інтуїтивного припущення, передбачення, гіпотез; розроблення плану дослідження проблеми; здійснення комп'ютерного моделювання перевірки гіпотез; формулювання висновків (рис. 2.3).

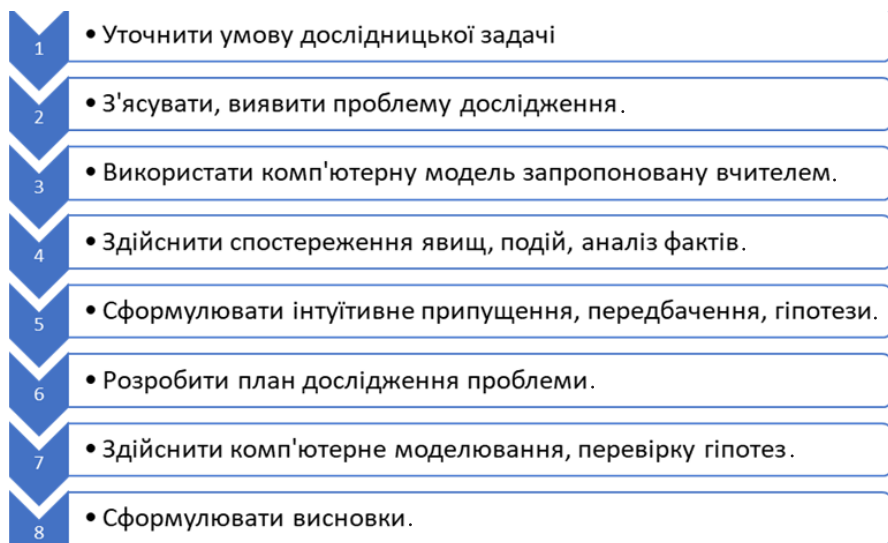


Рис. 2.3. Етапи розв'язання дослідницької задачі учнями ЗЗСО

2.1.3. Модель використання пізнавальних завдань для формування компетентностей учнів із природничо-математичних предметів

Учені зазначають, що проблемами природничо-математичної освіти залишаються ефективність і якість навчання учнів, вирішення яких потребує низки заходів як науково-організаційних, так і науково-методичних, зокрема добір моделей, підходів, інноваційних технологій навчання, що можна адаптувати до змісту закладів загальної середньої освіти України. Мова йде про використання СКМод та інтеграція комп'ютерного моделювання в зміст освіти.

З метою підвищення якості навчання учнів виникає необхідність підвищення їх інтересу до навчання, що можна реалізувати на засадах добору цікавого, максимально наближеного до реального життя контенту

(завдань, задач). Пропонуємо розглянути модель використання пізнавальних завдань для формування компетентностей учнів із природничо-математичних предметів (рис. 2.4) [6-10].

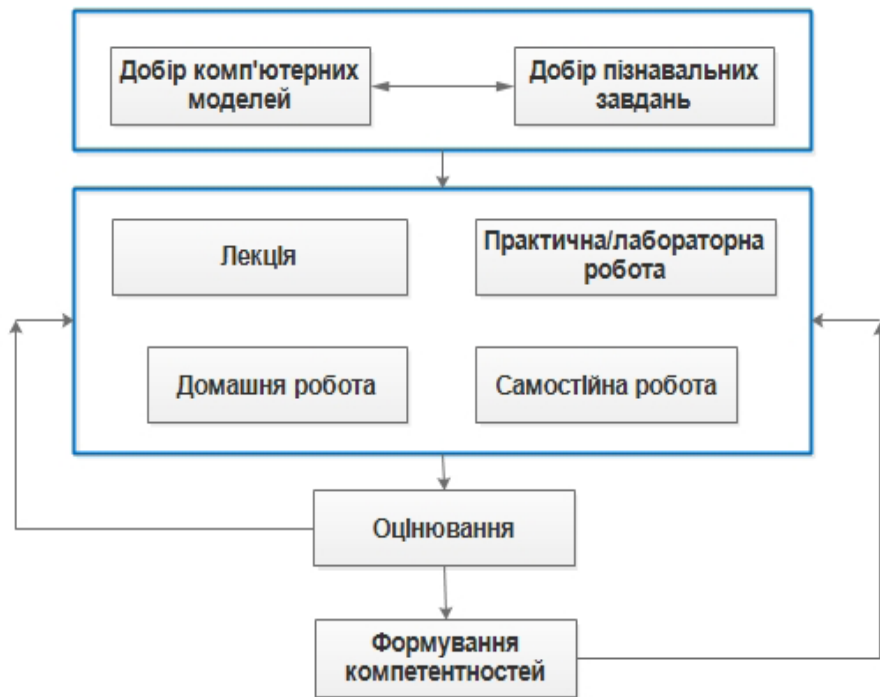


Рис. 2.4. Модель використання пізнавальних завдань для формування компетентностей учнів із природничо-математичних предметів

На першому етапі вчитель аналізує зміст теми навчання, здійснює добір комп'ютерних моделей, враховуючи мету навчання: унаочнення навчального матеріалу, відпрацювання навиків розв'язання задач, розвиток пізнавального інтересу учнів.

На другому етапі здійснюється добір завдань, який може здійснюватися зі змісту шкільного підручника або додаткових навчальних посібників, але для підвищення ефективності навчання — це має бути задача з реального або шкільного життя учнів.

На третьому етапі вчитель має врахувати форми навчання учнів.

Лекція: використання СКМод для візуалізації навчального матеріалу, детального показу процесу із застосуванням технології «стоп-кадр»: зупиняємося, повторюємо, продовжуємо.

Практична робота: потребує розроблення додаткових інструкцій для дослідження і визначення характеристик процесу або об'єкту.

Домашня робота: має на меті відпрацювання і закріплення базових знань з теми навчання.

Самостійна робота: на засадах використання СКМод учень має виконати завдання самостійно, без сторонньої допомоги.

На четвертому етапі здійснюється оцінювання навчальних досягнень учнів. Бажано враховувати такі види оцінювання як: формуюче, поточне, контрольне.

Авторський підхід дає можливість протягом навчального року комплексно формувати компетентності учнів із природничо-математичних предметів.

2.2. МОДЕЛЬ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ УЧНІВ З ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНИХ ПРЕДМЕТІВ

В умовах становлення і розвитку високотехнологічного інформаційного суспільства в Україні виникає необхідність підвищення якості та пріоритетності шкільної природничо-математичної освіти, включення природничо-математичних предметів до навчальних планів усіх рівнів освіти, поліпшення природничо-математичної підготовки учнів.

Метою природничо-математичної освіти є оволодіння суб'єктами освітнього процесу знаннями з дисциплін, які характерні для цього напрямку, уміннями та навичками з метою подальшого їх використання у життєвій і професійній діяльності. Сьогодні одне з основних завдань природничо-математичної освіти є формування у молодого покоління цілісного природничо-наукового світогляду [96].

Розрізняють загальну та спеціальну природничо-математичну освіту. Загальна — забезпечує засвоєння сукупності знань з основ природничо-математичних дисциплін, які необхідні кожній людині незалежно від її професії. Спеціальна — систематизовані знання і практичні навички з природничих та математичних наук надаються в рамках здобуття майбутньої професії. Загальна природничо-математична освіта надається закладами загальної середньої освіти, спеціальна — забезпечується в середовищі закладів вищої освіти (Капров, 1965 р.).

Нині викликає занепокоєння негативна тенденція, щодо зниження загального рівня підготовки випускників закладів загальної середньої освіти, зокрема щодо їхнього розуміння природних явищ і

процесів, володіння знаннями, необхідними для практичного застосування у процесі вирішення життєвих проблем. В учнів спостерігається відсутність цілісного уявлення про природу світу, що підтверджує низьку сформовану компетентність учнів з природничо-математичних предметів.

З метою поліпшення ситуації і підвищення рівня компетентності учнів із природничо-математичних предметів пропонується модель використання системи комп'ютерного моделювання та пізнавальних завдань у системі загальної середньої освіти (рис. 2.5).

Головна мета нової української школи — сформувати компетентного випускника, який буде здатним застосувати отримані знання у житті, насиченому цифровими засобами комунікації, управління, отримання освіти, ведення бізнесу. Відповідно до поставленої мети здійснюється реформування загальної середньої освіти з урахуванням потреб цифрового суспільства. Серед потреб цифрового суспільства суб'єкти освітнього процесу займають провідне місце — зростають вимоги до педагогів, зокрема до їхньої цифрової компетентності.

У Європейській структурі цифрової компетентності педагогів (DigCompEdu) деталізується науково обґрунтована структура, що роз'яснює значення «компетентний у цифровій сфері», зокрема компетентності учнів визначені як наскрізні і предметні. Розвиток цифрової компетентності учня спрямовано за такими напрямками: інформаційна грамотність, робота з даними, комунікація, використання електронного контенту, відповідальність, розв'язання проблем (<https://ec.europa.eu/jrc/en/digcompedu>).

Такий підхід до формування цифрової компетентності учнів дасть можливість широко впроваджувати в систему освіти технології, пов'язані з використанням СКМод, що сприятиме ефективному формуванню предметних компетентностей учнів.

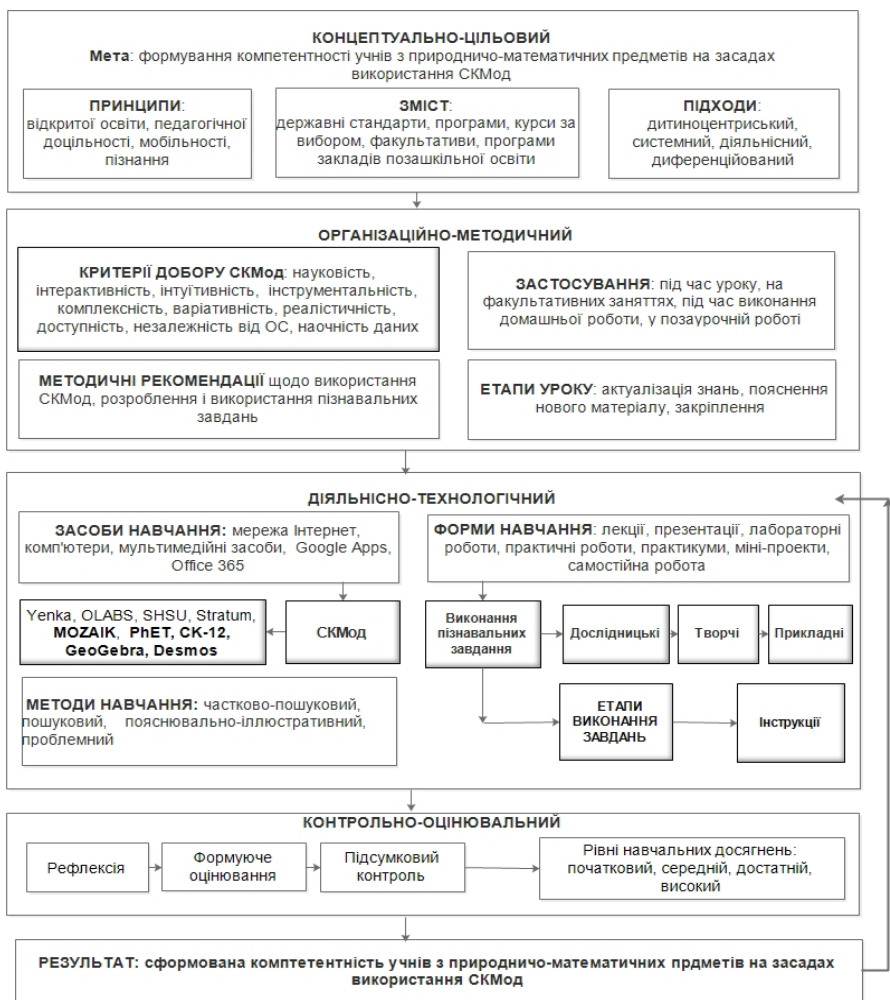


Рис. 2.5. Модель використання системи комп'ютерного моделювання для формування компетентностей учнів

Використання СКМод на предметах природничо-математичного циклу має здійснюватися на принципах:

відкритої освіти — система комп'ютерного моделювання має бути відкритою для всіх учасників освітнього процесу (учнів, педагогів). На її використання не впливають симпатії або навпаки, антипатії, власний настрій чи стан;

мобільності — доступ до системи комп'ютерного моделювання має здійснюватись будь-де і будь-коли;

педагогічної доцільності — використання системи комп'ютерного моделювання має відповідати цілям уроку або освітнього процесу;

пізнання, що є методологією в обґрунтуванні набуття учнями знань під час використання системи комп'ютерного моделювання. У центрі досліджуваних систем комп'ютерного моделювання знаходиться учень як член соціуму, суб'єкт, мовна особа.

У процесі використання СКМод учителі мають застосовувати низку підходів, зокрема:

дитиноцентриський — спрямовувати освітній процес на розвиток особистості учня, закладених природою обдарувань, його пізнавальної діяльності, що є основоположним фактором у розвитку когнітивних здібностей особистості;

системний — визначати навчання як цілеспрямовану творчу діяльність учня, розглядати зв'язки між метою, завданнями, змістом, формами, методами навчання у взаємодії компонентів педагогічного процесу;

діяльнісний — спрямовувати організацію діяльності учня на використання СКМод, використання якої активізувало б його пізнавальну діяльність, спілкування та процеси саморозвитку;

диференційований — полягає у забезпеченні прав обдарованих дітей та дітей із різними функціональними обмеженнями на отримання доступу до якісних освітніх послуг, зокрема до здійснення індивідуальної освітньої діяльності.

Зміст навчального матеріалу має відповідати державним стандартам, програмам, курсам за вибором, факультативам, програмам закладів позашкільної освіти. Зазначимо, що питання інтеграції цифрового контенту, зокрема СКМод, в освітній процес до кінця не визначено нормативними документами. Ще й досі відсутні організаційні та методичні освітні складові, як от: використання цифрових лабораторій, електронних освітніх ресурсів, електронних підручників, комп'ютерних моделей, що потребує модернізації навчальних (освітніх) програм.

Впровадження СКМод в освітній процес має підкріплюватися методичними матеріалами, які допоможуть вчителю отримати відповідь на загальні методичні й організаційні питання.

До організаційних заходів використання системи комп'ютерного моделювання потрібно віднести визначення часу її використання: під час уроку, на факультативних заняттях, під час виконання домашньої роботи або використати в позаурочній діяльності (на гуртках, під час підготовки робіт на конкурс Малої академії наук тощо).

Ефективність використання цифрового контенту залежить від майстерності вчителя інтегрувати його в конкретний етап уроку: під час актуалізації знань, пояснення нового матеріалу або закріплення.

Також треба звернути увагу на добір форм навчання учнів з використанням СКМод. Це можуть бути традиційні форми: лекції, презентації, лабораторні і практичні роботи, практикуми, міні-проекти, самостійна робота учнів. Але можна організувати і новітні форми, наприклад, «Дослідницька станція» (фізика, біологія) — працюють групи учнів, результати і висновки записують у спільний звіт (документ) потім йде обговорення, порівняння і узагальнення або «Слідство ведуть знавці» (хімія) — групи учнів роблять припущення і шукають шляхи вирішення проблеми, проводять експеримент потім йде презентація результатів і обговорення.

Оскільки основний фокус ми робимо на розвиток пізнавальних здібностей учнів, тому проектування пізнавальних завдань, визначення етапи їх виконання, розроблення інструкцій, стають важливою складовою впровадження СКМод в освітній процес [116, 115, 107].

Перевагу пізнавальним завданням (проблемним, творчим, дослідницьким) ми будемо віддавати таким, які можна реалізувати на рівні навчального заняття: уроку, домашнього завдання, практичної роботи або навчального проекту.

Важливого значення набуває проектування пізнавальних завдань і технології їхнього застосування в освітньому процесі. Цей аспект детально висвітлено в праці [107].

Зупинимось ще на такому етапі уроку як підбиття підсумків. Нині у цьому процесі активну участь можуть взяти учні. Ми пропонуємо вчителям застосовувати рефлексію. **Рефлексія** — це самоаналіз [39].

Рефлексію класифікують за її функціональним змістом:

рефлексія настрою та емоційного стану — використовується на початку уроку і в кінці діяльності учнів для перевірки їхнього емоційного стану;

рефлексія діяльності — використовується для осмислення способів та прийомів роботи з навчальним матеріалом, пошуку раціональних варіантів;

рефлексія змісту навчального матеріалу — використовується для виявлення рівня усвідомлення змісту, вивченого на уроці [144].

Доречними для підбиття підсумків будуть картки, наприклад, із зображенням емоційних облич (смайлики). Або низка прийомів:

«Ромашка Блума» — шість запитань, розроблених на засадах таксономії Блума (знання, розуміння, застосування, аналіз синтез, оцінювання);

«Рибацька сітка» — учні виписують властивості вивченого об'єкта в таблицю;

«Дерево припущень» — коріння/гіпотеза, гілки/шляхи розв'язання, стовбур/результат і т.д.

Рефлексивна контрольно-оціночна діяльність при організації освітнього процесу важлива, оскільки не лише аналізує результати роботи учнів, але й сам процес роботи, що у свою чергу, передбачає включення кожного учня у взаємоконтроль і взаємооцінювання [190].

Підвищити ефективність контролю та оцінювання знань учнів можна за допомогою **формувального оцінювання**.

Формувальне оцінювання застосовується вчителями для отримання даних щодо поточного стану засвоєння знань учнями конкретної теми і визначення найближчих кроків щодо їх покращення.

Особливості формувального оцінювання полягають у тому, що оцінюється робота учня у досягнення цілей навчання, а не його особистість; пропонується чіткий алгоритм визначення оцінки, зрозумілий учню; увага акцентується на персональному прогресі учня, а не на оцінці.

Форми проведення формувального оцінювання учнів пропонуються такі: рефлексивні техніки (сигнали рукою, картками) для з'ясування і виявлення складних питань; уточнюючі питання; аналітичні питання; міні-тести; перевірка творчих робіт з метою виявлення помилок тощо.

Формувальне оцінювання – оцінювання впродовж навчання учнів відбувається так і для того, щоб отримати явні докази про досягнення учнів, інтерпретувати їх та використати вчителями, учнями або їх однолітками для прийняття рішень про наступні кроки в навчанні, які, швидше за все, будуть кращими, ніж рішення, які вони могли б прийняти за відсутності цих доказів.

Процес навчання з використанням формувального оцінювання включає: з'ясування того, де зараз знаходяться учні, що навчаються; куди вони мають дістатися і, як саме їм цього досягти.

Ці процеси можна згрупувати в п'ять ключових стратегій формувального оцінювання (за Д. Вільямом) [242]:

Перша стратегія. З'ясування та розуміння очікуваних результатів та критеріїв успіху.

Друга стратегія. Отримання даних, які свідчать про навчання учнів, їх навчального поступу впродовж навчання.

Третя стратегія. Надання (учням і вчителю) зворотнього зв'язку, відгуків щодо навчального поступу.

Четверта стратегія. Активізація учнів як навчальних ресурсів один для одного.

П'ята стратегія. Активізація учнів як відповідальних за власне навчання (табл.2.9).

Загалом, Д. Вільям пише, що більшість представлених стратегій не є новими для освітян. Новими є рамки, передбачені оцінюванням у форматі класу, та докази, які показують вплив цих підходів на досягнення учнів. Однак його стурбованість полягає в тому, що коли вчителі намагаються змінити більше двох-трьох речей щодо свого викладання, це часто призводить до негативних наслідків, і вони в кінцевому підсумку повертаються до того, що робили раніше.

Замість цього, він пропонує просто вибрати одну або дві технології для реалізації, і якщо вони стануть успішними, вони повинні робити це, поки вони не стануть для них звичними, їх другою природою.

Таблиця 2.9.

П'ять ключових стратегій формульовального оцінювання

	Які очікувані результати	Де учень зараз	Як цього досягти
Вчитель	Визначає/пояснює очікувані результати і критерії для успіху для всіх, повідомляє учням	Надає учням зворотній зв'язок щодо того, де вони зараз у навчанні	Надає учням напрямки, куди і як їм рухатися, щоб досягти успіху
Однолітки	Розуміють/усвідомлюють очікувані результати і критерії для успіху і діляться ними	Залучені до того, щоб бути ресурсом у досягненні успіху один для одного (допомагають відслідковувати прогрес, уточнювати шляхи до успіху)	
Окремий учень	Розуміє/усвідомлює власні очікувані результати і критерії для успіху	Залучений до того, як відповідати за власне навчання (відслідковує власний прогрес, уточнює шляхи до успіху)	

Підсумкове оцінювання застосовується для визначення якості засвоєння учнями навчального матеріалу за конкретною темою.

Погоджуємося з думкою науковців які зазначають, що інструментами фіксації оцінювання навчальних досягнень учнів може бути особистий профіль компетенцій, особисте віртуальне портфоліо, стрес-тест віртуального світу або цифрової моделі.

З метою заохочення та мотивування учнів до навчально-пізнавальної діяльності застосовуються змагальні ігрові моделі (гейміфікація), сис-

теми управління репутаційним капіталом, превентивне управління результатом (системи прогнозування досягнень), ігрові адаптивні моделі, системи моніторингу стану (що відстежують емоційний стан учнів) [153].

Основними функціями контролю навчальних досягнень учнів є: мотиваційна, діагностувальна, коригувальна, прогностична, перевіральна, розвивальна, виховна (рис. 2.6).

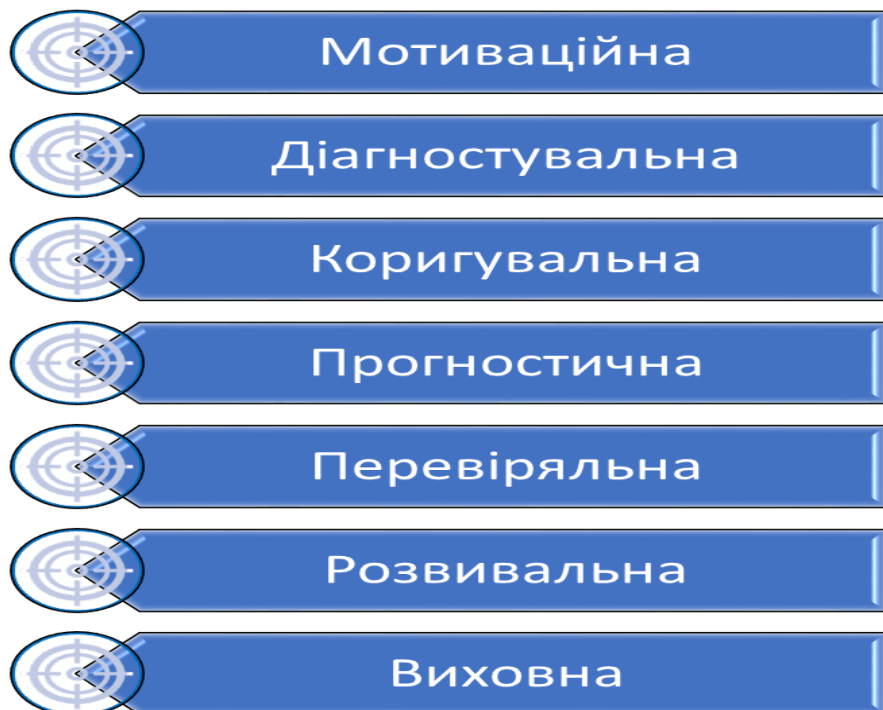


Рис. 2.6. Функції контролю навчальних досягнень учнів

Оцінювання навчальних досягнень учнів має здійснюватися відповідно до Наказу Міністерства освіти і науки України від 13.04.2011 № 329 «Про затвердження критеріїв оцінювання навчальних досягнень учнів (вихованців) у системі загальної середньої освіти», за яким критерії визначають загальні підходи до визначення рівня навчальних досягнень учнів відповідно до знань, умінь і навичок учнів та визначаються показником оцінки в балах. Основними **критеріями оцінювання** навчальних досягнень учнів є: **систематичність** (засвоєння навчального матеріалу в його логічній послідовності); **повнота** (обсяг знань про кількісні та якісні характеристики об'єкту); **міцність** (безпомилковість відтворення і збереження в пам'яті учня вивченого матеріалу); **оперативність** (умін-

ня учня застосовувати знання про об'єкт у типових умовах); *гнучкість* (уміння учня використовувати знання про об'єкт у нетипових умовах).

Критерії реалізуються в нормах чотирьох рівнів досягнень: початковий, середній, достатній, високий. При визначенні рівня навчальних досягнень учнів враховуються: характеристики відповіді (правильність, логічність, обґрунтованість, цілісність); якість знань; сформованість загальнонавчальних та предметних умінь і навичок; рівень володіння розумовими операціями: вміння аналізувати, синтезувати, порівнювати, класифікувати, узагальнювати, робити висновки тощо; вміння виявляти проблеми та розв'язувати їх, формулювати гіпотези; самостійність оцінних суджень.

Застосування новітньої СКМод сприятиме як активізації навчальної діяльності учнів, так і формуванню їх компетентностей. Відповідно до Закону про освіту *компетентність* — динамічна комбінація знань, умінь, навичок, способів мислення, поглядів, цінностей, інших особистих якостей, що визначає здатність суб'єкта успішно соціалізуватися і здійснювати навчальну діяльність. Тому усі зазначені заходи сприятимуть формуванню і розвитку компетентності учнів із природничо-математичних предметів.

Обізнаність вчителів щодо наявних СКМод дуже низька [123]. Тому, виникає потреба в інформуванні і навчанні вчителів-предметників використанню СКМод в освітньому процесі: під час уроку, в організації роботи учнів із засобами інформаційно-комунікаційних технологій в позаурочний час (на факультативах і гуртка), у здійсненні контролю виконання пізнавальних завдань та самостійної роботи.

Впровадження моделі використання СКМод у систему загальної середньої освіти потребує удосконалення змісту і включення до програми підвищення кваліфікації та підготовки майбутніх вчителів таких тем, як: поняття про комп'ютерне моделювання, електронні освітні ресурси, структура пізнавального завдання, застосування моделі використання СКМод для навчання учнів природничо-математичним предметам, робота з мережевими програмами для організації опитування та контролю знань учнів.

Основними напрямками формування компетентності майбутнього вчителя природничо-математичних предметів із використання системи комп'ютерного моделювання, як складової професійної підготовки є: формування освітнього середовища; організаційні аспекти використання СКМод; використання мультимедійного комплексу для роботи з класом; теоретичні засади розвитку систем комп'ютерного моделювання; теоретико-методичні засади проектування і використання пізна-

вальних завдань для різних вікових категорій; форми реалізації СКМод в освітньому процесі; методи навчання учнів з використанням СКМод; організаційно-методичні аспекти розроблення уроку з використанням СКМод, електронних освітніх ресурсів; віртуальний кабінет вчителя (хмаро-орієнтовані технології); моніторинг рівня навчальних досягнень учнів; оцінювання уроку з використанням СКМод; оцінювання якості та добір комп'ютерних моделей.

З викладеного вище можна зробити висновки, що особливостями моделі використання СКМод є: формування компетентностей учнів з природничо-математичних предметів як цілісної відкритої, динамічної системи; здійснення інноваційного освітнього процесу в умовах динамічних технологічних змін; забезпечення координації індивідуального розвитку кожного учня для успішної реалізації компетентнісного підходу; формування уявлення учнів про цілісність картини світу. СКМод стає засобом дослідження процесів і явищ живої та неживої природи. Комп'ютерне моделювання таких процесів сприятиме розробленню системи пізнавальних завдань для учнів на засадах науковості, доступності та наочності. Застосування системи пізнавальних завдань формуватиме в учнів предметні компетентності, уявлення про оточуючий світ і взаємозв'язки в природі.

2.3. МОДЕЛЮВАННЯ У НАВЧАЛЬНО-ПІЗНАВАЛЬНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ УЧНІВ

Ідеологія змін сучасної освіти, які будуть реалізовані прийнятим Законом України «Про освіту» й Концепцією «Нова українська школа», на десятиріччя визначать вітчизняний освітній ландшафт.

Основним документом-орієнтиром Нової української школи стане Стандарт повної загальної середньої освіти. Наразі укладені Основи Стандарту [142] й прийнято Державний стандарт початкової освіти [157].

Новий Стандарт повної загальної середньої освіти має відповідати на виклики, які постають сьогодні перед суспільством, освітянською спільнотою, батьками, учнями. В «Основах Стандарту», серед іншого, закладені можливості більш широко вибору для учнів, зокрема, це й індивідуальне профілювання у старшій школі, і зобов'язання до відповідальності за власне навчання, із визначенням вимог до обов'язкових результатів навчання та компетентностей здобувачів загальної середньої освіти відповідного рівням за освітніми галузями, зокрема математичною, природничою, технологічною, інформатичною. Потенціал зазначених освітніх галузей для опанування

ключовими компетентностями, серед яких, математична компетентність, компетентність у галузі природничих наук, техніки і технологій (компетентність у природничих науках і технологіях, згідно [142]) й інформаційно-комунікаційна компетентність (інформаційно-цифрова, згідно [142]), визначають через компоненти умінь, ставлень й навчальних ресурсів.

Для математичної, природничої, технологічної й інформатичної освітніх галузей у відповідній компоненті зазначені, зокрема, наступні **уміння**: обирати, будувати і досліджувати найпростіші моделі реальних об'єктів, процесів і явищ, інтерпретувати та оцінювати результати; розуміти і використовувати математичні моделі природних явищ і процесів; будувати прості моделі для вирішення технологічних проблем; знаходити, представляти, перетворювати, аналізувати, узагальнювати та логічно організовувати дані з використанням цифрових пристроїв та програм або без них для створення інформаційної моделі об'єктів та процесів реального світу; створювати моделі об'єктів та процесів для розв'язування задач різних предметних галузей засобами різних технологій; планувати, проводити дослідження з використанням моделей засобами ІТ [142].

Навчальними ресурсами визначені: комп'ютерні експерименти на основі інформаційних моделей, робота з цифровими пристроями під час вибору моделей-аналогів, проведення комп'ютерних експериментів на основі інформаційних моделей.

Наразі діючими навчальними програмами передбачена реалізація прикладної спрямованості шкільного курсу предметів природничо-математичного циклу через застосування модельного підходу у навчанні зазначеним предметам.

Реалізація прикладної спрямованості відбувається, перш за все, через формування в учнів: знань про моделі об'єктів предметної області, типи моделей, їх характеристики; вмінь будувати і досліджувати найпростіші моделі реальних об'єктів, процесів і явищ, задач, пов'язаних із ними.

Аналіз чинних навчальних програм, матеріалів, які розміщено в «Основах Стандарту», дає можливість зробити висновок про необхідність посилення моделювального аспекту навчання природничо-математичних дисциплін, яке має сприяти вирішенню методологічних питань викладання зазначених предметів. Застосування моделювання в навчанні даних дисциплін дозволить вирішити нагальні завдання по формуванню зазначених компетентностей.

Наразі моделювання розглядається науковцями як невід'ємний складник процесу пізнання, а поняття моделі проникло у всі сфери на-

уки, набуваючи при цьому того чи іншого специфічного відтінку. Численні дослідження вітчизняних та зарубіжних науковців стосуються проблематики моделювання, здебільшого у конкретних галузях науки. Так, зокрема, загальнофілософські проблеми моделювання висвітлені А. Уйомовим [192]. Проблеми моделювання в гуманітарній сфері розглянуто у працях І. Мельчука [131], А. Лосева [124], В. Широкова [209]. У дослідженні І. Кульчицького [99] розглянуто окремі аспекти застосування методу моделювання у наукових дослідженнях. Автором запропоновано філософські максими, на яких ґрунтується поняття моделі й подано узагальнене означення моделі, її характеристики та типологію. У роботах Р. Майера [125; 126] розглянуті методологічні аспекти моделювання, його місце в системі методів пізнання. Автором введено поняття моделі, комп'ютерної зокрема, проаналізовано різні класи моделей, подана їх класифікація, розглянуто статистичне й імітаційне моделювання, області їх застосування. М. Ядровською [213] визначено особливості використання і переваги застосування методу моделювання у навчанні студентів. Теоретичні засади використання моделювання при вивченні курсу фізики у закладах загальної середньої освіти розроблені, Л. Калапушею [83]. Ф. Горбовим, О. Чудиною [46], досліджувалися особливості моделювання та їх функції в навчальній діяльності школярів.

Досліджуючи проблему використання методу моделювання у процесі навчання старшокласників природничо-математичних предметів, необхідно, насамперед, уточнити тлумачення понять «модель» і «моделювання», якими часто оперують у наукових галузях.

Словники подають різні означення моделі, суть яких зводиться до того, що модель — це матеріальний або ідеальний об'єкт, який замінює досліджувану систему і адекватним чином відображає її суттєві сторони.

Найбільш вдале, на наш погляд, наукове означення моделі запропонував В. Штофф: «Модель — це мисленево уявлювана або матеріально реалізована система, яка, відображаючи або відтворюючи об'єкт дослідження, здатна замінювати його так, що її вивчення дає нам нову інформацію про цей об'єкт» [211]. Сучасне означення, що співзвучне попередньому, наведено в «Енциклопедії освіти»: «Модель — уявна або матеріально-реалізована система, котра відображає або відтворює об'єкт дослідження (природний чи соціальний) і здатна змінювати його так, що її вивчення дає нову інформацію стосовно цього об'єкта» [15].

Основні класифікації моделей ураховують способи їхньої побудови, характеристики об'єктів, що моделюються, сфери застосування моделей, способи подання й реалізації. Узагальнюючи різні підходи дослідників

до класифікації моделей [125; 41; 90], наведемо наступну їх класифікацію (табл. 2.2).

Таблиця 2.2.

Класифікація моделей

За областю використання	Навчальні, ігрові, дослідні, прототипні, імітаційні
За способом подання моделі	Натурні, інформаційні (вербальні, знакові (комп'ютерні, не комп'ютерні), математичні, логічні, спеціальні геометричні
За галузями представлених в моделі знань	Фізичні, біологічні, соціальні, економічні
За способом реалізації	Абстрактні (уявні), матеріальні
За характером моделюючої сторони об'єкта	Функціональні, структурні
За часовим фактором	Статичні, динамічні

Моделювання розглядають як «непрямий опосередкований метод наукового дослідження об'єктів пізнання (безпосереднє вивчення яких з певних причин неможливе, ускладнене чи недоцільне) шляхом дослідження їхніх моделей» [193]. Під моделюванням розуміють гносеологічну категорію, що позначає спосіб пізнання об'єкта, заснований на побудові і дослідженні моделі цього об'єкта з подальшим перенесенням отриманих знань на сам об'єкт [214].

Виокремлюють [125] натурне моделювання (проведення досліджень на реальному об'єкті з наступною обробкою результатів експерименту), імітаційне моделювання (через побудову моделей, що описують процеси так, як вони проходили б у дійсності), фізичне моделювання (метод експериментального вивчення фізичних процесів та явищ, заснований на їх фізичній подібності (фізичних моделях)), математичне моделювання (процес встановлення відповідності даному об'єкту деякого математичного об'єкта, математичної моделі, й дослідження цієї моделі, що дозволяє отримувати характеристики розглянутого реального об'єкта). До основних етапів моделювання відносять: постановку задачі, опис досліджуваної системи і виявлення її складників й зв'язків між ними; формалізацію (створення математичної моделі, що представляє собою систему рівнянь і відбиває сутність досліджуваного об'єкта); розроблення алгоритму, реалізація якого дозволить вирішити поставлене

завдання; планування і виконання обчислень й отримання результатів; аналіз й інтерпретацію результатів [126].

У нашому дослідженні моделювання розглядатимемо як цілісну, взаємопов'язану сукупність прийомів і операцій пізнання (спостереження, аналіз, синтез, порівняння, аналогія, побудова гіпотез, ідеалізація, формалізація, класифікація, систематизація, узагальнення, конкретизація, побудова висновків), які застосовуються як до об'єкта при побудові його моделі, так і до моделі в ході її дослідження, і практичних дій моделювання (побудова моделі, дії з моделлю, реалізація моделі, експериментування, інтерпретація), й дають можливість отримати за моделлю знання про сам об'єкт.

У педагогіці моделювання, як засіб пізнання, знаходить застосування в якості ефективних прийомів і засобів навчання [214]. У навчанні моделювання застосовується частіше за все як засіб подання навчальної інформації або навчальна дія [46], тобто становить прийом або спосіб навчання, а моделі — як засоби формування узагальненого вміння школярів розв'язувати задачі, що дає можливість говорити про використання модельного підходу в навчанні [33]. Моделювання в освітньому процесі «має ту специфічну особливість, яка водночас є навчальним змістом, методом наукового пізнання й ефективним засобом її вивчення» [83].

Як свідчать дослідження [57; 127; 199] навчання учнів методу моделювання є ефективним засобом, який суттєво впливає на характер їхньої навчально-пізнавальної діяльності. Однак моделювання в навчанні відрізняється від моделювання в науковому пізнанні такі особливостей, які, перш за все, полягають в тому, «що моделювання трансформується з методу наукового дослідження в спосіб демонстрації дослідження та подання його результатів, який організовується з метою наочності, діяльної передачі і засвоєння навчальних знань» [17].

Моделюванню у навчанні притаманні такі функції, як: пізнавальна, системоутворювальна, розвивальна, функція оволодіння методом пізнання, моделювання є засобом створення проблемних ситуацій, засобом формування знань.

У навчанні предметів природничо-математичного циклу основної школи широко використовуються предметні (матеріальні) моделі як засіб наочності, що можна вважати початковим етапом оволодіння учнями методом моделювання. У старшій школі моделі є не лише засобом наочності, а й об'єктами теоретичних досліджень. Ефективність застосування даного методу може бути забезпечена за умови сформованості в учнів здатностей: розрізняти моделі і види моделю-

вання; досліджувати моделі об'єктів, явищ і процесів; будувати математичні моделі і вирішувати модельні задачі; застосовувати метод моделювання у пізнавальній діяльності.

Навчальна модель призначена для пред'явлення учням предмета учіння (елементів «готового» знання — у цьому випадку виявляються дидактичні функції моделі.) і формування у них відповідних пізнавальних умінь (домінує її методологічна функція). Дидактична та методологічна функції моделей в сукупності дають повне уявлення про їх навчальне призначення. При цьому необхідно виокремити: об'єкт моделювання; способи й інструменти моделювання; завдання, які можуть бути поставлені перед учнями в роботі з моделлю.

До *засобів моделювання* можна віднести засоби уявного моделювання (логічні процедури і прийоми пізнання), засоби натурного моделювання (теорія подібності, засоби проведення натурального експерименту в предметній області) й засоби інформаційного моделювання (інформаційні моделі, комп'ютерний експеримент, апаратно-програмні засоби [213]).

Серед завдань, які можуть бути поставлені перед учнями в роботі з моделлю можна окреслити наступні:

- обґрунтування суті методу фізичного моделювання, понять (наприклад, «ідеальний газ» як фізична модель реального газу), є вимогою до рівня загальноосвітньої підготовки учнів старшої школи. Для усвідомлення теоретичної моделі учневі необхідно: дати її опис або навести дефініцію, що її визначає як ідеалізацію; встановити, які реальні об'єкти вона заміщує; з'ясувати, до якої конкретно теорії вона належить; визначити, від чого слід абстрагуватися, чим нехтувати, вводячи цю ідеалізацію; з'ясувати наслідки застосування даної моделі;
- використання елементів моделювання в системі навчального фізичного експерименту, у якому предметом дослідження є не реальний процес, а його формалізована модель. Водночас вивчення реального об'єкта відбувається за допомогою прототипу, який заміщає об'єкт-оригінал з наступним перенесенням отриманої інформації на реальну систему;
- пошук математичної моделі розв'язку фізичних задач є одним з трьох етапів діяльності учнів при розв'язуванні задач. Водночас моделі виконують різні функції: конкретизації, схематизації, побудови наочного образу, абстрагування, узагальнення. Особливість застосування модельного підходу до розв'язування задач вбачають «в тому, що сама задача в процесі розв'язу-

вання виступає як модель реального явища, а отже, як об'єкт спеціального дослідження» [214].

Включення моделювання в освітній процес раціоналізує його і одночасно активізує пізнавальну діяльність учнів. Згідно запропонованій у дослідженні [95] концепції, можна виділити наступні аспекти застосування методу моделювання в освіті: як способу формування теоретичного мислення і активізації пізнавальної діяльності; як мети і засобу навчального пізнання, підвищення ефективності засвоєння нових знань, реалізації принципу наочності; як засобу узагальнення фактів, процесів і явищ, що вивчаються, інтеграції природничо-наукових знань.

2.4. МОДЕЛІ ВПРОВАДЖЕННЯ Й ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ІННОВАЦІЙНОЇ ОСВІТНЬОЇ ІК-ТЕХНОЛОГІЇ

Стрімкий розвиток інформаційних та цифрових технологій спонукає вчителів до пошуку нових підходів до навчання учнів ХХІ ст., які у своєму звичайному середовищі постійно використовують такі комп'ютерні засоби, як мобільні телефони, планшети, ноутбуки або комп'ютери/десктопи. Сучасним підліткам досить важко навчатися без доступу до мережі Інтернет, а в освітньому процесі не вистачає засобів, методичної підтримки, дидактичних матеріалів для впровадження онлайн-технологій навчання.

Нині багатьма вітчизняними і зарубіжними вченими, педагогами закладів вищої освіти та вчителями ЗЗСО здійснюється активний пошук та добір ефективних моделей впровадження інформаційних технологій із метою поліпшення освітнього процесу. Поліпшення освітнього процесу може здійснюватися за такими напрямками: **розвиток освітнього середовища** (школи, університету, закладів позашкільної освіти); **використання інноваційних засобів навчання** (е-підручників, дистанційних курсів, електронних освітніх ігрових ресурсів, 3D-принтерів); **упровадження новітніх технологій навчання** (систем комп'ютерного моделювання (СКМод), хмарних сервісів, доповненої та віртуальної реальності, використання інноваційних інформаційно-комунікаційних технологій (ІК-технологій) в освітньому процесі); **удосконалення організаційних форм освітньої діяльності** (е-пошта, вебінари, онлайн-збори для спілкування з батьками). Мета нових практик полягає в підвищенні якості освітніх послуг, так і рівнів навчальних досягнень учнів [160] (рис. 2.7).

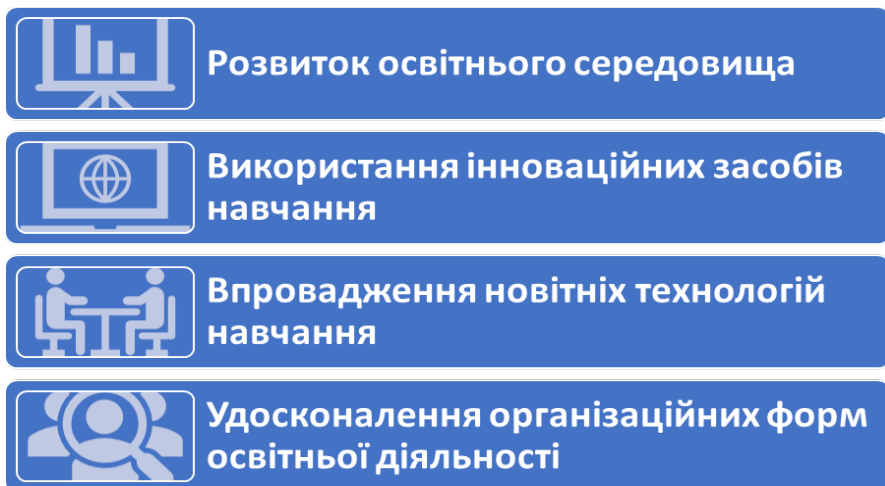


Рис. 2.7. Напрями поліпшення освітнього процесу

Усі ці процеси можна визначити як упровадження інновацій. Більшість сучасних інновацій пов'язані з використанням інформаційно-комунікаційних технологій (ІК-технологій).

До інноваційних ІК-технологій віднесемо СКМод. Під СКМод будемо розуміти програмні засоби нового покоління, призначені для анімаційної візуалізації явищ і процесів, побудови стратегій дій, виконання чисельних розрахунків будь-якого рівня складності та спрямованих на унаочнення та розв'язання задач різних типів [107].

На сучасному етапі розвитку і реформування загальної середньої освіти відчувається потреба в упровадженні СКМод в контексті реалізації Концепції нової української школи, зокрема компетентнісного підходу. Однак існує низка проблем за яких спостерігається відсутність моделей впровадження і оцінювання ефективності використання ІК-технологій, зокрема СКМод в освітньому процесі.

Означені проблеми були зазначені вченими [277], які провели аналіз 112 статей, що описують 117 досліджень у яких обгрунтовано оцінювання ІК-технології навчання (аспект гейміфікації). За результатами дослідження було встановлено, що більшість дослідників проводили експерименти в два етапи: на першому використовувалася ІК-технологія (освітня гра), а на другому проводилося опитування/анкетування учнів/студентів. Більшість наведених результатів було представлено з невеликими за чисельністю респондентів вибірками і з використанням якісних методів аналізу даних. Вони також зазначають, що в більшості досліджень не використовується чітко визначена модель або метод

оцінювання. Це доводить необхідність методологічної підтримки процедури оцінювання ІК-технологій, зокрема технологій з ігровим змістом, наприклад, СКМод.

Ці проблеми стосується не лише впровадження СКМод в освітній процес, наявність великої кількості ІК-технологій та сервісів обумовлює необхідність розроблення інструментів їхнього оцінювання з метою:

- визначення ефективності використання ІК-технологій в якості інструментів навчання;
- добору функціоналу ІК-технологій для задоволення освітніх потреб;
- організації доступу до ІК-технологій (повсюдного, локального);
- розроблення та удосконалення методології використання ІК-технологій та ін.

Проблемою залишається не лише оцінювання власне технології, рівнів її використання педагогами, а й оцінювання ефективності її використання для навчання учнів й освітньому процесі в цілому.

Питання впровадження ІК-технологій є багатовекторним, тому вченими проаналізовано різні аспекти цього процесу.

Учені [251] зазначають: у ХХ столітті освіта стала домінуючим фактором і наводять низку переконливих аргументів щодо важливості її розвитку і використання технологічних інновацій в системі загальної середньої освіти, що дасть змогу сформувати особистість ХХІ ст.

Питання готовності вчителів до впровадження інноваційних технологій, здійснення ними інноваційної діяльності в закладах освіти обґрунтовано в роботі «Інновації в сучасній освіті» [69], який стверджує, що цей процес має здійснюватися поступово — поетапно.

Про важливість впровадження ІК-технологій в систему освіти порушує питання А. Шлейхер [285] і наголошує про необхідність мотивації учасників освітнього процесу для створення інноваційного середовища навчання, що необхідно як для сучасних, так і майбутніх учнів шкіл.

Новітні підходи використання комп'ютерного моделювання для формування компетентностей студентів на засадах впровадження різних форм і методів використання програмно-імітаційних комплексів в освітньому процесі розкрито в працях молодих вчених [6], [91].

На цьому етапі наукового пошуку теоретичні та практичні аспекти формування і розвитку середовища закладу освіти, розкрито у працях багатьох вітчизняних учених, однак комплексного рішення або моделі впровадження інноваційної ІК-технології у закладах загальної середньої освіти вченими запропоновано не було. Отже, це питання науковою спільнотою розкрито неповною мірою.

Багаторічний авторський досвід впровадження ІК-технологій дав можливість визначити три основні компоненти, які впливають на активне впровадження і використання ІК-технологій в освітньому процесі, а саме: рівень використання ІК-технологій педагогами; технологія впровадження новітніх ІК-технологій педагогами та оцінювання ефективності використання ІК-технологій педагогами в освітньому процесі (рис. 2.8), що в сукупності представляє *модель структури впровадження ІК-технологій в закладах освіти*.



Рис. 2.8. Модель структури впровадження ІК-технологій в закладах освіти

Деталізуємо компоненти моделі структури для розуміння побудови системи впровадження ІК-технологій, зокрема СКМод в освітній процес закладів загальної середньої освіти.

2.4.1. Визначення рівня використання ІК-технологій педагогами

Для визначення рівня використання педагогами ІК-технологій в освітньому процесі візьмемо за основу модель SAMR (Substitution, Augmentation, Modification, Redefinition), розроблену вченим Р. Пуенте-дур (Ruben Puentedura), і обґрунтуємо її в аспекті інноваційної ІК-технології (рис. 2.9).

За цією моделлю можна визначити, на якому рівні педагоги використовуються ІК-технології в освітньому процесі і як вони можуть впли-

вати на розвиток освітнього середовища та навчання учнів (<http://www.hippasus.com/>).

Перший рівень — підміна (Substitution). Комп'ютерні технології використовуються для виконання тих самих дій, що і раніше (до комп'ютерів). Наприклад: друк тексту (твір), тестування (е-тест) або заміна приладів комп'ютерними моделями (СКМод). Використання комп'ютера відбувається за рахунок будь-яких інших можливих переваг.

Учитель як інструктор спрямовує всі аспекти уроку і залишається центральною фігурою в класі.

Другий рівень — накопичення (Augmentation). Комп'ютерні технології пропонує ефективний інструмент для виконання індивідуального завдання, накопичення власного досвіду використання СКМод в освітніх цілях.



Рис. 2.9. Модель SAMR — рівні використання ІК-технологій педагогами

Наприклад, аналіз даних на засадах використання СКМод або використання Teams Office 365 на уроці, або Classroom Google Apps під час карантину. Відбувається зміщення фокусу навчання з учителя на учня, процес активного включення ІК-технологій в освітню діяльність. Результатом миттєвої зворотної зв'язку є те, що учні починають брати активнішу індивідуальну участь у процесі навчання.

Третій рівень — модифікація (Modification). Комп'ютерні технології використовуються для виконання завдань, загальних для всього класу. Наприклад, аудіозапис есе або есе-презентація, відео-фрагмент с тек-

стовим супроводом або моделювання процесів живої природи на засадах використання СКМод. Виникає функціональна зміна в роботі учнів класу. Питання про те, як розвинути навички, все частіше надходять від учнів. Кожен учень особисто зацікавлений в якісному виконанні освітніх завдань.

Четвертий рівень — перетворення (Redefinition). Комп'ютерні технології використовуються для виконання завдань, які не могли бути вирішені раніше — співпраця у команді, е-обмін даними. Наприклад, OneNote або Sway в Office 365, або виконання міні-проєкту з природничо-математичних предметів на засадах використання СКМод. Учасники команди співпрацюють, для виконання конкретного завдання або вирішення проблеми; отримують зовнішню підтримку, інформацію або дані. На цьому рівні комп'ютерні технології існують не як мета, а як засіб навчання.

Цю модель можна застосувати для моніторингу впровадження ІК-технологій в освітню діяльність педагога. Крім моніторингу важливим етапом активного використання СКМод є процедура впровадження в освітній процес.

2.4.2. Етапи впровадження педагогами СКМод як новітньої ІК-технології

Розглянемо процедурну модель впровадження ІК-технологій, за якою можна впроваджувати СКМод в освітній процес, що дозволить забезпечити якісні перетворення процесу вивчення природничо-математичних предметів [115, 114, 107] (рис. 2.10).

Процедурна модель включає шість основних етапів упровадження ІК-технологій, яких необхідно дотримуватися вчителям-предметникам:

Етап 1. Адаптація ІК-технології. Апробувати вже існуючу інноваційну технологію, зокрема СКМод і адаптувати її для своєї педагогічної діяльності. Для успішного перетворення освітнього процесу необхідно стежити за більш поширеними технологіями, наприклад, не можна ігнорувати використання мережі інтернет та соціальних мереж для забезпечення освітньої комунікації [270], [271].

Етап 2. Оцінювання потенціалу ІК-технології для педагогічної діяльності. Кожну технологію необхідно оцінювати в контексті завдань які має виконувати вчитель-предметник/педагог. Найбільш доцільним є оцінювання складності технології і її ефективності для виконання професійних завдань.

Етап 3. Розширення мережевої взаємодії і залучення колег. У процесі впровадження технології виникають проблемні питання, що по-

требують відповідей — співпрацюйте з іншими педагогами. По-перше, нині значна частина впроваджених технологій була зроблена в рамках неформальної освіти (семінари, тренінги, вебінари).



Рис. 2.10. Процедурна модель впровадження ІК-технології в освітній процес

По-друге, мережева взаємодія між освітянами на етапі впровадження технологій, дозволить зробити цей процес більш простим (зрозумілим) і ефективним.

Етап 4. Вибір стратегії впровадження ІК-технології. Стратегія впровадження технології в освітній процес може відповідати таким варіантам.

Перша стратегія — впровадження і використання елементів ІК-технології у педагогічній діяльності фрагментарно, для унаочнення навчального матеріалу. Наприклад, демонстрація природних процесів на засадах використання СКМод. Ця стратегія може бути задіяна на перших етапах впровадження ІК-технологій. Передбачається, що інновацій-

ні ІК-технології не вимагають доопрацювання і готові до використання в освітньому процесі.

Друга стратегія — впровадження і використання ІК-технології у педагогічній діяльності систематично, з доопрацюванням або розробкою дидактичних завдань, зокрема для виконання дослідницьких, творчих і прикладних завдань з підтримкою СКМод. Передбачається створення професійного освітнього співтовариства педагогів і зовнішніх експертів-консультантів.

Третя стратегія — поширення власних інноваційних ідей і досвіду, щодо впровадження і використання ІК-технології. Передбачається участь у різних професійних конкурсах, інноваційних проєктах; майстер-класах, семінарах, тренінгах.

Етап 5. Усунення проблем і перешкод на шляху впровадження ІК-технології. На етапі впровадження ІК-технологій завжди виникають проблеми і перешкоди різних категорій, зокрема: технічні, організаційні, методичні.

Технічні перешкоди стосуються засобів для впровадження ІК-технології які можуть не відповідати сучасним вимогам (необхідна співпраця з керівниками установ щодо цільового розвитку освітнього середовища закладу освіти).

Організаційні перешкоди пов'язані з підтримкою адміністрації закладу освіти щодо використання новітньої ІК-технології в освітньому процесі (підвищення мотивації керівників установ щодо підтримки вчителів у впровадженні інноваційних ІК-технологій).

Методичні перешкоди стосуються аспектів ефективного використання ІК-технологій в освітньому процесі (розроблення інструкцій і зрозумілих педагогам рекомендацій, алгоритмів роботи з новою технологією).

Етап 6. Оцінювання результативності/ефективності впровадження ІК-технології. Оцінювання результатів впровадження технологій можна здійснювати за різними моделями і методиками, зокрема за моделлю сприйняття технології Ф. Девіса.

У процесі впровадження новітньої технології необхідно відстежувати як якісні, так і кількісні показники впливу ІК-технології на навчання суб'єктів. Педагогам перш за все потрібно орієнтуватися на власний професійний розвиток, розвиток навчального середовища і підвищення якості освітніх послуг, зокрема підвищення зацікавленості й активності учнів щодо вивчення конкретного предмета шкільного курсу.

Зазначимо, що опитування учасників освітнього процесу залишається одним із найбільш успішних і найпоширеніших методів оцінювання ефективності ІК-технологій у закладах загальної середньої освіти.

2.4.3. Оцінювання ефективності використання СКМод педагогами.

Розглянемо «Модель сприйняття технології» Фреда Девіса (від англ. Technology Acceptance Model, (TAM)) як методику оцінювання ефективності використання інноваційної ІК-технології (Davis, 1989) (рис. 2.11.).

Модель сприйняття технологій — це теорія інформаційних систем, яка моделює, процес прийняття користувачем рішення про сприйняття і використання технології, зокрема, будемо розглядати це в аспекті ІК-технології.



Рис. 2.11. Модель сприйняття ІК-технології педагогами (за Ф. Девісом)

За цією моделлю враховується низка факторів, що впливає на прийняття користувачем рішення про те, як і коли він буде використовувати нову ІК-технологію, а саме:

- оцінюється суб'єктивна корисність ІК-технології: Ф. Девіс визначив це як «показник» використання певної технології, що підвищує ефективність роботи, за оцінкою користувача;
- оцінюється суб'єктивна простота використання ІК-технології: Ф. Девіс визначив це як «показник», легкості (простоти) використання певної технології, за оцінкою користувача [217].

За цією методикою визначено два основні показники: суб'єктивна простота використання і суб'єктивна корисність ІК-технології.

Поняття «корисність» — це задоволення потреб суб'єкта, суб'єктивна міра задоволення, що його отримує індивід від споживання блага або набору благ. Іншими словами, корисність визначає, якою мірою індивід задовольнив свої потреби, споживши певні блага. Теорія корисності тісно пов'язана з теорією рішень.

Суб'єктивна корисність — персональна цінність результату для користувача. Суб'єктивна корисність (від англ. Perceived usefulness) — це величина, яка відображає ступінь впевненості користувача в тому,

що використання технології збільшить його продуктивність (Devis, 1989 р.). Даний показник відображає відповідність використовуваної ІК-технології для конкретного виду діяльності, за якого високий показник суб'єктивної корисності вказує на відповідність ІК-технології цілям користувача і навпаки.

Поняття «простота використання» до технології може бути застосовано у значеннях: легкий для засвоєння, нескладний у використанні, виконання елементарних дій.

Суб'єктивна простота використання (від англ. Perceived ease of use) є показником, що відображає ступінь складності та впевненості користувача у використанні цієї ІК-технології й пов'язаний із докладанням найменших можливих зусиль (Devis, 1989 р.). Таким чином, цей показник дозволяє приділити належну увагу простоті, легкості використання технології.

Модель оцінювання ефективності технології побудована на концепції, за якої при створенні технології важлива не лише її ефективність як технічного засобу для досягнення поставленої мети, а й її «зрозумілість» користувачеві. У разі сильного дисбалансу даних показників технологія є неефективною у використанні [169]. Зазначимо, що крім того, що технологія має бути зрозумілою, вона має бути доступною і відповідати віковим особливостям суб'єктів використання.

Наприклад, при високій суб'єктивній корисності (технологічно складна система) та низькій суб'єктивній простоті використання (потрібні фахівці) система буде вирішувати поставлені завдання за наявності фахівців високого рівня підготовки.

У протилежній ситуації технологія буде інтуїтивно зрозумілою будь-якому суб'єктові, але за такої умови не буде вирішувати поставлені завдання.

Для розрахунку описаних показників Ф. Девіс використав опитувальник, що складається з двох частин і детально описано в [114].

Застосуємо цей підхід для розроблення моделі **оцінювання суб'єктивної ефективності** використання **системи комп'ютерного моделювання** (СКМод) в освітньому процесі.

Для цього розробимо опитувальник для учнів, що включатиме наступні твердження:

Частина 1. Суб'єктивна корисність використання системи комп'ютерного моделювання в освітньому процесі.

1. Використання системи комп'ютерного моделювання дозволить швидше вирішувати навчальні завдання.

-
2. Використання системи комп'ютерного моделювання покращить моє навчання.
 3. Використання системи комп'ютерного моделювання дає змогу зекономити час на виконання завдань.
 4. Використання системи комп'ютерного моделювання підвищить кількість розв'язаних завдань.
 5. Використання системи комп'ютерного моделювання підвищить мою ефективність навчання.
 6. Використання системи комп'ютерного моделювання полегшить моє навчання.
 7. Система комп'ютерного моделювання корисна для мого навчання.

Частина 2. Суб'єктивна простота використання системи комп'ютерного моделювання в освітньому процесі.

1. Я вважаю, що зможу легко навчитися використовувати систему комп'ютерного моделювання.
2. Я вважаю, що із системою комп'ютерного моделювання мені буде легко досягти саме того, що я хочу.
3. Я вважаю, що із системою комп'ютерного моделювання, я можу кілька разів виконувати завдання спочатку.
4. Я вважаю, що використання системи комп'ютерного моделювання мені зрозуміле.
5. Я вважаю, що система комп'ютерного моделювання гнучка в роботі.
6. Я вважаю, що мені буде легко застосувати систему комп'ютерного моделювання для навчання.
7. Я вважаю, що система комп'ютерного моделювання проста у використанні.

Істинність кожного твердження суб'єкт має оцінити за шкалою від одного до семи, де 1 означає «повністю погоджуюся», а 7 — «абсолютно не погоджуюся» (Devis, 1989 p.).

Аналізуючи твердження, зазначимо, що низку тверджень сформульовано схожим чином, що дозволяє підвищити загальну вірогідність опитувальника [169]. Модель сприйняття технології, як свідчить її назва, відображає ступінь сприйняття технології потенційними користувачами, а це насамперед накладає сильний відбиток на їхню поведінкову стратегію (Devis, 1989 p.).

Однак маємо застереження щодо «суб'єктивного» фактору в оцінюванні. Цей фактор дає підстави стверджувати, що фактична ефективність досліджуваної технології може дещо відрізнятися від результатів опитування.

У процесі впровадження СКМод в освітній процес мають бути враховані: рівень впровадження ІК-технології вчителем, наявність процедури впровадження СКМод для навчання учнів певної вікової категорії, наявність інструментарію для оцінювання ефективності використання ІК-технології.

Запропонована авторська модель структури впровадження ІК-технологій в закладах освіти може бути застосована для будь-якої освітньої ІК-технології, що дає можливість здійснювати моніторинг рівня впровадження ІК-технології вчителями, поетапне впровадження ІК-технологій в закладах освіти і оцінювання ефективності використання системи комп'ютерного моделювання не тільки з технічної точки зору як засобу досягнення певних освітніх цілей, а й з точки зору простоти його використання.

2.5. ДОБІР КОМП'ЮТЕРНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ДОСЛІДНИЦЬКИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ УЧНІВ ІЗ ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНИХ ПРЕДМЕТІВ

У Концепції Нової української школи, ухваленій рішенням колегії Міністерства освіти і науки України 27.10.2016 р., серед основних компетентностей у природничих науках і технологіях зазначені, зокрема, наступні: «Наукове розуміння природи і сучасних технологій, а також здатність застосовувати його в практичній діяльності. Уміння застосовувати науковий метод, спостерігати, аналізувати, формулювати гіпотези, збирати дані, проводити експерименти, аналізувати результати» [92]. Відповідно до статті 12 Закону «Про освіту» [77] повна загальна середня освіта має забезпечити формування в учнів спільних для всіх компетентностей наскрізних навичок, серед яких виокремлені: критичне та системне мислення, здатність логічно обґрунтовувати позицію, творчість, ініціативність, оцінювати ризики, приймати рішення, розв'язувати проблеми, здатність співпрацювати з іншими людьми.

На основі вищезазначених документів розроблений і затверджений Державний стандарт початкової освіти, у яких компетентності у галузі природничих наук, техніки і технологій зазначені таким чином: «формування допитливості, прагнення шукати і пропонувати нові ідеї, самостійно чи в групі спостерігати та досліджувати, формулювати припущення і робити висновки на основі проведених дослідів, пізнавати себе і навколишній світ шляхом спостереження та дослідження» [64]. Опублікований для громадського обговорення проекту Державного стандарту базової середньої освіти, у якому засадничі

положення компетентісного підходу до навчання учнів у середній школі мають бути продовжені і розвинені. На базі цих документів розробляються типові освітні програми і типові навчальні плани, які мають деталізувати і конкретизувати шляхи розвитку навичок наукового дослідження в учнів.

Чинний Державний стандарт і особливо навчальні програми для середньої загальноосвітньої школи спрямовують вчителів і учнів, в основному, на оволодіння змістом, при цьому менший акцент робиться на розвиток наукових уявлень і дослідницьких навичок. Навчання ведеться за традиційною схемою: «учні — приймачі, а вчитель і підручник — джерела знань». У більшості класів при викладанні природничих наук вчителі здійснюють навчальну діяльність, спрямовану на досягнення учнями засвоєння законів і формул, які знадобляться їм для успішного складання ЗНО, розв'язування кількісних задач і надання відповідей на якісні задачі.

Експериментальні дослідження зарубіжних вчених доводять, що формування компетентностей, пов'язаних із природничо-математичними науками, може бути реалізоване за моделями, заснованими на навчальних дослідженнях учнів. Так, наприклад, модель, що отримала назву IBSE (Inquiry Based Science Education — навчання природничим наукам, засноване на дослідженнях), описана в багатьох наукових джерелах [257], [284], [167]. Результати досліджень виявили методи, засновані на поставленні запитань і вирішенні проблем, стимулювали захоплення учнів, їхня цікавість і допитливість при вивченні природничих наук.

Провідна роль у формуванні дослідницьких компетентностей учнів, безперечно, належить реальному фізичному експерименту, проведенню фронтальних і лабораторних досліджень. Проте, не всі фізичні експерименти можуть бути проведені в умовах сучасної школи не лише за браком необхідного обладнання і їх небезпечності. Перевірка висловлених учнями під час дослідження гіпотез потребує неодноразового повторення експерименту, не всі експерименти учні можуть виконати вдома. Комп'ютерні моделі разом із реальним фізичним експериментом широко використовуються в навчальній практиці багатьох країн світу. Нині велика кількість Інтернет-джерел з інтерактивними комп'ютерними моделюваннями доступні українським вчителям.

Серед ресурсів Інтернету вчителям, учням і батькам іноді складно знайти та обрати сайт, який може допомогти у формуванні дослідницьких компетентностей учнів у природничо-математичних науках.

Для формування цих компетентностей і здійснення навчальної дослідницької діяльності, зокрема, будуть корисними відомості щодо того:

- чи пропонується створення власних моделей користувачами, чи робота з готовими моделями;
- який ступінь інтерактивності у роботі з моделями (кількість параметрів, які користувач може змінювати самостійно);
- наскільки наближене моделювання до реального життя учнів, їхнє оточення;
- наявність інструментів для проведення «вимірювань» (наприклад, лінійка, вимірювальні прилади тощо);
- чи передбачена в моделюванні автоматична або здійснювана користувачем побудова графіків і діаграм, що наочно демонструють явища і процеси;
- чи наявна можливість вирішувати/досліджувати одне завдання/задачу чи комплекс завдань із декількох навчальних тем/предметів;
- наскільки передбачена диференціація навчання (можливість для виконання дослідницьких завдань різного рівня складності).

Важливими для використання в українських школах можуть бути доступність (ціна) і мова (мови), що використовується у моделюванні.

Унікальність саме онлайн-віртуальних середовищ для моделювання процесів і явищ природи полягає в тому, що вони можуть забезпечити вчителю:

- методичний супровід для проведення занять з учнями, можливість поділитися з іншими вчителями в мережі досвідом використання моделювань, проблемами і здобутками;
- можливість спостерігати процес роботи учнів, «втручатися» і скеровувати учнів у процесі віртуального експерименту;
- автоматичне оцінювання не лише і не стільки результатів діяльності, а й власне навчальної дослідницької діяльності.

У процесі дослідження визначено особливості використання комп'ютерних моделей для 10 популярних Інтернет-ресурсів, визначені близько 30 параметрів, за якими їх можна порівнювати, розроблені основні критерії щодо оцінювання дослідницьких можливостей онлайн-ресурсів.

Нами виокремлено наступні основні критерії добору комп'ютерних моделей щодо використання їх вчителями та учнями для формування природничо-математичних компетентностей (табл. 2.3.).

Критерії добору комп'ютерних моделей (КМод)

Критерій	Зміст
Науковість моделювань	КМод має відображати реальний світ, відповідати природничим законам, має працювати на «граничних» даних, наприклад, «коротке замикання», неможливість перевищення швидкості світла тощо.
Інтерактивність	Користувач може змінювати певні параметри, і відповідно до цих змін мають відбуватися зміни в системі. <i>Інтуїтивність</i> — керування КМ має бути інтуїтивним і не потребувати докладних покрокових інструкцій користування, або передбачати мінімальні інструкції і супровід. Такі інструкції мають бути надані користувачам окремо.
Цікавість	КМод має провокувати мислення учнів, бути цікавими, захоплюючими.
Інструментальність	КМод повинна мати вбудований інструментарій для виконання різноманітних вимірювань. Наприклад, лінійки, вимірювальні прилади.
Комплексність	КМод мають передбачати вирішення/дослідження не однієї проблеми/задачі, а комплексу різних завдань.
Різномірність	КМод має передбачати у власній будові можливість формулювати і вирішувати завдання різного рівня складності.
Наочність даних	Вбудовані графіки і діаграми, що ілюструють перебіг явищ і процесів.
Реалістичність	КМод має бути наближена до реального життя учнів, їх оточення.

Критерій	Зміст
Схематичність	КМод не має бути переобтяженою зайвими деталями, які не допомагають учням у вирішенні завдань, а радше — відволікають.
«Дружній» інтерфейс	Пояснення і позначення написані рідною мовою, зрозумілий вид керування і налагодження, що не відволікає увагу на несуттєві деталі.
Доступність	а) КМод може бути використана не лише в класі при наявності доступу до мережі Інтернету, а й скопійована на носії і власні пристрої для відтворення процесів без доступу до мережі Інтернет; б) безкоштовні або доступні учням і вчителю за ціною.
Методична і технічна підтримка	Передбачає наявність на ресурсі прикладів уроків і занять з учнями, методичних рекомендацій щодо використання КМод для досліджень, а також технічних рекомендацій щодо усунення можливих несправностей, вимоги до програмного і технічного забезпечення щодо їх встановлення і налаштування.
Незалежність від операційної системи і пристрою	Передбачає можливість перегляду і управління КМод на різних цифрових пристроях (персональних комп'ютерах, мобільних телефонах, планшетах) із різними операційними системами.

Запобігання інформаційним ризикам глобальної мережі Інтернет становить особливі виклики для користувачів при роботі в безпечному змістовому навчальному середовищі. Надійність джерела і достовірність інформації можна оцінити за критеріями [62] (рис. 2.12.):



Рис. 2.12. Критерії надійності й достовірності інформації й даних

- **Точність ідентифікації:** сайт (веб-сторінка) містить список авторів та установ, які опублікували сторінку, і надає спосіб зв'язатися з ними.
- **Авторитетність:** домен сайту (.edu,.gov,.org або.net), або користувач визначає рейтинг відвідуваності/авторитетності за спеціальними сервісами.
- **Об'єктивність:** відомості на сайті з обмеженою або зовсім відсутньою рекламою.
- **Актуальність/оновлення:** сайт оновлюється регулярно (як зазначено на сторінці, або визначено за спеціальним сервісом).

Наприклад, оцінимо за вищенаведеними критеріями сайт інтерактивних симуляцій Університету Колорадо з природничо-математичних наук, який використовується освітянами України [167]. Заснований у 2002 році лауреатом Нобелівської премії Карлом Віманом Сайт Інтерактивних симуляцій Phet — це проєкт Університету Колорадо (University of Colorado Boulder) для створення і використання безкоштовних інтерактивних симуляцій із математики і наук про природу. Команда його складається з розробників і методистів, більшість із яких — професори і викладачі різних університетів, усі відомості про яких опубліковані на сайті.

Крім того, у розробленні й оцінюванні симуляцій беруть участь учні і вчителі різних країн світу. Веб-сайт перекладений 43 мовами, а симуляції перекладені на 93 мови світу, в тому числі веб-сайт і більшість симуляцій перекладені українською. З 2002 року комп'ютерні моделювання були завантажені 658 мільйонів разів. Сайт має 6 авторитетних міжнародних нагород.

За оцінкою міжнародного сайту <https://archive.org/>, який дозволяє опосередковано визначити частоту оновлень сайту, виявлено, що оновлення сайту Phet відбуваються декілька разів на тиждень.

За даними аналізу, що проводить сайт <https://www.alexa.com/>, сайт <https://phet.colorado.edu/> посідає 2230 місце серед усіх сайтів світу (у тому числі і комерційних), що є високою характеристикою для освітнього сайту шкільного призначення. На цей сайт посилаються більше ніж 33 тис. інших інтернет-ресурсів.

Ці дані збігаються з показниками аналізу сайту за відповідними характеристиками, які наводить сайт <https://rankw.ru/>. А за показниками надійності, конфіденційності і дитячої безпеки сайт має 96 балів із можливих 100.

З доступних в Інтернеті ресурсів для навчання природничо-математичним наукам сайт інтерактивних симуляцій <https://phet.colorado.edu/> за наведеними критеріями можна оцінити як високо надійний і рекомендований для використання в навчальній діяльності (рис. 2.13).

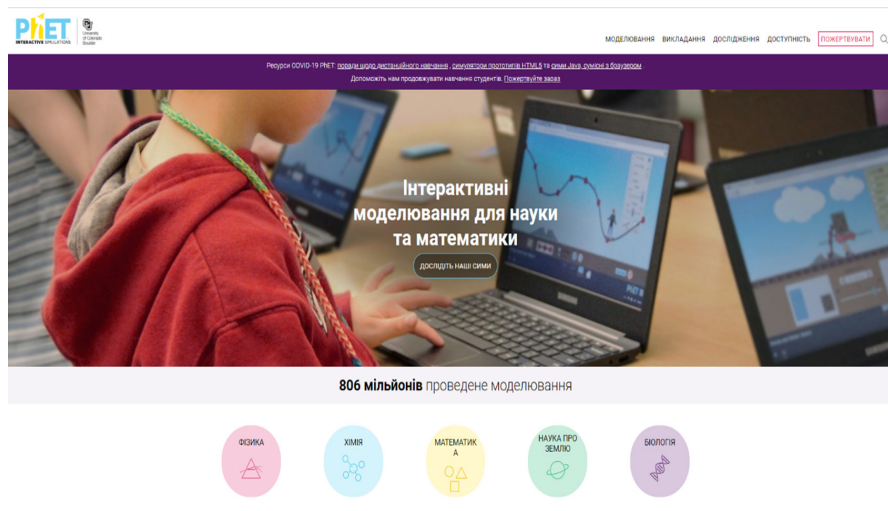


Рис. 2.13. Домашня сторінка сайту phet.colorado.edu

РОЗДІЛ III

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ Н ВИКОРИСТОВУВАТИ ВІРТУАЛЬНИЙ ЕКСПЕРИМЕН АВЧАННЯ УЧНІВ ЗЗСО

3.1. ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СКМОД У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ

Під особливостями використання СКМОД будемо розуміти ознаки, властивості, риси, що характеризують різні аспекти використання СКМОД в освітньому процесі.

Організація навчального процесу. Використанням СКМОД може здійснюватися як в рамках формального (школа), так і неформального навчання (позашкільні навчальні заклади, гуртки, тематичні секції), а наявність мережі Інтернет дає можливість повсюдного доступу до СКМОД у режимах онлайн і офлайн. Технологічні характеристики СКМОД дозволяють її використання в початковій, середній і старшій ланках загальної середньої освіти.

Наявні нині СКМОД охоплюють такі навчальні предмети, як: фізика, хімія, біологія, математика.

Доцільність використання СКМОД визначається вчителем і може бути включена для унаочнення нового навчального матеріалу, проведення лабораторних і практичних робіт, а також для вирішення дослідницьких, творчих і проблемних завдань.

Принципи організації роботи з учнями:

- залучати учнів до збирання даних, моделювати і спільно використовувати в навчальному процесі;
- підтримувати розвиток компетентностей в учнів;
- залучати учнів до використання СКМОД, щоб допомогти їм глибше зрозуміти основи науки [23].

Особливості навчання учнів. Позитивні аспекти:

- покращуються навички аналізу та прийняття рішень;
- підвищується рівень цифрової комунікації (Інтернет, мобільної, хмароорієнтованої та ін.);

- розвивається пильність;
- підвищується рівень навчальних досягнень із математики, письма та читання;
- здійснюється навчання через гру;
- вирішуються окремі проблеми навчання у процесі використання комп'ютерних моделей, зокрема в процесі вирішення проблемних завдань;
- збільшується тривалість уваги;
- навчання технологій здійснюється природним шляхом;
- розвиваються навички стратегічного мислення і планування.

Негативні аспекти:

- не сприяють розвитку соціальних навичок та взаємодії з іншими;
- питання безпеки під час використання учнями мережі Інтернет залишається актуальним;
- можуть виникнути проблеми з оцінювання навчальних досягнень учнів [23].

Організація групової та індивідуальної роботи. Коли завдання має виконувати група учнів, завжди виникає питання розподілу обов'язків, що не сприяє позитивному клімату навчання. Тому під час використання СКМод учні мають колективно узгоджувати висновки і приймати рішення, але завдання (за бажанням) можуть виконувати індивідуально.

Так, наприклад, у СКМод EcoMUVE протягом двох тижнів учні вивчають властивості та особливості води ставка, щоб зрозуміти, чому в ньому гине риба (<http://ecolearn.gse.harvard.edu/ecomuve/overview.php>) (рис. 3.1).

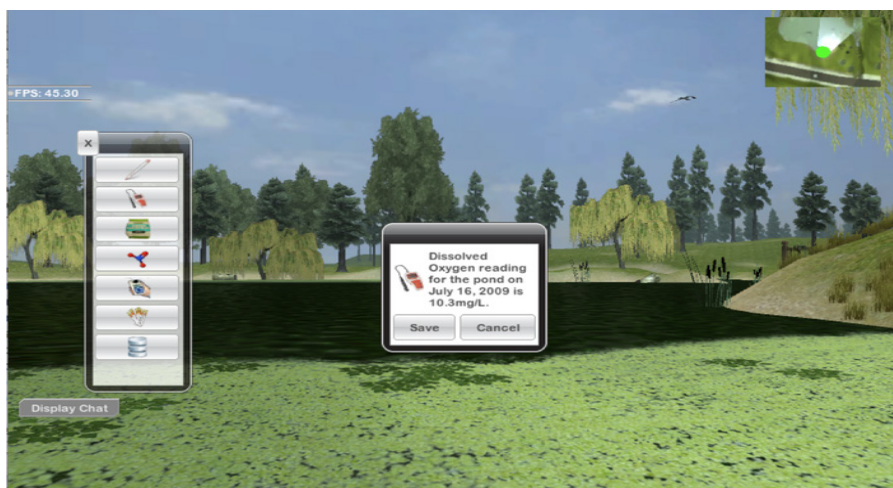


Рис. 3.1. Фрагмент збереження учнями даних щодо насичення озера киснем

Учні починають із того, що вивчають підводний світ ставка, вимірюють температуру води, здійснюють аналіз погодних умов, перевіряють каламутність (ясність води), періодично визначають рівні рН, працюють, щоб зрозуміти вплив основних компонентів екосистеми на стан води в ставку і пов'язаних із цими явищами причинно-наслідкові зв'язки.

Доречно в такій роботі спроектувати як індивідуальну роботу, так і колективні обговорення.

Підтримку активної групової роботи можна здійснювати за допомогою миттєвих повідомлень (чату), що дає додаткові можливості учням для спілкування і обговорення окремих аспектів дослідження, з'ясування проблем, пошуку варіантів їх розв'язання. Дієвим буде залучення науковців до роботи учнів, які в онлайн-режимі можуть надавати консультації з тих чи інших питань дослідження.

Мотивація учнів. Важливою особливістю використання СКМод під час формального і неформального навчання є мотивація учнів. У контексті формальної освіти учень може бути як вмотивованим так і ні, а в рамках неформальної освіти учень вмотивований власними інтересами (National Research Council, 2009). Використання СКМод покращує мотивацію та інтерес учнів до вивчення предметів шкільного курсу, формує і розвиває когнітивні здатності щодо оперування абстрактними термінами і категоріями; підвищує рівень розуміння процесів живої природи і взаємозв'язків у ній [287].

Формування предметних компетентностей. Загалом СКМод дають можливість підвищити інтерес до навчання і компетентності тих учнів, які вважають предмети природничо-математичного циклу нецікавими.

Дослідження зарубіжних колег засвідчили, що навчальний контент, що формується на наукових теоріях і підтримується СКМод може позитивно вплинути на формування предметних компетентностей учнів [287, с.20]. Тому важливим залишається розроблення системи завдань, за допомогою якої можна було б формувати **індивідуальну траєкторію розвитку учнів**, їхніх ключових та предметних компетентностей, зокрема з природничо-математичних предметів. Особливої уваги потребує розроблення етапів і відбір змісту завдань для роботи учнів із СКМод (рис. 3.2.).

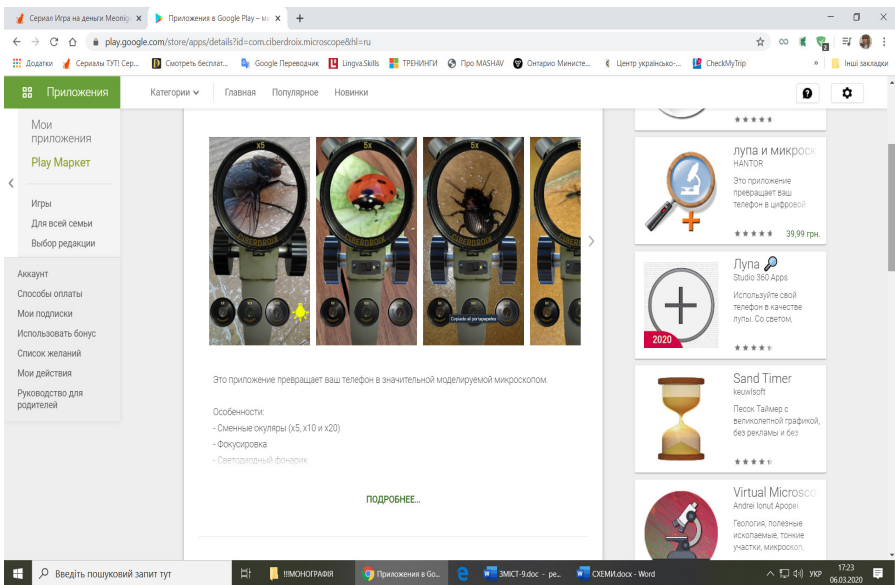


Рис. 3.2. Фрагменти використання мобільного мікроскопу

Забезпечення вчителів і учнів додатковими навчальними матеріалами (інструкціями, роздатковими матеріалами, робочими зошитами, планами роботи) знімає низку запитань які можуть виникнути під час роботи з СКМод.

Ще одним важливим аспектом залишається оцінювання навчальних досягнень учнів, які використовують СКМод, оскільки може статися так, що учні з високим рівнем абстрактного мислення можуть втратити інтерес до навчання.

Для таких учнів учитель має створювати додаткові навчальні ситуації, зокрема, пошук додаткових даних, визначення додаткових властивостей об'єкта тощо.

Підтримка зв'язків із розробниками СКМод. Виробниками в шкільних класах було апробовано велику кількість різних типів комп'ютерних моделей та лише деякі з них набули широкого впровадження (рис. 3.3.).

Наприклад СКМод «Taiga Park», яка відрізнялася цікавою ідеєю та наближеними до реального життя завданнями, використовувалася під час навчання учнів початкових класів в урочний та позаурочний час протягом 2009-2013 рр. [93].



Рис. 3.3. Фрагмент СКМод «Mystery of Taiga River»

Автори СКМод моніторили використання та ефективність комп'ютерних моделей для навчання. Нині в початкових школах використовують її оновлену версію «Mystery of Taiga River».

Ця СКМод заснована на ігровому контенті, де журналістами-дослідниками стають учні, які вивчають і застосовують наукові підходи (розробляють етапи дослідження, визначають індикатори якості води, евтрофікацію і т.д.) для вирішення проблем, пов'язаних із відновленням паркової зони з участю лісорубів, рибалок, фермерів та ін. (https://gamesandimpact.org/taiga_river/).

Ретельний відбір СКМод обумовлений реальними причинами, пов'язаними з тим, що учні знаходять можливість «обійти» алгоритми програми. Наприклад, у СКМод «River City», учитель помітив, що учні багато разів використали пастку для москітів. З'ясувалося, що, на думку учнів, таким чином можна зменшити популяцію москітів і заблокувати хворобу. Ця хибна гіпотеза учнів дала поштовх для удосконалення ігрової моделі.

Формування інноваційного навчального середовища. Як зазначалося вище, використання СКМод має бути логічно вбудованим в освітній процес (рис. 3.4.). Вчитель може самостійно підбирати комп'ютерні моделі і проєктувати завдання для учнів. Для організації групової роботи учнів можна використати сервіси Office 365 (OneNote, Class OneNote), за допомогою яких можна сформувати інноваційне навчальне середовище, у якому буде передбачено: теоретичний матеріал, опитувальники і відібрані до конкретних уроків комп'ютерні моделі [113; 118].

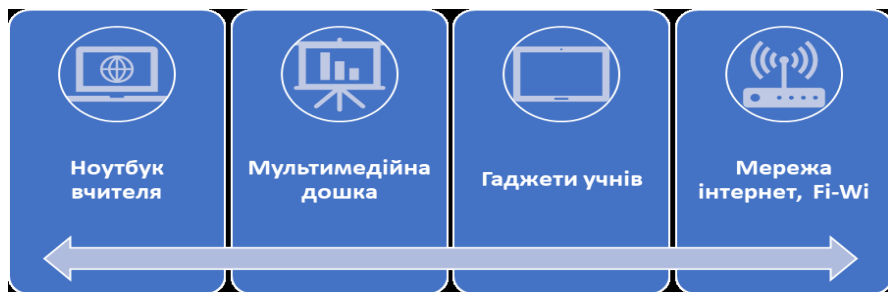


Рис. 3.4. Складники цифрового середовища ЗЗСО

Впровадження СКМод в освітній процес закладів освіти. Використання СКМод для поліпшення якості навчання може бути реалізовано шляхом поступових еволюційних змін, а не різких змін у підходах до навчання. Важливими залишаються професійний потенціал вчителів, матеріально-технічна база закладів освіти та фінансування для широкомасштабного впровадження новітніх технологій.

Зазначимо, що СКМод мають доповнювати, унаочнювати навчальний матеріал, відповідати цілям навчання, бути доречними і забезпечувати прогнозований ефект.

Інтеграція технологій у школі має вирішальне значення для перетворення сучасної освіти. Використання інформаційно-комунікаційних технологій для показу і демонстрації не приведуть до значного поліпшення навчання природничо-математичних предметів [254, с. 65]. Замість цього можна інтегрувати СКМод в освітній процес для забезпечення більш глибокого розуміння природних процесів та явищ, проектування дослідницької та пізнавальної діяльності, а саме: здійснювати координацію діяльності учнів, надавати консультації щодо реалізації складних ідей і побудови гіпотез; надавати допомогу в доборі контенту; спонукати до пошуку рішення та поглиблювати свої знання в предметній сфері, зазначає [9, с. 67].

3.2. ЕРГОНОМІЧНІ ВИМОГИ ДО ВИКОРИСТАННЯ ЕОР В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ ЗЗСО

Питання ефективності, безпеки та комфорту здобувачів освіти та суб'єктів освітньої діяльності входять до проблематики ергономічної науки, предметом якої є взаємодія людини, засобів діяльності та середовища (у широкому розумінні — інформаційного, організаційного, природного, предметного, соціального) в процесі діяльності [68]. Проте їх сутність змінилась із переходом людства до інформаційної ери, оскільки засоби діяльності (інформація) стали одночасно і засобами, і середовищем, і частиною людини (в певному сенсі), що обумовлює розроблення нових принципів ергономічного проектування

навчального робочого місця [234] з урахуванням усієї множини можливих діючих факторів розумового навантаження [294]. Якщо для матеріальних об'єктів ергономіка має необхідні критерії та засоби захисту, то для інформаційного середовища відповідні рішення не існують на часі, а питання безпеки потребують нових наукових і практичних рішень [233].

Таким чином, існує протиріччя — ефективність та безпека здобувачів освіти і суб'єктів освітньої діяльності в інформаційному середовищі потребують відповідних рішень, а пропоновані ергономікою рішення є дієвими лише для матеріального середовища; нові загрози для людини, що породжуються інформаційним середовищем, потребують нових засобів їх уникнення, а чинне нормативно-законодавче забезпечення діяльності суб'єктів не розроблене в достатній мірі; практика вимагає точного та надійного прогнозу працездатності (насамперед, розумової) та розвитку когнітивних можливостей суб'єктів із метою управління ефективністю ергатичної системи, а існуючі підходи вибору показників та методів прогнозування не забезпечують необхідну точність.

Аналіз стану розвитку ергономічної науки засвідчує, що дотепер в ній склалися такі основні напрями: фізична, організаційна та когнітивна ергономіка [261].

«Фізична» ергономіка вивчає питання, пов'язані з анатомічними, антропометричними, фізіологічними та біомеханічними характеристиками суб'єкта, які мають відношення до фізичної праці. Найбільш актуальні проблеми цього напрямку включають: робочу позу, обробку матеріалів, рухи, що повторюються, розлади опорно-рухового апарату, компоновку робочого місця, надійність, здоров'я.

«Когнітивна» ергономіка зв'язана з такими психічними процесами, як, наприклад, сприйняття, пам'ять, прийняття рішень, оскільки вони мають вплив на взаємодію між людиною та іншими елементами системи. Відповідні проблеми включають: розумову працю, прийняття рішень, кваліфікацію, взаємодію суб'єкта освітньої діяльності та комп'ютера, підготовку та безперервне навчання.

«Організаційна» ергономіка розглядає питання, пов'язані з оптимізацією соціотехнічних систем, включаючи їхні організаційні структури та процеси управління. Проблеми включають: системи зв'язку між індивідуумами, управління груповими ресурсами, розроблення проєктів, кооперацію, кооперативну роботу та управління.

Зважаючи на загальновизнану (умовну) класифікацію видів праці як фізичну та розумову, можна виокремити такі відповідні рівні ергономічних задач: для фізичної праці — нано-, мікро-, міді- та макро-; для розумової праці — індивідуальний, груповий та суспільний.

Можна зробити висновок, що проблеми діяльності учасника освітнього процесу, як форми розумової діяльності, належить до усіх трьох напрямів ергономічної науки. При цьому учасник освітнього процесу в цифровому середовищі набуває фактично рис оператора-дослідника, для якого є характерними: використання апарату понятійного мислення і досвіду, закладеного в образно-концептуальних моделях. Органи керування грають для нього меншу роль, ніж в інших видах операторської праці, а вага інформаційних моделей, навпроти, істотно збільшується. Основний режим діяльності — творче мислення. Для аналізу та синтезу діяльності такого типу, можуть бути застосовані принципи, критерії та моделі, як і до типу оператор-спостерігач [101].

Ергономічні основи ІКТ когнітивної діяльності (КД) суб'єктів освітньої діяльності можна визначити таким чином:

- понятійно-категоріальний апарат КД здобувачів освіти;
- закономірності системної організації психофізіологічного забезпечення когнітивної діяльності;
- індивідуальні та групові психофізіологічні властивості учня, що впливають на когнітивний розвиток;
- вплив внутрішніх і зовнішніх факторів на ефективність КД;
- організація процесу діагностики та використання її результатів з метою управління КД здобувачів освіти;
- удосконалення тестування когнітивних здібностей та оптимізація поточної КД здобувача освіти;
- побудова моделей КД;
- проектування та експлуатація ІКТ оцінювання КД здобувачів освіти.

Ураховуючи, що ергономіка вивчає суб'єкта, технічні засоби діяльності та середовище в їх взаємодії (тобто діяльності), а в цифровому просторі відбувається співпадіння інформаційного середовища та інструментів діяльності [232], то в інформаційному суспільстві постають нові питання для ергономіки:

- Які мають бути засоби захисту суб'єкта?
- Від чого вони мають захищати?
- Як можемо захистити людину від інформації, якщо вона є одночасно: засобом, інструментом, умовою діяльності, метою, частиною людини?

Відповідно до нових проблем ергономіки в цифровому світі пропонуємо новий напрям ергономічної науки визначити як «інформаційну» ергономіку, оскільки відповідні завдання не можуть бути зведені до завдань когнітивної та організаційної, тим більше фізичної ергономіки. **Актуальні проблеми інформаційної ергономіки** можуть бути сформульовані таким чином:

- оцінка небезпеки інформації для життя і діяльності суб'єкта;
- забезпечення ефективності обробки інформації;
- можливість захисту від неї або пом'якшення її негативного впливу;

- розвиток культури інформаційної безпеки;
- вирішення питань гармонізації можливостей людини та інформаційного середовища.

Серед тріади цілей ергономіки — ефективність, безпека, комфорт — особливе місце займає безпека, яка в цифровому середовищі співпадає з проблемою кібербезпеки, але у більш широкому розумінні (колі завдань), ніж це, визначається відповідним законодавством України. Насамперед, відмінність полягає у доцільності вважати:

суб'єкта — активним складником системи кібербезпеки;

інтелектуальний капітал — критичним елементом економіки (як це більше визнається на світовому рівні).

Основні ергономічні вимоги, розроблені до електронних освітніх ресурсів (рис. 3.5):



Рис. 3.5. Відповідність ергономічним властивостям електронних освітніх ресурсів

— продуктивність, легкість і простота використання, гнучкість (можливість змінювати, додавати, розширювати), здатність до взаємодії, цілісність [236] — доцільно розширити відповідністю вимогам до ергономічних властивостей — керованість, обслуговуваність, освоюваність, життєздатність (у цифровому середовищі), життєстійкість. Останню властивість — життєстійкість (англ. — *resilience*) — пропонується включити до складу загально визначених ергономічних властивостей, зважаючи на новий сенс відновлюваності/гнучкості в інформаційному середовищі як по відношенню до системи «людина-техніка-середовище» (СЛТС), так і по відношенню до людини.

Будь-які вимоги мають сенс, якщо вони виконуються, а їх виконання може бути поміряне та оцінене. Але як оцінити «ергономічність» (ергономічну якість) дизайну СЛТС для цифрової діяльності людини в eWorld?

З цією метою пропонується методика, яка використовує:

- вимірювані окремі показники та оцінки за результатами анкетування;
- окремі показники, об'єднані в групові показники;
- групові показники, об'єднані в комплексні («ергономічні властивості») з урахуванням вагових коефіцієнтів;
- обчислення інтегральної «ергономічності», що нормалізується за шкалою [0,1].

Ергономічність — інтегральна властивість електронних освітніх ресурсів, що виявляється в пристосуванні СЛТС до освоєння, керування, обслуговування та використання суб'єктами освітньої діяльності та здобувачами освіти. Рівень, ступінь виразності ергономічних властивостей оцінюють кількісними показниками, які отримали назву *ергономічних*.

Ергономічні властивості СЛТС навчального призначення визначимо таким чином:

- опановуваність — закладені в засобі навчання та експлуатаційної документації можливості якнайшвидшого його освоєння (придбання необхідних знань, умінь і навичок управління та обслуговування);
- обслуговуваність — відповідність конструкції засобу навчання (або окремих його елементів) оптимальній психофізіологічній структурі та процесу діяльності з його експлуатації, обслуговування та ремонту (відновлення функцій);
- керованість — відповідність заданим вимогам до засобу навчання та якості діяльності з управління людиною оптимальними, точними, швидкісними й надійними параметрами засобу;

-
- життєздатність — відповідність умов функціонування засобу навчання біологічно оптимальним параметрам робочого середовища, що забезпечує людині нормальний розвиток, здоров'я та високу працездатність;
 - життєстійкість (у системах управління) — когнітивна стійкість до кіберзагрози, відновлюваність функціонування усіх елементів та системи в цілому після припинення дії руйнівного фактору.

Прикладом групових показників можуть слугувати: соціально-психологічні, психологічні, фізіологічні, психофізіологічні, антропометричні, гігієнічні.

Прикладом окремих показників, що входять до останнього групового показника, можуть бути: освітленість, можливість вентиляції, температура, вологість, тиск, напруженість магнітного та електричного полів, запиленість, радіація, токсичність, шум, вібрація.

Для оцінювання ергономічних показників якості засобу навчання використовуються оцінні шкали, мета яких — зафіксувати зв'язок і установити залежність між базовими значеннями показників (чи нормованими ергономічними вимогами) і значеннями їхніх оцінок. Тим самим оцінні шкали дозволяють здійснити перехід від фіксації значень показників до їх оцінки.

Типова оцінна шкала включає три групи ранжируваних характеристик:

- послідовність базових значень показників (чи нормованих ергономічних вимог), які фіксуються у натуральній кількісній формі (лк, м, м/сек тощо) або у вигляді якісних описів і експертних оцінок;
- послідовність значень оцінок цих показників (чи ергономічних вимог), які фіксуються у балах чи ціннісних характеристиках («добре — погано»);
- змістовні трактування результатів оцінювання.

Інтегральна оцінка (ергономічність електронного навчального засобу) обчислюється як сума зважених комплексних показників і має таку інтерпретацію (Табл. 3.1.).

Розроблений науково-методичний апарат є в значній мірі розвитком та розширенням доробку інших авторів у напрямі збільшення уваги до людської ланки системи «людина — технічні засоби — середовище».

Таблиця 3.1.

**Шкала ергономічності за значеннями
інтегрального показника**

№ п/п	Бальна оцінка значення показника	Стан ергономічних властивостей об'єкту оцінки	Характеристика значень по- казників об'єкту оцінювання
1	0,8 (відмінно)	Оптимальний	Відповідає базовим значен- ням чи перевищує їх.
2	0,5 — 0,8 (добре)	Припустимий	Близькі до базових значень.
3	0,2 — 0,5 (задовіль- но)	Умовно припустимий	Далекі від базових, тимчасо- во допускається функціону- вання з умовою модифікації об'єкта оцінки.
4	0 — 0,2	Неприпустимий	Практично не забезпечують життєдіяльності та працез- датності людини, експлуата- ція об'єкта не рекомендуєть- ся.

Проблеми діяльності суб'єктів навчання і суб'єктів освітньої діяльно-
сті відносяться до усіх напрямів ергономічної науки, теоретичний і прак-
тичний апарат якої може бути застосований для сфери освіти.

Розроблений науково-методичний апарат є розвитком методичного
забезпечення ергономіки для сфери освіти в цифрову еру.

3.3. КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ЗАСІБ АКТИВІЗАЦІЇ ПІЗНАВАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ УЧНІВ

Наразі комп'ютерне моделювання використовується у різних галузях
нашого життя: у медицині (створення моделей фізіологічних систем та
процесів в організмі людини), у будівництві (для моделювання будівель,
деталей літаків, елементів нафтогазового обладнання), економіці, у всіх
видах дизайну, соціології, моделюванні техніки тощо. В епоху розвитку
комп'ютерних технологій та їхнього запровадження у всі сфери нашого
життя, освіта не має бути осторонь. Сучасні погляди в освіті вимагають
підготовки фахівців нового рівня, які здатні: до інноваційної діяльності
під час навчального процесу, самоосвіти, професійного розвитку. Адже,

як бачимо, традиційні методи навчання не завжди дають бажані результати, тому сьогодні навчанням прийомів роботи з комп'ютерними моделями приділяється значна увага.

М. О. М'ястковська пропонує на лабораторних заняттях розв'язати типові задачі комп'ютерного моделювання, зокрема, моделювання фізичних явищ та процесів за допомогою електронних таблиць MS Excel [136].

Впровадження комп'ютерного моделювання у процес навчання фізики, з одного боку, дає можливість сформувати знання, що складають основу фізичних, пов'язаних із новими інформаційними і виробничими технологіями; з іншого боку — сприяє розкриттю значного потенціалу фізики, математики, інформатики та інших фундаментальних дисциплін щодо ставлення наукового світогляду учнів, розвитку їх аналітичного і творчого мислення, свідомого ставлення до навколишнього світу. Комп'ютерне моделювання відіграє важливу роль у формуванні пізнавальної функції, різнобічному і ґрунтовному вивченні предметної галузі, формуванні знань, необхідних для пояснення причинно-наслідкових зв'язків досліджуваних процесів і явищ, пізнання законів реальної дійсності [72].

А. С. Кюршунов зазначає, що одним з найефективніших видів інформації, що дають найбільший ефект, є навчальні комп'ютерні моделі (НKM). За допомогою НКМ можна візуалізувати навчальний матеріал, а також складні для сприйняття об'єкти та їх властивості, особливо ті, які проблематично замінити матеріальними. А ще автор зазначає, що «...однією з найголовніших позитивних властивостей інтерактивних НКМ є можливість представити модель у тривимірному просторі, зробити імітацію та моделювання об'єктів і процесів у режимі реального часу, а також досліджувати їх із будь-якого ракурсу та активно взаємодіяти з ними» [100].

В. Ф. Заболотний акцентує увагу на мультимедійних засобах, що роблять освітній процес ще цікавішим та ефективнішим, «...традиційне навчання не вичерпало себе, проте, якщо в нього привнести ще й елементи мультимедіа, то воно стане ще ефективнішим та цікавішим...» [76].

Особливістю вивчення фізики в школі є навчальний фізичний експеримент (НФЕ). Його можна використовувати під час пояснення нового матеріалу та закріплення вивченого матеріалу, на лабораторних заняттях. Під час систематичного проведення НФЕ на уроках фізики зростає пізнавальний інтерес в учнів не лише до експерименту, а й до фізики, як науки, виникають експериментаторські навички. Проте не всі явища та процеси можна продемонструвати за допомогою натурного експерименту, наприклад, ті, які можуть нанести шкоду здоров'ю учнів чи потребують коштовного обладнання. Тому в цій ситуації доцільно ви-

користувати віртуальний експеримент, який базується на комп'ютерному моделюванні.

Під моделюванням фізичних процесів розуміють метод «дослідження на лабораторних моделях складних фізичних процесів або різноманітних споруд, машин і конструкцій, які важко або неможливо розрахувати теоретично чи вивчити в реальний спосіб» [83].

Комп'ютерне моделювання — метод розв'язування задачі, аналізу або синтезу складної системи, що ґрунтується на використанні її комп'ютерної моделі. Сутність комп'ютерного моделювання полягає у пошуку кількісних і якісних результатів із залученням наявної моделі [88].

Розроблення комп'ютерних моделей є досить складним процесом, який вимагає сформованості вмінь та навичок виконувати досить складні розумові операції: аналізувати, абстрагувати, порівнювати, виокремлювати головне, класифікувати, узагальнювати. Крім того, процес комп'ютерного моделювання сприяє активізації розумової діяльності і подальшому інтелектуальному розвитку. Використання комп'ютерного моделювання на уроках фізики стимулює науково-пізнавальну та навчально-пізнавальну діяльність учнів.

Моделювання в освітньому процесі з фізики має ту специфічну особливість, що воно водночас є навчальним змістом, методом наукового пізнання й ефективним засобом її вивчення [83].

Комп'ютерні моделі є ефективним засобом пізнавальної діяльності учнів, що відкриває перед учителем фізики широкі можливості з удосконалення освітнього процесу та легкого використання на будь-якому етапі уроку. Такі моделі доцільно використовувати на уроках фізики під час вивчення властивостей ідеального газу, електричного поля, електронного газу тощо, або для моделювання класичних дослідів із фізики (досліди Йоффе-Міллікена, Перрена, Кулона); моделювання явищ, які не можна відтворити засобами, наявними у шкільному фізкабінеті (ядерний магнітний резонанс, критична маса речовини); принцип дії машин, приладів і установок (водяний насос, шлюз, парова машина і турбіна, коливальний контур, електровакуумні та напівпровідникові прилади, плазмотрон, ядерний реактор тощо).

Розглянемо детальніше механізм комп'ютерного моделювання при розв'язуванні фізичних завдань. Процес комп'ютерного моделювання будь-якої фізичної задачі являє собою замкнений цикл, що передбачає:

- постановку та якісний аналіз задачі на основі конкретного фізичного явища;
- побудова моделі й перевірка її відповідності фізичним законам і закономірностям;

-
- побудова алгоритму створення моделі та написання програмного коду;
 - проведення віртуального експерименту;
 - інтерпретація розв'язку та дослідження достовірності отриманого результату.
 - Отже, щоб побудувати модель конкретного фізичного явища чи процесу, варто визначитися із завданням, яке необхідно розв'язати, визначити початкові параметри системи та вихідні змінні, виокремити статичні й динамічні величини, розв'язати задачу за допомогою математичної моделі, надати значення змінним, та побудувати комп'ютерну модель задачі.

Великої популярності сьогодні набувають динамічні або інтерактивні комп'ютерні моделі. Зокрема, у математиці для побудови динамічних моделей просторових геометричних фігур використовують систему GeoGebra, що працює на великій кількості операційних систем і перекладена на багато мов. Отримати основні відомості про систему GeoGebra можна на сайті <http://www.geogebra.org/>. Ця система є багатофункціональною. Її можна використовувати для геометричного моделювання у двовимірній евклідовій геометрії, створювати різні геометричні елементи, починаючи з точок і прямих і закінчуючи складними кривими й об'ємними фігурами, проводити різні динамічні перетворення (відображення, обертання, переміщення). Значною перевагою цієї системи є те, що при переміщенні зберігаються відстані та зв'язки між геометричними об'єктами і їх цілісність. GeoGebra дає можливість анімувати геометричні об'єкти майже без програмування, а віртуальні моделі в GeoGebra представляють собою інтерактивні схеми. Кожна модель даної системи — це динамічний образ геометричного зображення, що інтерпретує те чи інше поняття. Існує можливість змінювати деякі параметри схем та спостерігати за зміною інших.

На сьогодні існує безліч середовищ для створення або демонстрації вже готових моделей фізичних процесів чи явищ. Одне з таких середовищ <https://phet.colorado.edu> ми вже пропонували використовувати для виконання домашніх експериментальних завдань [175]. Проте, комп'ютерні моделі з даного сайту можна використовувати на будь-якому етапі уроку. Як приклад, розглянемо тему «Електричний заряд. Електричне поле», яка згідно з чинною Навчальною програмою з фізики для основної школи [197] вивчається у 8 класі. Основні поняття і терміни, якими мають оволодіти учні наприкінці вивчення теми: електричний заряд, електризація, два роди електричних зарядів, електричне поле, силові лінії електричного поля тощо. Як засвідчує практика, найскладні-

шими для розуміння є «електричне поле» та «силові лінії електричного поля». Саме на цьому етапі доречно використати комп'ютерну модель взаємодії двох різноіменних електричних зарядів. На рис. 3.6. показано загальний вигляд комп'ютерної моделі. Червона кулька — позитивний заряд, синя — негативний (заряди однакової величини), жовті — сенсори, які вимірюють сили взаємодії двох зарядів. Комп'ютерна модель є повністю інтерактивною, тобто учень самостійно може змінювати відстань між зарядженими частинками, спостерігати напрям силових ліній електричного поля та зміну сили взаємодії частинок.

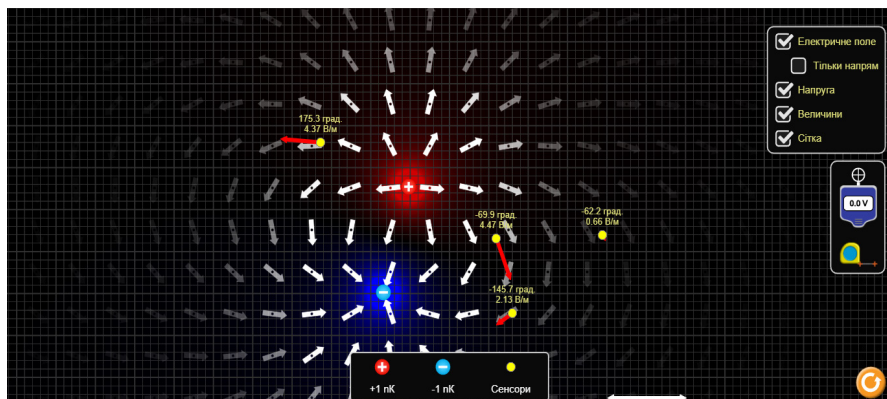


Рис. 3.6. Заряди і поля

Досвід засвідчив, що після використання таких симуляцій в учнів зростає пізнавальний інтерес не лише до експериментальних досліджень, а й до предмету загалом. Використовувати ці моделі можна не лише для демонстрації електричних явищ, а й особливо корисно у молекулярній фізиці, де варто продемонструвати взаємодію атомів, молекул, станів речовини та інших явищ, які в навколишньому середовищі неможливо спостерігати.

Безсумнівно, комп'ютерному моделюванню на уроках фізики має відводитись важливе місце, адже, їх використання дає можливість суттєво підвищити пізнавальний інтерес до навчального предмету, покращити результативність навчальної експериментальної діяльності розвивати творчі здібності, максимально наблизити процес навчання до життя, розвивати образне уявлення, посилювати міжпредметні зв'язки, зокрема, з інформатикою. Спостерігаючи процес перебігу фізичних явищ на екрані комп'ютера, в учнів формуються фундаментальні знання про явища природи та фізичні процеси. Такі засоби варто використовувати не лише на уроках фізики, а й під час самостійної, групової, домашньої роботи з інших природничо-математичних дисциплін.

3.4. ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ МОДЕЛЕЙ ПІД ЧАС ІНДИВІДУАЛЬНОЇ РОБОТИ УЧНІВ

Сучасний стан розвитку освіти в країні вимагає пошуку пріоритетних напрямів вдосконалення системи навчання, яке було б спрямоване на особистість здобувача освіти, на його інтереси та забезпечувало б інтелектуальні, світоглядні і духовно-культурні потреби. Сьогодні сучасне суспільство висуває свої вимоги щодо формування компетентної особистості, яка зможе досить швидко прилаштуватися в сучасному економічному, науковому та культурному середовищі. Тому шкільна освіта має створити сприятливі умови для виявлення та розвитку творчих здібностей учнів, задоволення їхніх інтересів і потреб, розвитку навчально-пізнавальної активності та критичного мислення.

У Законі України «Про освіту» зазначено, що: «... метою повної загальної середньої освіти є всебічний розвиток, виховання і соціалізація особистості, яка здатна до життя в суспільстві та цивілізованій взаємодії з природою, має прагнення до самовдосконалення і навчання впродовж життя, готова до свідомого життєвого вибору та самореалізації, відповідальності, трудової діяльності та громадянської активності...» [77], а реалізувати досягнення цієї мети можна, формуючи ключові компетентності, серед яких математична; інформаційно-комунікаційна; компетентності у галузі природничих наук, техніки і технологій. Тому перед освітянами стоїть не просте завдання: створити таке освітнє середовище, яке відповідало б сучасним вимогам суспільства.

На сучасному етапі запровадження інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) із використанням комп'ютерних мереж і онлайн-ових засобів, вчитель має можливість подавати інформацію на сучасному рівні, задовольняючи індивідуальні запити кожного учня. Ефективність такого навчання залежить від вмілої організації педагогом освітнього процесу як на заняттях, так і в позаурочний час. Зазначимо, що це вимагає від вчителя глибоких знань учнівського складу в аудиторії та їх особистісних характеристик, вчитель має знайти індивідуальний підхід до кожного учня. Разом із тим рівень навчальних досягнень залежить від того, як кожний учень зможе організувати власну самостійну діяльність, опановуючи необхідну інформацію.

Відкриття в галузі ІКТ та їх запровадження в освітню галузь змушують переглядати питання організації інформаційного забезпечення освітнього процесу у закладах освіти. Водночас можна виокремити кілька варіантів використання інформаційних технологій у процесі навчання (на прикладі фізики): прямий і зворотний зв'язок між користувачами ІКТ; архівне зберігання великих обсягів інформації з можливостями їх

передачі; можливість проведення віртуального експерименту; обробка та аналіз результатів експерименту та висновків, що з них випливають; автоматичне реферування і анотування матеріалів; можливість оцінки і контролю рівня опанування відповідною навчальною інформацією і коригування рівня навчальних досягнень [16].

Аналіз дисертаційних робіт із теорії та методики навчання фізики та науково-педагогічної літератури свідчить про те, що застосування інформаційних технологій у навчальному процесі розглядалось зарубіжними та вітчизняними науковцями різнопланово. М. І. Жалдак, Ю. О. Жук, С. В. Величко у своїх працях досліджують проблему підвищення ефективності застосування інформаційно-комунікаційних технологій у навчальному процесі; О. Ю. Буров, Т. М. Зубченко, Ю. М. Науменко розглядають *ІКТ для дослідження динаміки когнітивних можливостей учнів під дією зовнішніх та внутрішніх факторів*; С. Г. Литвинова, Р. М. Горбатюк, розглядають можливості використання комп'ютерного моделювання явищ та процесів у навчанні природничо-математичних дисциплін; Ю. О. Жук, В. Ф. Заболотний, О. І. Іваницький, О. П. Пінчук, О. М. Соколюк описують організацію навчальної діяльності у комп'ютерно орієнтованому навчальному середовищі та проєктування інформаційного освітнього середовища, Т.О. Фадєєва досліджує використання імітаційного моделювання в освітньому процесі; Е. Л. Носенко, М. А. Салюк обґрунтували підхід щодо форсування когнітивних структур мислення засобами комп'ютерних технологій; Є. В. Прокопенко описав підвищення інтересу учнів до навчання на засадах використання ігрового моделювання; О. О. Гриб'юк досліджує використання систем комп'ютерної математики GeoGebra з метою активізації дослідницької діяльності учнів; М. О. Мясковська пропонує використовувати Phet-симуляції для виконання домашніх завдань з молекулярної фізики та посилення міждисциплінарних зв'язків; В. Ю. Биков та колектив авторів у посібнику [2] охарактеризували теоретико-методологічні засади цифрової гуманістичної педагогіки відкритої освіти — науки про закономірності створення позитивної інтегрованої педагогічної реальності за умови конвергенції фізичного та віртуального (створеного за допомогою ІКТ) навчальних просторів (середовищ), визначено особливості застосування комп'ютерних технологій для творчого розвитку особистості. На сьогодні інформаційні комп'ютерні технології (ІКТ) використовуються практично в усіх сферах людської діяльності, зокрема і в освітній галузі. О. П. Пінчук та О. М. Соколюк розглядають ігрові адаптивні моделі, системи моніторингу стану (що відстежують емоційний стан учнів) (гейміфікацію) як засоби заохочення та мотивування учнів до навчально-пізнавальної

діяльності, превентивне управління результатом (системи прогнозування досягнень) [153].

Як зауважує у монографії В. Ю. Биков [15], інформатизація системи освіти безпосередньо пов'язана з широким впровадженням і ефективним застосуванням в освіті ІКТ, що базуються на методах і засобах інформатики. Ці методи і засоби утворюють у системі освіти гнучке і адаптивне інтегроване організаційно-функціональне та інформаційно-технологічне комп'ютерно орієнтоване середовище, яке розвивається й активно впливає на формування в системі освіти найбільш сприятливих умов досягнення її зовнішніх і внутрішніх цілей.

Саме таке освітнє середовище, на сьогоднішній день, дає можливість максимально реалізувати умови для формування ключових компетентностей учнів із природничо-математичних дисциплін, а саме з фізики. Незаперечним фактом є те, що під час вивчення фізики велике значення має навчальний експеримент, орієнтований на те, щоб учні застосовували на практиці різноманітні методи фізичної науки, опановували елементи проведення науково-дослідної роботи, співвідносили результати практичної (експериментальної) діяльності з теорією, використовували на практиці міждисциплінарні зв'язки тощо. Незамінним засобом для реалізації фізичного експерименту в закладі загальної середньої освіти (ЗЗСО) є комп'ютерні моделі. Як зазначає Т. С. Совкова, використання ІКТ в фізичному експерименті у перспективі дозволить: формувати вміння одержувати інформацію з різних джерел, обробляти і зберігати її; формувати навички дослідницької діяльності за допомогою моделювання роботи наукової лабораторії; надати тим, хто навчається, можливість управління реальними об'єктами (наприклад, навчальними роботами, що імітують промислові пристрої або механізми); надати здобувачам освіти можливість управління інформаційними моделями різних об'єктів, явищ, процесів; створити середовище для дослідницької роботи учнів з закладів освіти, різних регіонів і країн [183].

До того ж застосування комп'ютерних технологій навчання має на меті:

- формування умінь учнів працювати з інформацією, розвиток комунікативних здібностей;
- підготовку особистості до діяльності в інформаційному суспільстві;
- збільшення обсягу навчального матеріалу для творчого засвоєння й використання його учнями;
- формування дослідницьких умінь, умінь приймати оптимальні рішення тощо [5].

Як свідчать дослідження, надзвичайно ефективним та перспективним методом формування необхідних компетенцій у здобувачів освіти є комп'ютерні симуляції, які максимально відтворюють реальну діяльність.

У процесі фрагментарного використання комп'ютерного моделювання на занятті їх можна застосовувати під час актуалізації необхідних знань та умінь учням пропонувати перегляд симуляції для пояснення вивчених раніше явищ та законів; надання нового матеріалу вчителів супроводжує свою розповідь відповідними симуляціями для більш ефективного розуміння; узагальнення та систематизації знань дані симуляції дозволяють здійснити оцінювання знань та умінь, отриманих на занятті. [67]

Динамічні комп'ютерні моделі можна застосовувати на різних етапах уроку: під час перевірки домашнього завдання, під час пояснення нового та закріплення вивченого матеріалу, як домашнє завдання, але, на нашу думку, найбільш доцільно їх використовувати під час індивідуальної роботи.

Під індивідуальною роботою ми розуміємо самостійну діяльність учнів, спрямовану на самовиховання та розкриття індивідуальності учня.

На сьогоднішній день, актуальною постає проблема активізації самостійної роботи з предметів природничо-математичного циклу. Удосконалення способів самостійної роботи полягає в підвищенні якості знань учнів, розвитку вміння самостійно здобувати і поглиблювати власні знання, у пошуку раціональних шляхів вирішення поставленої задачі. Будь-яка навчальна діяльність учня неможлива без його пізнавальної активності та внутрішньої мотивації [66].

Комп'ютерні моделі дозволяють активізувати діяльність, мотивувати та отримувати в динаміці наочні запам'ятовувальні ілюстрації фізичних експериментів та явищ, відтворити їхні тонкі деталі, які можуть «вислизати» при спостереженні реальних експериментів [75].

Зазначимо деякі особливості використання цих моделей в освітньому процесі залежності від способу їх використання.

Перший. При використанні на *лекційному занятті* (під час пояснення нового матеріалу) роздільна здатність екрана має бути не менша, ніж 1024x768, щоб симуляція заповнила екран і її краще було видно; у приміщенні має бути відповідне затемнення для уникнення «бліків», а як наслідок не сприйняття інформації учнями. Оскільки симуляція подається у вигляді анімаційної картинки, то вчитель має можливість керувати процесом, зупиняючи і запускаючи перехід процесу за допомогою відповідних клавіш; наприклад, невидимі фізичні величини та їх напрямки (якщо такі є) можна зробити видимими, існує можливість повторення анімації стільки разів скільки цього

вимагатиме аудиторія для повного розуміння інформації. Можна запропонувати учням зробити певні припущення щодо очікуваного результату, обговорити їх в групах, а потім порівняти із результатом, одержаним на комп'ютерній моделі. Завершується така подача матеріалу колективним обговоренням.

Другий. Використання комп'ютерних симуляцій на *лабораторних заняттях* дає можливість виконувати досліди, які неможливі з реальним обладнанням. Крім того, такі дослідження можна виконувати вдома як повноцінну лабораторну роботу або підготовку до виконання дослідження на реальному обладнанні в класі.

Третій. *Групова форма* організації навчання досить часто застосовується учителями на уроках природничо-математичного циклу. Така форма організації можлива, якщо в учнів є персональний комп'ютер або заняття проводиться в комп'ютерному класі. Тоді, об'єднуючись у групи, кожен із них має можливість самостійно керувати комп'ютерною моделлю під наглядом вчителя, але без безпосереднього його втручання, виконуючи завдання, обговорюючи процеси, які спостерігають на екрані.

Четвертий. Використання комп'ютерних симуляцій у вигляді *індивідуальних завдань* може розглядатися у декількох аспектах: як засіб для закріплення вивченого матеріалу з використанням моделювань у класі; перед вивченням нового матеріалу в класі; для дослідницької діяльності та для самостійної роботи в позаурочний час.

Розглянемо можливості використання Phet-симуляцій на уроках фізики в старшій школі.

Згідно з Навчальною програмою з фізики для 33СО [196] вивчення фізики у 10 класі за рівнем стандарту розпочинається з «Механіки». Учні мають засвоїти матеріал із таких тем: «Механічний рух. Основна задача механіки та способи опису руху тіла», «Рівномірний і нерівномірний прямолінійний рух. Відносність руху. Закон додавання швидкостей», «Прискорення. Рівноприскорений рух», «Графіки залежності кінематичних величин від часу для рівномірного і рівноприскореного прямолінійного руху» тощо. Як засвідчує практика, остання тема викликає немало труднощів, тому доцільно використати комп'ютерні моделі не лише на уроці, а й для самостійного домашнього опрацювання. Використаємо вже відомий нам сайт <https://phet.colorado.edu>, де в розділі «Симуляції-Фізика» оберемо комп'ютерну симуляцію «Чоловік, що рухається» (рис. 3.7.) «Дія сили в одному напрямку» (рис. 3.8.).

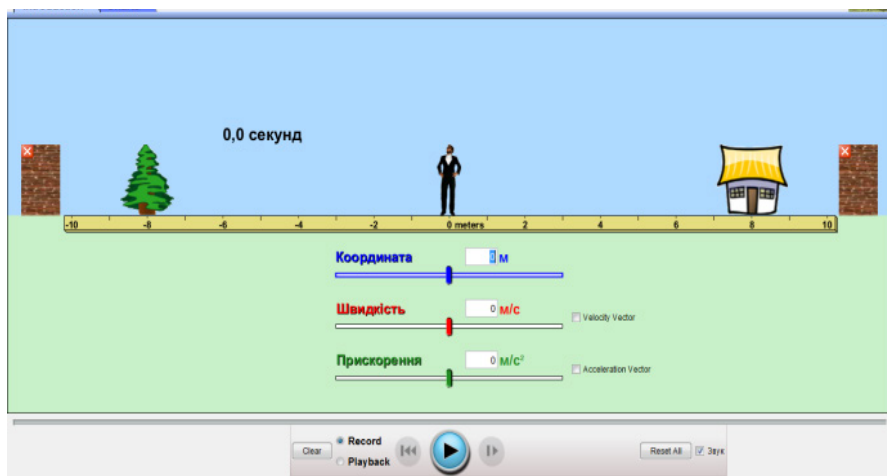


Рис. 3.7. «Чоловік, що рухається»

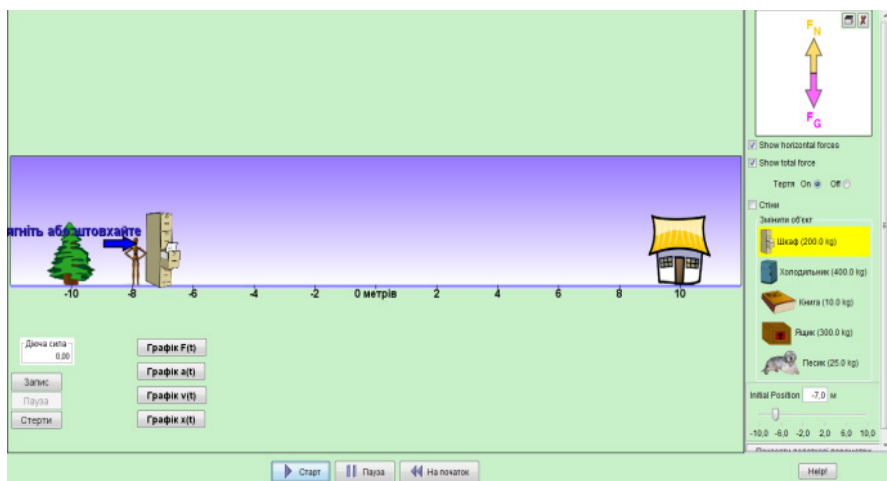


Рис. 3.8. «Дія сили в одному напрямку»

Ці комп'ютерні моделі можна використовувати як в режимі онлайн, так і завантаживши на персональний комп'ютер. Вимоги до програмного забезпечення: Microsoft Windows XP/Vista/7/8.1/10 остання версія Java; Linux остання версія Java.

Симуляції розроблені таким чином, щоб учні могли прослідкувати причинно-наслідкові зв'язки фізичних явищ і процесів.

Наведемо приклади завдань для індивідуальної роботи учнів на закріплення вивченого матеріалу (можна виконувати як на уроці так і як домашнє завдання). Пропонуємо розділити ці завдання на три рівні

від найлегших на побудову графіків залежності та вміння самостійно формулювати завдання на знання формул та вміння виражати величини (рівень I) до найскладніших (рівень III). Розглянемо приклад бланку із завданням.

Відкрийте, будь ласка, комп'ютерну симуляцію «Moving Man» <http://phet.colorado.edu> та виконайте наступні завдання:

Рівень I.

1. Початкова координата руху чоловіка дорівнює 0. Через який час він переміститься на 5 м в сторону будинку, якщо швидкість 3 м/с.
2. Повторіть дослідження, але чоловік має рухатися в сторону дерева. Який параметр зміниться і як саме?
3. Що при цьому відбувається з прискоренням? Чому?

Рівень II.

1. Нехай початкова координата положення чоловіка дорівнює 0, прискорення дорівнює 2 м/с^2 . Визначте час, за який чоловік подолає відстань 8 м та модуль швидкості.
2. Визначте кінцеву швидкість чоловіка, якщо при початковій швидкості 1 м/с він подолав відстань 9 м за 10 с.
3. Чоловік рухався зі швидкістю 1 м/с , починає розганятися і, рухаючись із прискоренням $0,4 \text{ м/с}^2$ досягнув швидкості $2,9 \text{ м/с}$. Яким є переміщення чоловіка?

Рівень III.

1. Побудуйте графік залежності $x(t)$, де x - координата, t — час.
2. Складіть задачі за даними, наведеними на рис.3.9-3.10 та розв'яжіть.

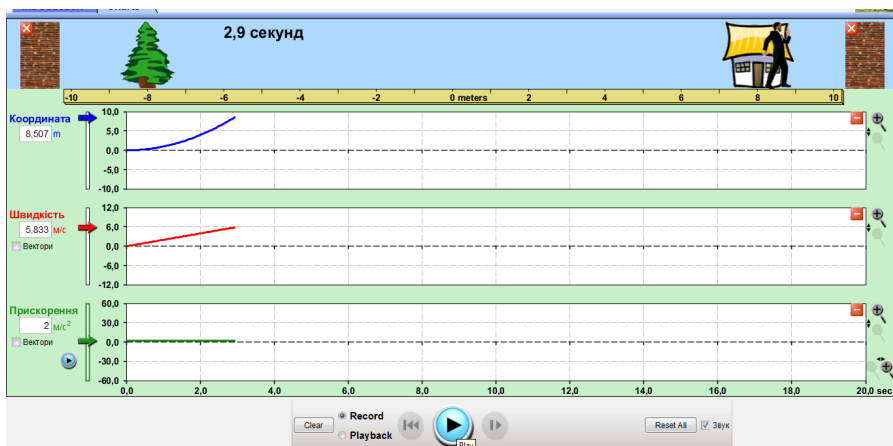


Рис. 3.9. Складіть задачу та розв'яжіть її

Звіт щодо виконання завдань учні надсилають вчителю, заповнивши відповідну Google Форму, посилання на яку отримують разом із завданнями [176].

Дослідження проводилось в 10-х класах, всього взяли участь у експерименті 45 учнів, які були розподілені на контрольну (10-А — 23 учні) та експериментальну (10-Б — 22 учні) групи.

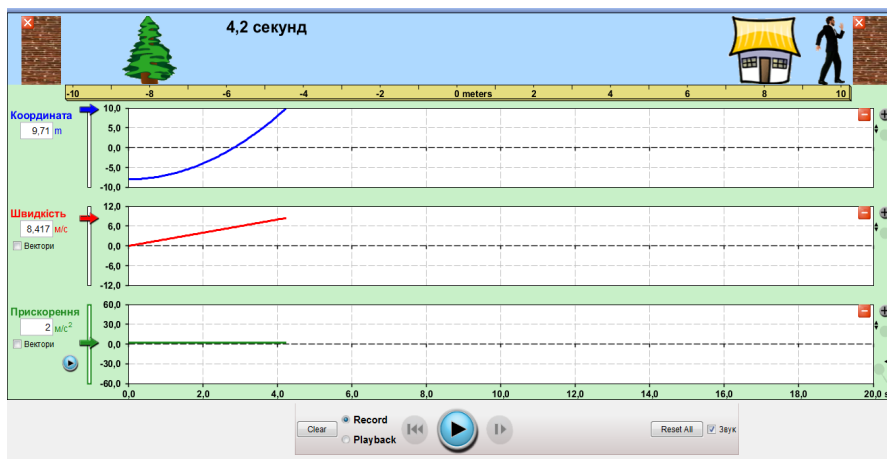


Рис. 3.10. Складіть задачу за даними, наведеними на рисунку та розв'яжіть її

У контрольній групі комп'ютерні моделі використовувались лише в аудиторії під час пояснення нового матеріалу, а в експериментальній комп'ютерними моделями підсилювали практичні, лабораторні заняття та систематично учні виконували індивідуальні завдання на базі комп'ютерних симуляцій з сайту Phet (зразок наведено вище). До та після експерименту було проведено контрольний зріз знань учнів в обох групах та виявлено, що кількість учнів, які досягли високого рівня збільшилася на 5 %, а середнього — на 4 % (за рахунок зниження кількості учнів з початковим рівнем знань). (рис. 3.11-3.12). Особливість такого підходу полягає в тому, що після виконання індивідуальних завдань, учні колективно обговорюють проблеми, які виникли по ходу виконання завдань та пропонують шляхи їх вирішення. Вчитель виступає в ролі координатора, вносить корективи за необхідності. Після чого було проведено порівняльний аналіз успішності на паралелі. В експериментальній групі кількість учнів, які покращили власний рівень навчальних досягнень значно збільшилася в порівнянні з контрольною групою.

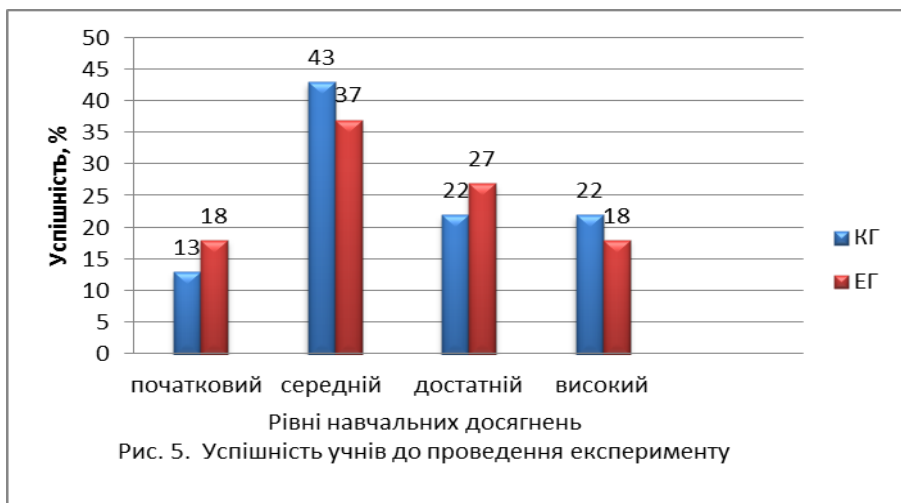


Рис. 3.11. Результати контрольних зрізів знань учнів до експерименту

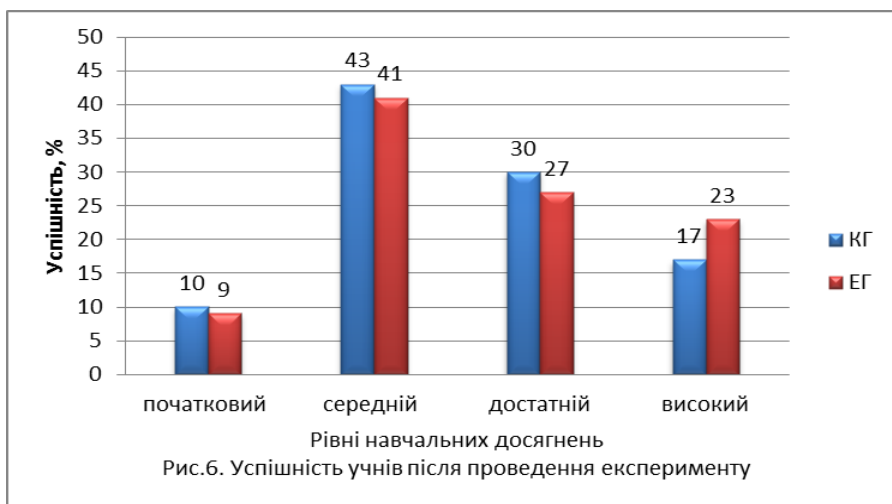


Рис. 3.12. Результати контрольних зрізів знань учнів після експерименту

Проте, за будь-яких умов використання комп'ютерних моделей на уроках фізики вчитель має дотримуватися таких принципів: використання моделі доречно, якщо реальний експеримент неможливий або як доповнювальний до реального; під час використання комп'ютер-

ної моделі перед учнями необхідно ставити чіткі, логічні, послідовні завдання, щоб робота з моделлю не перетворилася на гру; модель має допомагати учням встановлювати графічні залежності між фізичними параметрами [134].

Згідно з рекомендаціями розробників моделей занадто багато інструкцій та конкретних вказівок теж не сприяють проведенню учнями наукових навчальних досліджень. Замість цього, учні будуть обмежувати власне експериментування з комп'ютерними моделями, а виконувати лише те, що зазначено в інструкціях. Тому завдання варто формулювати таким чином, щоб учні спочатку формулювали гіпотезу, а вже потім перевіряли її на комп'ютерній моделі.

Використання комп'ютерного моделювання на уроках природничо-математичних дисциплін стимулює навчальну та науково-пізнавальну діяльність учнів активізує творчу діяльність та позитивно впливає на успішність, про що свідчить експеримент і розширює межі розуміння фізичних явищ та процесів, що відбуваються в навколишньому середовищі; дають можливість учням на вищому рівні зрозуміти природні явища, поняття, формули. Комп'ютерні моделі забезпечують високий ступінь наочності і, що дуже важливо, учні мають змогу самостійно втручатися в перебіг експерименту, змінювати умови його проведення. Це сприяє розвитку мотивації, зацікавленості та бажання експериментувати, проводити самостійні дослідження в галузі природничих наук. Комп'ютерне моделювання є важливою складовою освітнього процесу. Використання засобів інформаційних технологій має беззаперечно позитивний вплив на процес навчання лише в тому випадку, коли буде дотримуватися баланс між реальним та віртуальним. Не можна переобтяжувати будь-який вид навчальної діяльності — урок, самостійну, домашню чи групову роботу комп'ютерними технологіями. Проте, коли реальний експеримент неможливий (наприклад, відсутнє обладнання), то віртуальний експеримент з використанням комп'ютерного моделювання є незамінним. Крім того, у вчителя розширюються можливості для успішної організації самостійної індивідуальної роботи з фізики. Зокрема, позитивний вплив на розвиток пізнавальних здібностей учнів має система індивідуальних завдань на базі комп'ютерних моделей.

Про зростання рівня зацікавленості предметом свідчить позитивна динаміка успішності учнів, які у власній індивідуальній роботі використовували комп'ютерні моделі.

3.5. КОМП'ЮТЕРНІ МОДЕЛІ У ДОСЛІДНИЦЬКІЙ ДІЯЛЬНОСТІ УЧНІВ ІЗ ФІЗИКИ

В умовах освітньої реформи Міністерство освіти і науки України акцентує увагу спільноти на поверненні пріоритетності освіти в суспільстві, осучаснення освітнього середовища, щоб в результаті отримати всебічно розвинену, активну, самостійну, здатну приймати рішення, з розвиненими творчими здібностями ерудовану особистість, з якої виросте дипломований спеціаліст у тій чи іншій галузі. Молодь дуже легко оволодіває сучасними інформаційними технологіями та гаджетами, проте, все більше уваги потребує від вчителів, оскільки її необхідно навчити критично мислити та самостійно ефективно здобувати знання. Наука і технології не стоять на місці і перед молоддю відкриваються неосяжні обсяги нової інформації, яку необхідно навчитися критично оцінювати та фільтрувати. Проаналізувавши результати ЗНО з фізики та кількість абітурієнтів, що вступають до вишів на спеціальність «Фізика», бачимо, що інтерес учнів до вивчення даної дисципліни з кожним роком знижується. На нашу думку, причинами цього є: втрата інтересу учнів до природничо-математичних дисциплін, відсутність наочності, невикористання вчителями сучасних засобів навчання, подання матеріалу зводиться до викладу «сухої» теорії. Тому, сьогодні перед кожним вчителем постає завдання: як навчання в школі перетворити на цікавий захоплюючий процес?

Фізика є фундаментальною наукою, яка розкриває основні положення перебігу природних явищ, закладає базу для сприйняття і розуміння природничо-наукової картини світу. «Головною метою вивчення фізики в основній школі є розвиток особистості учнів засобами фізики, як навчального предмета, з урахуванням їхніх інтересів і здібностей, освітніх потреб і намірів щодо вибору подальшого життєвого шляху. Досягнення цієї мети відбувається завдяки формуванню в них предметної компетентності на основі фізичних знань, наукового світогляду та відповідного стилю мислення, розвитку експериментальних умінь і дослідницьких навичок, творчих здібностей і схильності до креативного мислення в умовах навчального середовища, орієнтованого на вибір відповідного профілю навчання, майбутньої професії» [138].

В основі сучасної концепції фізичної освіти лежать принципи диференціації, гуманізації та гуманітаризації, *діяльнісного підходу*, що сприяє стимулюванню пошуків активних форм і методів навчання, які будуть спонукати учнів до активних дій, сприятимуть розвитку комунікативних навичок. Перед вчителем стоїть завдання зруйнувати стереотип того, що фізика — це найскладніший предмет для вивчення і довести,

що фізика — це просто, легко і цікаво, крім того вона розвиває логічне мислення, творчі здібності. Вирішення цієї проблеми ми пропонуємо у розвитку пізнавальної діяльності за допомогою засобів комп'ютерного моделювання.

Будь-яка навчальна діяльність учнів, а особливо з фізики, неможлива без пізнавальної активності та внутрішньої мотивації [66, С. 56-61]. Як стверджує А. В. Усова, однією з умов прояву в учнів пізнавальної активності є стимулювання і мотивація до такої діяльності та формування умінь самостійно набувати і поглиблювати здобуті знання. Адже, щоб знання набули практичної ваги і значення, варто навчитися застосовувати їх на практиці, наприклад, при виконанні лабораторних досліджень, розв'язуванні теоретичних та експериментальних фізичних завдань [194]. Як засвідчує досвід, реалізувати вищезазначені умови можна за допомогою комп'ютерних моделей або симуляцій. Під час проведення досліджень реальних об'єктів, явищ, процесів дуже часто необхідно отримати оптимальні розв'язки задач, що розглядаються, а це не завжди можливо в реальних умовах. Тому дуже важливо для старшокласників володіти певними навичками комп'ютерного моделювання (КМод). На сьогоднішній день, КМод є дієвим засобом для наукового пізнання та організації дослідницької діяльності і вимагає знань із інформатики, математики, фізики, астрономії та інших фундаментальних дисциплін та сприяє формуванню наукового світогляду і єдиного підходу до вивчення сукупності явищ навколишнього світу. Як зазначає Ю. В. Єчкало, метою навчання КМод фізичних процесів і явищ у старшій школі є розвиток інтелектуальних здібностей учнів і поглиблення знань з фізики та інформатики, що передбачає формування інтелектуально розвиненої особистості. Тому основними завданнями навчання КМод в курсі фізики є загальний розвиток і становлення світогляду учнів, оволодіння моделюванням як методом пізнання, вироблення і розвиток навичок КМ, сприяння професійній орієнтації учнів, реалізація міжпредметних зв'язків, формування навичок проєктної діяльності [71, С.13-14].

У результаті проведеного психолого-педагогічного аналізу проблеми впровадження в шкільний курс методу моделювання фізичних процесів та явищ, ми дійшли до висновку, що даний напрям дослідження є досить актуальним та сучасним і користується популярністю серед науковців і вчителів. Виконуючи комп'ютерне моделювання у фізиці, з одного боку, учні мають можливість поглянути на фізичні процеси на мікрорівні; з іншого боку, це сприяє розвитку творчого мислення школярів, оскільки процес моделювання передбачає розв'язання нетипових задач, які активізують пізнавальну активність, як результат, дослідницьку діяльність.

Важко не погодитися з думкою В. Г. Розумовського про те, що «з введенням комп'ютерів у освітній процес зростають можливості багатьох методів наукового пізнання, особливо методу моделювання, який дозволяє різко підвищити інтенсивність навчання. Адже, при моделюванні виокремлюється сама сутність явищ і стає ясною їх спільність, тобто відбувається розвиток науково-теоретичного мислення. Однак захоплення використанням готових моделей погрожує передчасним розривом зв'язку вивчуваного явища з дійсністю. Це трапляється нерідко, коли учням пропонують працювати з готовими моделями, не розкриваючи процес їх створення. Оскільки об'єктами вивчення, як і раніше, повинні залишатися реальні явища, то підміна їх абстрактними поняттями й символами при недостатній базі спостережень і досвіду нерідко веде до згубного формалізму, коли за удаваними знаннями відсутня їх сутність» [161, С. 12-16.].

С. Г. Литвинова пропонує онлайнві тренажери, симулятори, інтерактивні моделі, віртуальні лабораторії та хмарні обчислення, за допомогою яких вчитель може розробляти дослідницькі завдання об'єднати в єдину систему комп'ютерного моделювання (СКМод) і зазначає, що відкритий доступ до цих засобів дає можливість учням здійснювати навчально-дослідницьку діяльність й вирішувати поставлену проблему як в урочний, так і в позаурочний час під час самостійної або групової роботи [107, С. 83-89], [109].

Серед безлічі СКМод в Інтернет-просторі Н. П. Дементієвська пропонує обирати сервіси, які відповідають таким основним критеріям [63, С.139-141]: моделі мають бути інтерактивними (можливість зміни параметрів); максимально наближені до реальних умов; обов'язкова наявність інструментів для вимірювання фізичних параметрів; дотримання міжпредметної інтеграції; можливість диференціації завдань. Доступність СКМод в онлайн-режимі дозволяє здійснювати методичний супровід занять; можливість спостерігати за діяльністю учнів у процесі віртуального експерименту; здійснювати автоматичне оцінювання дослідницької діяльності. Jim Caroun, для запобігання інформаційним ризикам глобальної мережі Інтернет, пропонує перевіряти надійність джерел та достовірність інформації за такими критеріями: *точність ідентифікації* (наявність інформації про авторів); *авторитетність* (офіційний домен сайту); *об'єктивність* (відсутність реклами); *оновлення* (регулярність оновлення сайту: як зазначено на сторінці, або визначено за спеціальним сервісом) [260].

Проаналізувавши стан успішності учнів 7-9 класів із фізики в одній із столичних шкіл та поспілкувавшись з учителями щодо методів та засобів навчання, ми дійшли висновку, що урок проходить у вигляді подачі

«сухого» матеріалу, інколи з використанням демонстраційного натурального експерименту.

Додатково було проведено анонімне анкетування, де одним із питань було: «Чи використовуєте Ви комп'ютерні моделі на будь-якому етапі уроку? Якщо так, то які саме?». Більшість вчителів (73 %) відповіли, що не використовують із різних причин (немає відповідного технічного обладнання, не знають, де знаходити матеріал, 4 % — взагалі незнайомі з комп'ютерними моделями (вікова категорія переважно 60-70 років)), 18 % — використовують, але не часто, лише 9 % — комп'ютерні моделі застосовують дуже часто не лише на уроках, а й для організації самостійної дослідницької діяльності. У ході експерименту було проаналізовано оцінки за наступний семестр і було визначено, що відсоток учнів, які здобули знання на високому та достатньому рівні, зріс.

Проте, комп'ютерне моделювання в шкільному курсі фізики вимагає великого об'єму знань учнів з інших дисциплін та часових затрат на виконання другорядних операцій. Тому варто використовувати вже готові моделі у вигляді комп'ютерних симуляцій, де учні самостійно змінюючи параметри досліджуваних об'єктів, можуть розв'язувати пізнавальні задачі прикладного змісту, одержувати результати, аналізувати їх та робити висновки. Найкращим засобом для реалізації такого підходу, на нашу думку, є комп'ютерні моделі. Це дуже гнучкі інструменти, які можуть бути використані на будь-якому етапі уроку, для індивідуальної самостійної роботи вдома чи в класі, розв'язування задач, виконання лабораторних робіт.

На рис. 3.13. зображено скріншот практичного завдання пізнавального характеру з теми «Заломлення світла на межі поділу двох середовищ» <https://phet.colorado.edu> (Фізика. 9 клас).

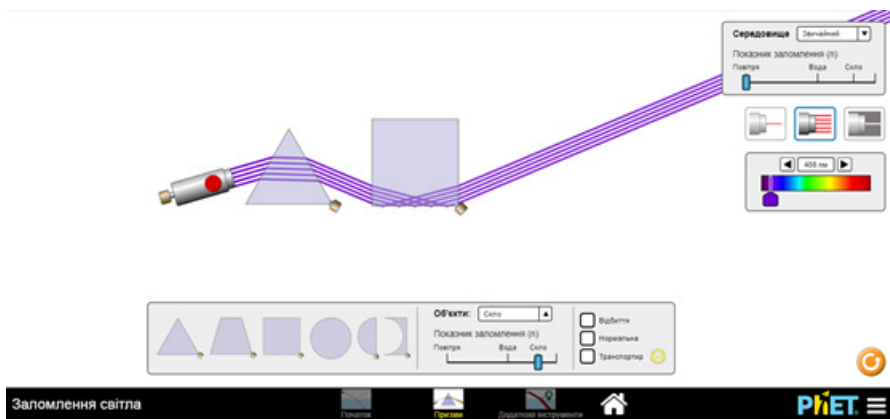


Рис. 3.13. Дослідження заломлення світла

До даної симуляції можна сформулювати безліч пізнавальних завдань. Розглянемо приклади.

Перше. Дослідити заломлення світлового променя (пучка): а) в однорідному середовищі (повітря, вода, скло); б) на межі поділу двох середовищ (повітря-вода, вода-повітря, повітря-скло, вода-скло і т.д.); в) повторити пункт а і б з променем іншого кольору (синій, фіолетовий, жовтий і т.д.). Сформулювати висновки.

Друге. Виміряти інтенсивність світлового променя за допомогою приладу, розміщеного в нижньому лівому кутку. Наступним етапом роботи із симуляцією є дослідження заломлення світла, що проходить через призми різних форм та розмірів. Поясніть, як світло заломлюється на межі розділу двох середовищ і, що визначає кут. Опишіть, як швидкість і довжина хвилі світла змінюються в різних середовищах. Опишіть, як залежить зміна довжини хвилі від кута заломлення (рис. 3.14.). Поясніть, як призма створює веселку.

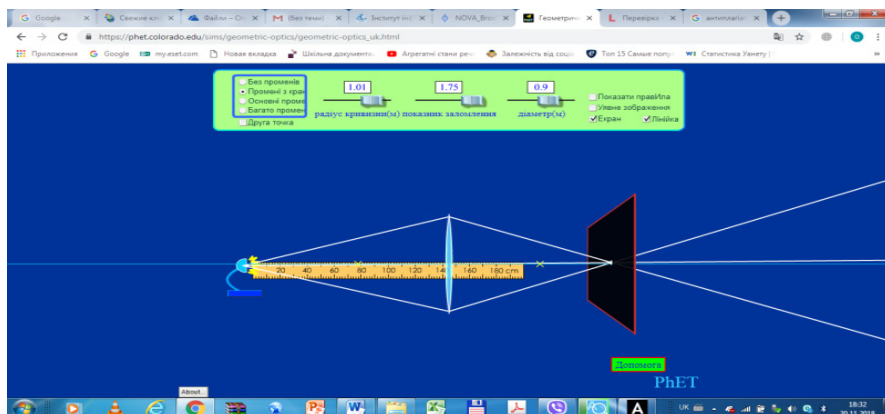


Рис. 3.14. Побудова зображення у збиральній лінзі

Відомо, що геометрична оптика один із найскладніших розділів шкільного курсу фізики, побудова зображень в лінзах викликає труднощі особливо в учнів, які мають проблеми з геометрією. Тому ми вважаємо, що під час вивчення даної теми необхідно використовувати комп'ютерні моделі Phet, адже, тут учень самостійно може змінювати місце розташування джерела світла, лінзи, екрану, змінювати діаметр лінзи, радіус кривизни, показник заломлення та наочно може спостерігати як змінюватиметься зображення на екрані. За допомогою рухомих інструментів (лінійки) можна вимірювати відстань між предметом та лінзою, лінзою та екраном і, як результат, визначати фокусну відстань та оптичну силу.

Перевагою комп'ютерних моделей Phet є те, що вони легко копіюються на носій і учні можуть працювати з ними вдома, виконувати домашні самостійні індивідуальні завдання.

Домашній експеримент учнів, як невід'ємна складова частина системи фізичного експерименту, має характерні риси:

- він має бути органічним продовженням та доповненням виконуваних лабораторних робіт;
- враховувати диференційований підхід до навчання фізики;
- передбачати використання знань на практиці та в умовах, наближених до повсякденного життя; передбачати довгострокове виконання серії завдань, кожне наступне з яких є розвитком попереднього і базується на ньому;
- дослідження складної практичної проблеми через вивчення окремих складових із наступним їх поєднанням;
- розроблення, створення і виготовлення діючих макетів та установок (якщо можна), де передбачені різні види завдань та діяльності.

Тому не можемо не погодитися з І. О. Теплицьким, що комп'ютерне моделювання при будь-якому виді діяльності (на уроці, під час самостійної роботи і т.д.) є досить ефективним засобом, що сприяє розвитку творчих здібностей учнів, їх пізнавальної активності, дозволяє поглиблювати міжпредметну інтеграцію, формувати культуру ведення дослідницької роботи з використанням комп'ютера і є реальною основою фундаменталізації освіти та підвищення практичної значущості шкільного курсу інформатики. Систематична й цілеспрямована діяльність із комп'ютерного моделювання сприяє формуванню стійкого пізнавального інтересу до дослідницької діяльності у навчанні, забезпечує високий рівень особистих творчих досягнень школярів (участь в олімпіадах, конференціях, конкурсах МАН) [188].

Отже, зазначимо, розвиваючи систему навчального фізичного експерименту засобами комп'ютерного моделювання, варто більше уваги надавати самостійному виконанню експериментальних завдань у домашніх умовах із використанням Інтернет-ресурсів, а також необхідно осучаснювати зміст, форми та методи домашнього фізичного експерименту засобами Інтернет, зокрема, із застосуванням комп'ютерних моделей Phet, що сприятиме розвитку дослідницької діяльності учнів. Крім того, використання комп'ютерних моделей в освітньому процесі чи не єдиний метод мотивації учнів до вивчення дисциплін природничо-математичного циклу.

3.6. ВИКОРИСТАННЯ СКМОД GEOGEBRA У ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ МАТЕМАТИКИ

У процесі розв'язування математичних задач в учнів виховується особливий математичний стиль мислення, алгоримічна культура, інтелектуальні здібності, посилення інтересу до навчання, що привчає їх до охайності та характеризується збереженням формально-логічної схеми міркувань (побудова імплікацій у процесі доведення з використанням правил виведення, виваженого та методично вмотивованого використання схеми «аналіз-побудова-доведення-дослідження» в процесі розв'язування геометричних задач на побудову та ін.), лаконічним висловленням думок із застосуванням математичної символіки та їх точністю, чітким структуруванням ходу мислення. За допомогою математичних задач учні знайомляться з роллю математики в інших науках, однак не потрібно забувати про роль природничих наук під час навчання математики.

Важливу роль у процесі навчання учнів відіграє моделювання із залученням різних математичних об'єктів: числових формул, числових таблиць, відповідних формул, функцій, алгебраїчних і диференціальних рівнянь та їх систем, нерівностей, систем нерівностей, рядів, геометричних фігур, графів, діаграм Венна, різноманітних графосхем та ін. Математичне моделювання використовується в процесі розв'язування різноманітних ситуаційних (текстових, сюжетних) задач [48]. Зачасту розв'язуванню задачі допомагає її предметна модель, наприклад, об'ємна просторова фігура, модель із використанням або зображенням об'єктів і предметів, що задано в умові задачі. Рівняння, що складено за умовою задачі є її алгебраїчною моделлю. Схематичне зображення фігури згідно умови геометричної задачі із зазначеними на ній даними та шуканими величинами є геометричною моделлю задачі.

У процесі навчання математики вчитель має можливість організовувати фронтальне розв'язування задач із використанням СКМод GeoGebra.

СКМод GeoGebra — вільнопоширюване і мультиплатформенне програмне забезпечення з математики для всіх рівнів освіти. СКМод GeoGebra постійно оновлюється та вдосконалюється. Нещодавно з'явився новий інструмент, режим іспиту GeoGebra, що сприяє проведенню іспитів, не маючи доступу до Інтернету, GeoGebraTube або іншого програмного забезпечення, встановленого на комп'ютері. Під час роботи учнів із даним модулем усі дії документуються в журналі іспиту. Graphing Calculator Released (графічний калькулятор) GeoGebra використовується для телефонів і планшетів Android та для iPhone і Windows та сприяє роботі в розділах алгебри та побудови графічних об'єктів, має доступ до GeoGebraTube. Напрацювання співтовариства GeoGebra має великі об-

сяги матеріалів для навчання математики та інших дисциплін, що складає більш ніж 300000 вільних та інтерактивних робочих листів і книг. Для зручної співпраці між учнями та вчителями було створено GeoGebra групи (Collaboration for Everyone), у яких є можливість опрацьовувати тексти, зображення, відео, PDFs і робочі листи. У СКМод GeoGebra розроблено модуль, за допомоги якого можна задавати домашні завдання для учнів та прослідковувати їх роботу, оскільки зберігаються оцінки, дати, тривалість і побудова кожної із спроб виконання. Учні можуть зберігати поточний стан виконаного завдання щоб повернутись до нього пізніше.

У середовищі СКМод GeoGebra учні мають змогу аналізувати завдання, будувати моделі, динамізувати їх для уникнення когнітивного навантаження [51] через прокручування та видозмінювання загального вигляду відповідних об'єктів дослідження із забезпеченням зворотного зв'язку, виконувати інші маніпуляції з використанням відповідних аплетів, динамічних листів та іншого функціоналу (рис. 3.15).

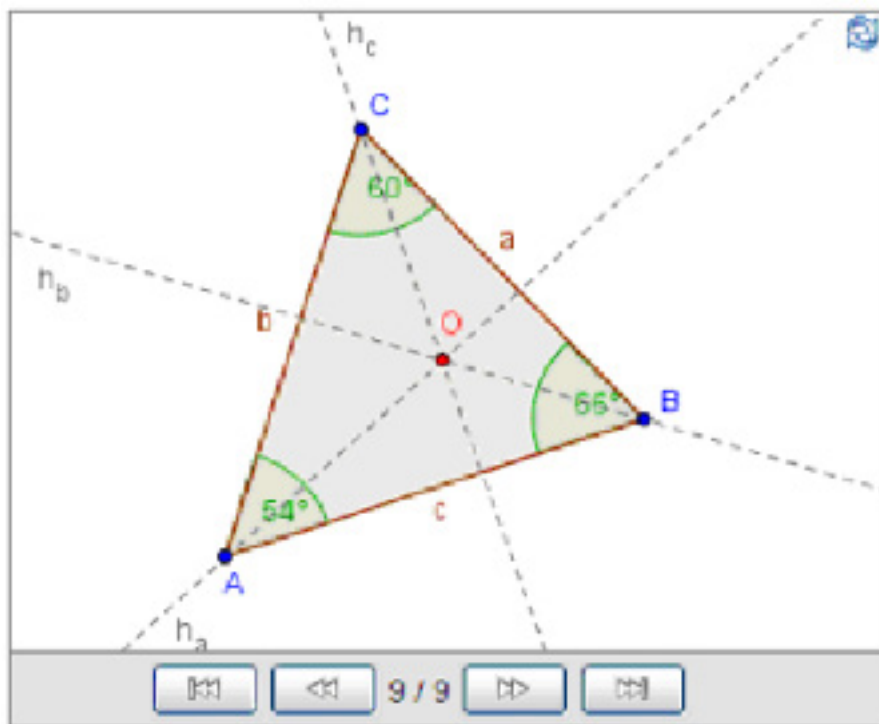


Рис. 3.15. Побудова ортоцентру трикутника засобами GeoGebra

Під час *фронтальної роботи*, коли одні і ті ж задачі розв'язують всі учні класу одночасно, вчитель має можливість організовувати усні фронтальні вправи, враховуючи, що використання таблиць, схем та інших засобів зображення для учнів значно скорочує час виконання усних вправ і поживляє урок математики, суттєво активізуючи діяльність учнів [49].

Використання *письмового розв'язування задач* із записом на дошці та використанням СМод доцільно у таких випадках: 1) розв'язування задач, самостійно з якими можуть справитись не всі учні класу; 2) розв'язування перших після показу вчителем задач, спрямованих на ознайомлення учнів з новими поняттями і методами; 3) вивчення різних варіантів розв'язування однієї задачі для порівняння і вибору оптимального варіанту; 4) під час аналізу помилок, що допустили учні в процесі самостійного розв'язування задач [50].

Під час навчання математичних дисциплін система GeoGebra використовується як засіб для візуалізації досліджуваних математичних об'єктів, виразів, ілюстрації методів побудови; як середовище для моделювання та емпіричного дослідження властивостей досліджуваних об'єктів; як інструментально-вимірювальний комплекс, що надає користувачеві набір спеціалізованих інструментів для створення і перетворення об'єкта, а також вимірювання його заданих параметрів.

Залучення учнів на практичних заняттях до виконання завдань з використанням СКМод GeoGebra сприяє розширенню кола навчальних завдань, включаючи в нього нестандартні завдання дослідницького характеру, оптимізаційних задач [47].

У процесі розв'язування задач для побудови необхідних динамічних об'єктів учні послуговуються спеціально розробленими правилами-орієнтирами та технологічними картками [47]. Проєктування комп'ютерно орієнтованого середовища навчання здійснювалось із врахуванням психофізіологічних особливостей розвитку учнів та здоров'язбережувальних аспектів сучасного уроку.

Основним типом програмних засобів, що спрямовані на активізацію пізнавальної діяльності суб'єктів навчання є динамічні моделі. Динамічні моделі різних класів задач — програми з графічним інтерфейсом і напівавтоматичним управлінням, що реалізують принцип моделювання [47]. Використання та дослідження таких моделей дозволяє значно легше зрозуміти суть методів та алгоритмів, глибше усвідомити новий матеріал та створити змістову основу для розв'язування прикладних задач.

У даний час моделювання в різних його видах є основою для проведення досліджень практично у всіх галузях науки і техніки. Під час вивчення математичних дисциплін важливе значення має геометричне моделювання, яке

із методично вмотивованим використанням СКМод дає можливість застосування графічних методів розв'язування задач на новому сучасному рівні. З використанням GeoGebra можна створювати динамічні побудови, проводити та документувати різні обчислення, візуалізувати аналітичні залежності, виконувати статистичне опрацювання результатів експерименту, побудову діаграм та гістограм, а також рисунків за допомогою графічних примітивів, зберігати у файлах, роздруковувати та пересилати по мережі файли з обчисленнями чи графікою, створювати якісну анімацію графічних образів.

Нижче наведено приклади застосування GeoGebra для побудови графіка функції $y = x^3 + x^2 - 3x - 2$, знаходження точок екстремуму функції та точки перетину з віссю x (рис. 3.16).

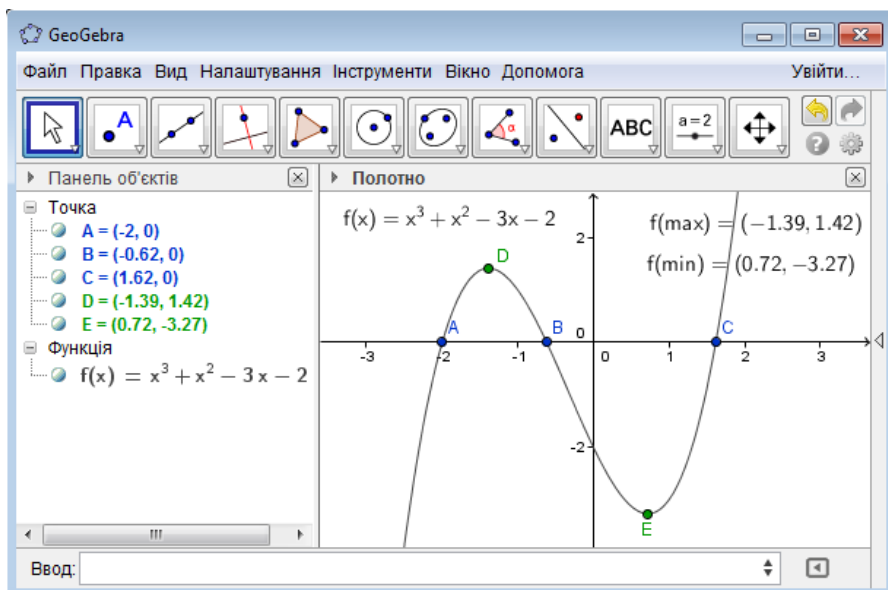


Рис. 3.16. Знаходження точок екстремуму функції

Розглянемо модель, створену в системі GeoGebra, що визначає значення тригонометричних функцій на одиничному колі.

Приклад 1. Для прямокутного трикутника $\triangle ABC$ (кут $C = 90^\circ$) і можна записати співвідношення, що називаються тригонометричними функціями (рис. 3.17):

$$\sin \alpha = \frac{a}{c}; \cos \alpha = \frac{b}{c}; \operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{b}; \operatorname{ctg} \alpha = \frac{b}{a};$$

$$\sec \alpha = \frac{1}{\cos \alpha}; \operatorname{cosec} \alpha = \frac{1}{\sin \alpha}.$$

Особливістю використання GeoGebra є те, що вона має низку статистичних функцій. Є можливість знайти міри центральної тенденції заданої вибірки та математичне сподівання. Наочно представлено показники аналізу даних (діаграма розсіювання, гістограма, таблиця та полігон частот).

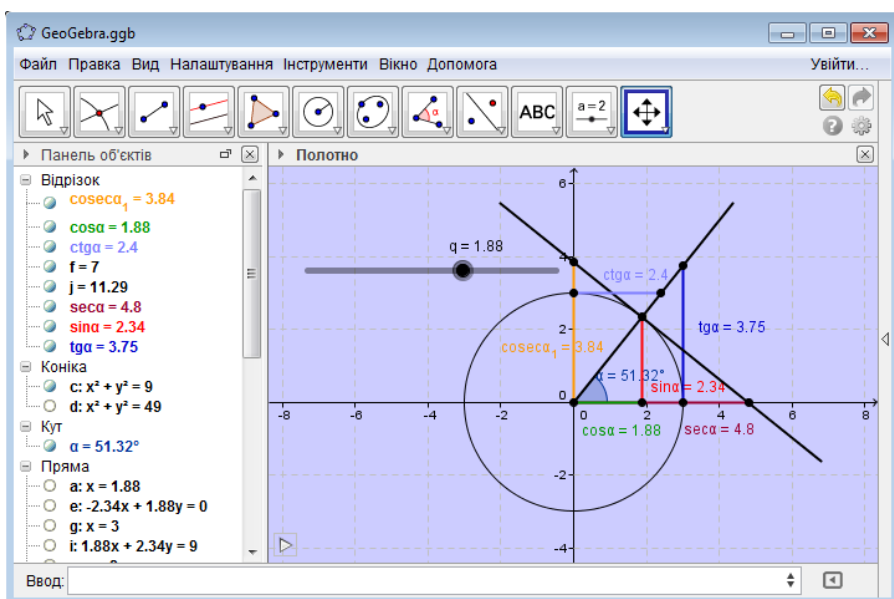


Рис. 3.17. Основні тригонометричні співвідношення та їх значення

При зміні розміру кута α значення тригонометричних функцій автоматично змінюється (рис. 3.18.).

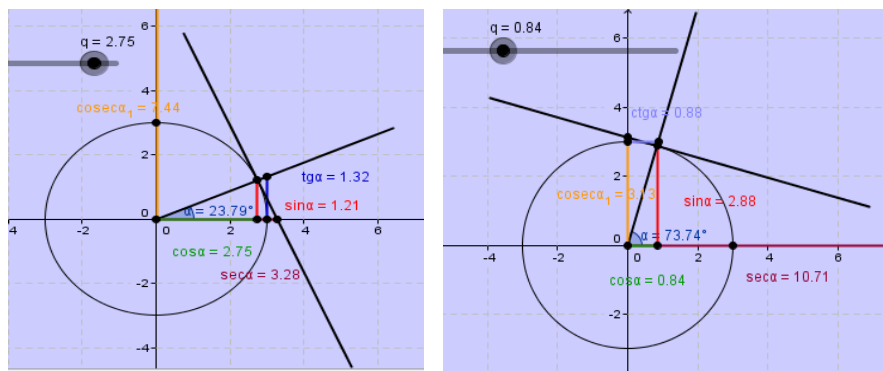


Рис. 3.18. Динамічні зміни зображення при зміні розміру кута α

Приклад 2. З заданої вибірки 48, 38, 42, 54, 40, 34, 58, 44, 52, 36, 26, 46, 60, 20, 26 знайти середнє значення, медіану та моду. Побудувати діаграму частот, полігон частот та представити таблицю частот. Розв'язування (рис. 3.19.).

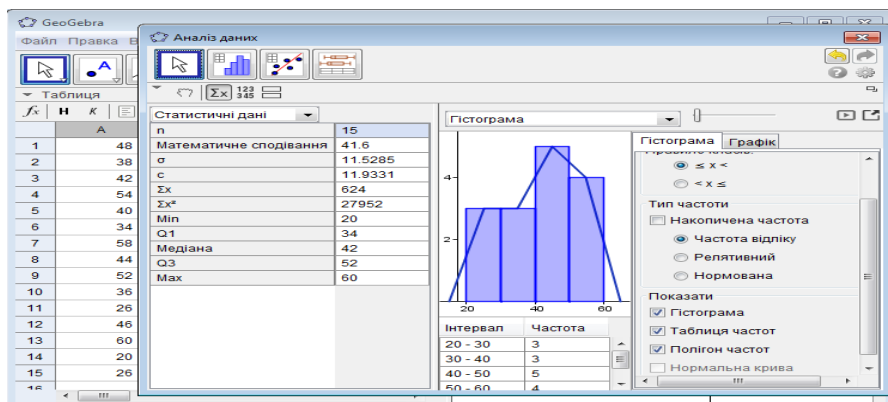


Рис. 3.19. Побудова діаграми частот, полігону частот

Наступний модуль системи GeoGebra це обчислення похідної, інтегралу функції та площі фігур обмежених кривими.

Приклад 3. Знайти наближене значення площі фігури обмеженої функцією $y = x^3 + 7x^2 + 5x - 1$ та $x=-6$, $x=-1$.

Вказівка для розв'язування (рис. 3.20.):

І спосіб. Для знаходження площі використано суму Рімана.

$\int_{-6}^{-1} x^3 + 7x^2 + 5x - 1 \, dx$ допомогою визначеного інтегралу.

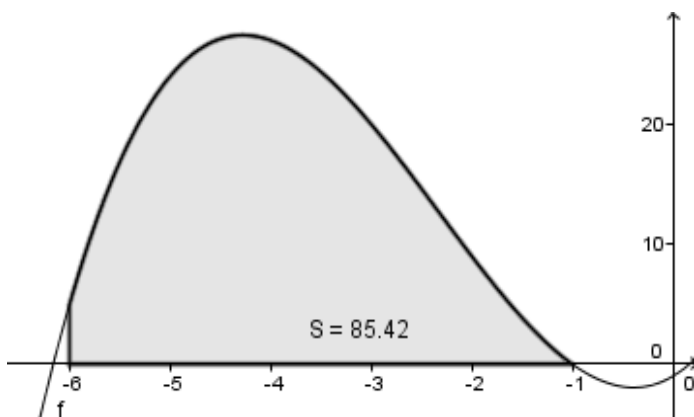


Рис. 3.20. Визначення наближеного значення площі фігури обмеженої функцією

Розглянемо (рис. 3.21.) знаходження площі фігури обмеженої кривими $f(x) = x^3 - 5x^2 + x - 1$ та $g(x) = 14x^2 - 6x - 20$

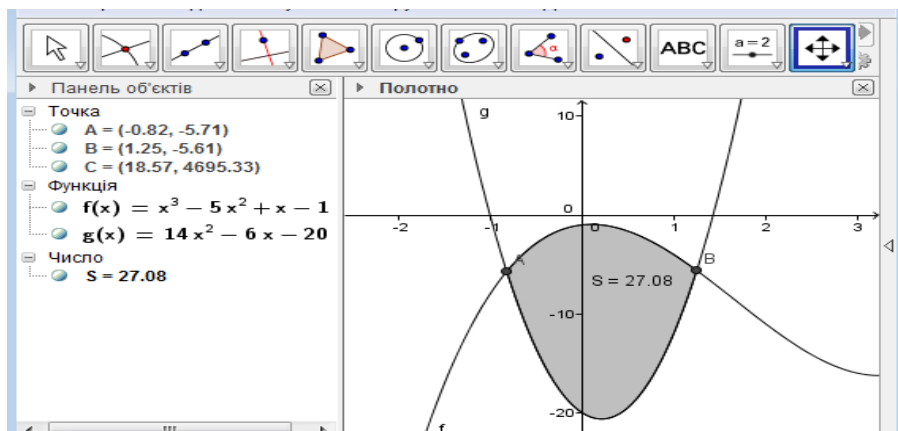


Рис. 3.21. Знаходження площі фігури, обмеженої кривими

У СКМод GeoGebra можна здійснювати геометричні перетворення. Застосування цих можливостей актуальні при вивченні теми «Подібність трикутників» шкільного курсу геометрії. Система має можливість симетричної побудови геометричних фігур відносно координатної осі, побудови симетричних обертань навколо точки.

Нижче наведено приклад обертання трикутника ABC відносно початку координат (рис. 3.22.).

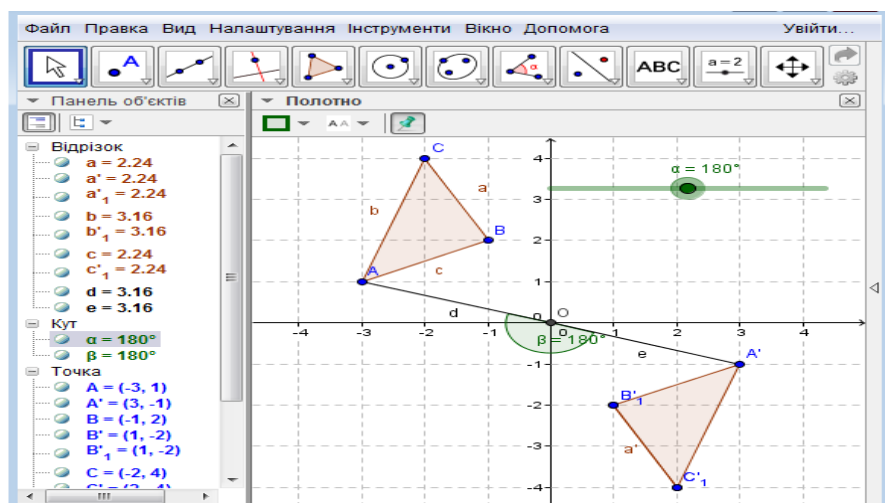


Рис. 3.22. Обертання трикутника навколо осі

Система GeoGebra забезпечує можливості роботи з векторами. Сумою двох векторів $\vec{a}(a_1; a_2)$ та $\vec{b}(b_1; b_2)$ називається вектор $(\vec{a} + \vec{b})(a_1 + b_1; a_2 + b_2)$. Геометрично в GeoGebra показано додавання векторів за правилом паралелограма (рис. 3.23.).

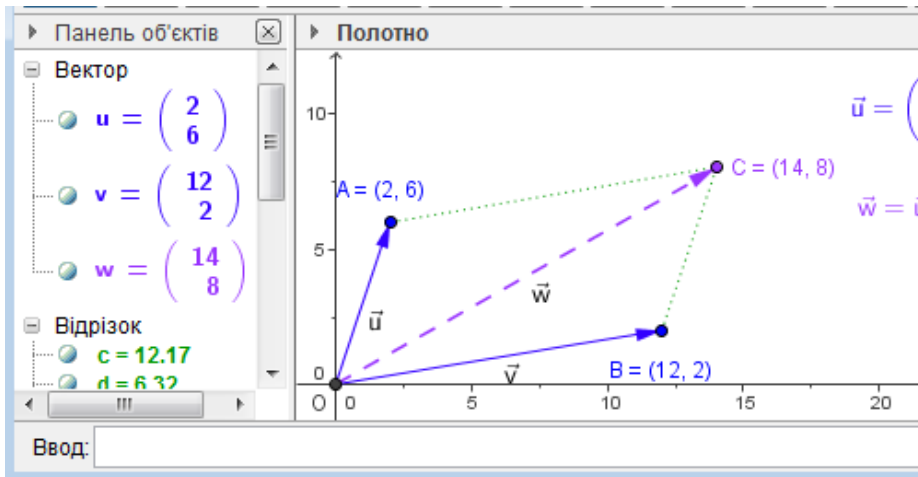


Рис. 3.23. Додавання векторів за правилом паралелограма

У шкільному курсі геометрії є різноманітні задачі на побудову [49]. Процес розв’язання таких задач є творчим і потребує розвиненої уяви. Нижче показано побудову перетину піраміди площиною (рис. 3.24.).

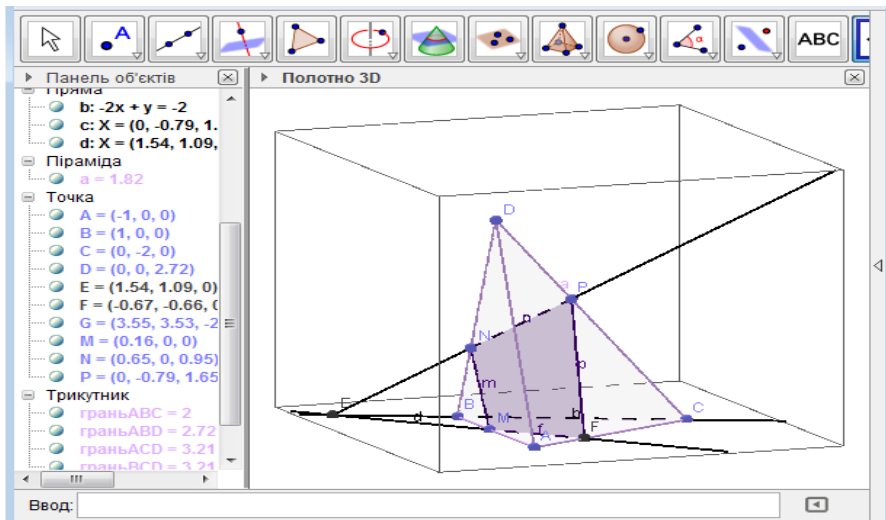


Рис. 3.24. Побудова перетину піраміди площиною

Безперечно, суттєві переваги має *самостійне розв'язування* задач під час виконання яких учень має самостійно вникати в процес розв'язування задачі, спираючись на теоретичні і практичні знання. Виконання творчих самостійних робіт із математики сприяє виникненню в учнів інтересу до предмету, розвитку математичного мислення, формуванню *дослідницьких компетентностей* [49].

До творчих робіт із математики належать:

- розв'язування задачі нестандартними способами;
- розв'язування задачі кількома способами;
- складання задач учнями; математичні твори; доповіді та есе учнів;
- математичні дослідницькі проекти.

Розвитку творчості молоді сприяє вирішення варіативних завдань, що містять елементи творчої пізнавальної діяльності із здійсненням пошуку та проявом високого рівня самостійності та креативного підходу.

Доцільно зазначити, одним із найважливіших показників ефективності навчання учнів є сформованість їх вміння самостійно розвивати свої дослідницькі компетентності на високому рівні через самоудосконалення та вміння послуговуватися інноваційними засобами та технологіями навчання.

Методична система навчання математики з використанням СКМод GeoGebra будується на концепціях теорії проблемного навчання, теорії поетапного формування розумових дій та діяльнісного підходу задля забезпечення можливостей управління навчальною діяльністю і розвитку творчих здібностей учнів. Водночас набуття навичок побудови і дослідження моделей сприяє розв'язуванню задачі, що має самостійну загальноосвітню значущість — створює передумови для розвитку системного і логічного мислення.

Основою для оптимального засвоєння математичних понять, методів і математичного розвитку учнів, формування дослідницьких компетентностей, оволодіння досвідом творчої діяльності є взаємозв'язок відтворюючих та творчих самостійних та дослідницьких робіт із використанням СКМод, в тому числі GeoGebra та прослідковуванням і підтримкою наступності у їх виконанні.

РОЗДІЛ IV

КОМПЛЕКСНЕ ФОРМУВАННЯ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ УЧНІВ ІЗ ПРИРОДНИЧО- МАТЕМАТИЧНИХ ПРЕДМЕТІВ

4.1. ВИМОГИ ДО КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ У ГАЛУЗІ ПРИРОДНИЧИХ НАУК ТА МАТЕМАТИКИ

Відповідно до Рекомендацій Ради Європейського Союзу від 22 травня 2018 р. щодо ключових компетентностей для ціложиттєвої освіти (освіти впродовж життя) вимоги до обов'язкових результатів навчання визначаються з урахуванням компетентнісного підходу.

Державний стандарт базової середньої освіти визначає вимоги до ключових компетентностей учнів, зокрема:

- *у галузі природничих наук*, що передбачає здатність і готовність застосовувати відповідний комплекс наукових знань і методологій для пояснення світу природи, визначення питань і формулювання висновків на основі отриманої інформації; розуміння змін, спричинених людською діяльністю, і відповідальність особи як громадянина за наслідки цієї діяльності;
- *математичної*, що передбачає здатність розвивати й застосовувати математичне мислення для розв'язання широкого спектру проблем у повсякденному житті; моделювання процесів і ситуацій із застосуванням математичного апарату; усвідомлення ролі математичних знань і вмінь в особистому й суспільному житті людини.

Зазначимо, що вимоги до компетентностей сформовано з урахуванням наскрізних умінь. Розглянемо їх детальніше.

Компетентнісний потенціал галузі природничих наук визначається такими вміннями:

- здійснювати вимірювання, фіксувати результати й оцінювати точність вимірювань;
- класифікувати об'єкти, явища природи, технологічні процеси;
- характеризувати об'єкти, пояснювати природні явища й технологічні процеси, використовуючи мову природничих наук і наукову термінологію;

-
-
- виявляти дослідницькі проблеми, досліджувати природу само-
стійно чи в групі, установлювати причиново-наслідкові зв'язки,
презентувати результати досліджень;
 - використовувати наукові знання, здобутки техніки й технологій
для розв'язання проблем;
 - оперувати математичними поняттями й величинами, характери-
зуючи природні об'єкти, явища й технологічні процеси;
 - розв'язувати проблеми природничого змісту, використовуючи ма-
тематичні методи й математичні моделі природних об'єктів, явищ
і процесів;
 - інтерпретувати інформацію природничого змісту, представлену у
вигляді графіків, таблиць, діаграм тощо;
 - використовувати цифрові ресурси для здобуття нових природни-
чо-наукових знань;
 - знаходити, обробляти, зберігати інформацію природничого змі-
сту, перетворювати її з одного виду на інший із використанням
електронних ресурсів і цифрових пристроїв;
 - досліджувати довкілля, використовуючи сучасні цифрові техно-
логії і пристрої;
 - створювати інформаційні продукти природничого змісту.

**Компетентнісний потенціал математичної освіти визначається та-
кими вміннями:**

- оперувати текстовою і числовою інформацією, геометричними
об'єктами на площині та в просторі;
- встановлювати кількісні і просторові відношення між реальними
об'єктами навколишньої дійсності (природними, культурними,
технічними тощо);
- обирати, будувати і досліджувати найпростіші математичні моделі
реальних об'єктів, процесів і явищ, інтерпретувати та оцінювати
результати;
- робити прогнози в контексті навчальних та практичних задач;
- доводити правильність тверджень;
- застосовувати логічні способи мислення під час розв'язання пізна-
вальних і практичних задач, пов'язаних із реальними об'єктами;
- використовувати математичні методи у життєвих ситуаціях;
- будувати та досліджувати математичні моделі природних явищ і
процесів;
- робити висновки на основі міркувань та свідчень;
- обґрунтовувати рішення;
- структурувати дані;

-
- діяти за алгоритмом та складати алгоритми;
 - визначати достатність даних для розв'язання задачі;
 - оцінювати достовірність інформації;
 - доводити істинність тверджень.

Зазначені складові компетентностей можуть бути розвинені за допомогою системи комп'ютерного моделювання, в основу якої закладено діяльнісний підхід у навчанні.

4.2. ФУНКЦІОНАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТТЯ «КОМПЕТЕНТНІСТЬ»

Існуючі визначення компетентності розглядають її як комплексну властивість (здатність) людини, аналогічно об'єктивно вимірюваних показників (типу зріст, вага, тощо).

Наприклад, у Законі «Про освіту» зазначено, що компетентність — це динамічна комбінація знань, умінь, навичок, способів мислення, поглядів, цінностей, інших особистих якостей, що визначає здатність особи успішно соціалізуватися, провадити професійну та/або подальшу навчальну діяльність.

Проте в новому Стандарті базової середньої освіти акцент зроблено на сукупності наскрізних умінь як складника предметної компетентності. Тому ми пропонуємо підхід до визначення компетенції, заснований на підходах Державного стандарту базової середньої освіти.

Компетентність — ментальний конструкт, що являє собою поіменовану сукупність умінь людини, які проявляються в зазначеному контексті.

Під ментальним конструктом ми будемо розуміти цілісну, відокремлювану від інших, сутність реального світу (матеріального світу, психіки, економіки, соціального світу), недоступну безпосередньому спостереженню, але яка гіпотетично виводиться і/або вибудовувана логічним шляхом на основі спостережуваних ознак. Вона має бути достатньо експериментально і логічно підтверджена, достовірно не спростовувана. Ментальний конструкт, як теоретична побудова, не повинен містити протиріч і має базуватися на мінімально можливій кількості положень. Ми не можемо безпосередньо взаємодіяти з компетенцією, як, наприклад, із приладом чи людиною. Ми можемо спостерігати роботу людини та зробити висновок про її компетентність. Тобто компетентність — це не властивість людини, а наш висновок стосовно неї (ментальний конструкт). Раніше ми застосовували у якості такого конструкту ЗУН (знання, уміння, навички), а тепер — компетентності.

Рівень компетентності — показник, який характеризує ймовірність успішного виконання завдання з певного набору (множини) завдань у зазначеному контексті конкретним виконавцем. Компетентність завжди **описує** пару, до якої входить множина завдань у контексті та виконавець.

У такому розумінні про рівень компетенції можна говорити лише на певній множині завдань у відповідному контексті. Ми будемо розуміти поняття «завдання», як завдання в певному контексті. Нехай визначено множину завдань $\{T\}$ і для кожного завдання визначено рівні (класи) якості його виконання та відповідні критерії віднесення якості виконання завдання до відповідного класу. Для простоти, будемо вважати кількість класів якості виконаних завдань для всіх завдань однаковим і впорядкованим. Тоді рівень компетентності людини на заданій множині завдань $\{T\}$ можна визначити як ймовірність виконання будь-якого завдання з даної множини на рівні якості не гірше, ніж задано. Цю ймовірність можна визначити **експериментально** (задати завдання і оцінити результат) або **опосередковано** (на основі знання деяких фактів про виконавця, множину завдань та контекст). Розглянемо ці варіанти більш детально.

Визначення ймовірності виконання завдань на певному рівні **експериментально**.

Вся множина завдань $\{T\}$ поділяється на блоки умовно еквівалентних завдань. З кожного блоку надається декілька завдань. І підраховується частка завдань, які виконані на заданому рівні. Визначаємо ймовірність виконання завдань з різних блоків на необхідному рівні для конкретного виконавця. Тобто рівень його компетенції на даній множині завдань.

Визначення ймовірності **опосередковано**. Тут можна запропонувати два варіанти.

Перший — теоретичний. Експертно проаналізувати всі *знання, вміння, поведінку, ставлення*, які на думку експертів, необхідні, щоб на заданому рівні виконати всі завдання з множини $\{T\}$. Потім у рамках відповідної математичної або іншої моделі (можливо, експертним способом) зв'язати факти про людину (*знання, вміння...*) з ймовірністю успішного виконання завдань із різних блоків еквівалентних завдань.

Другий — емпіричний. Різним людям давати виконувати завдання з множини $\{T\}$ і фіксувати результати виконання. Одночасно про цих виконавців збирати факти, які можуть впливати на результат виконання завдань. Статистичний аналіз результатів дозволяє побуду-

вати модель прогнозу успішності виконання завдань на основі знань деяких фактів про виконавця і завдання.

Рівень складності визначення рівня компетенції залежить від балансу між детальністю (точністю) опису множини завдань і бажаною точністю прогнозу результату (якості) їх виконання. Кожне завдання може бути представлено у вигляді діаграми («рибка») (рис. 4.1.).

Діаграма засвідчує які чинники і на скільки впливають на успішне виконання завдань. Такими факторами можуть бути перераховані знання, вміння, цінності, ставлення деталізовані до необхідного рівня. Кожне (типове) завдання з множини $\{T\}$ може бути детально представлене в термінах елементів компетентностей, необхідних для її виконання.

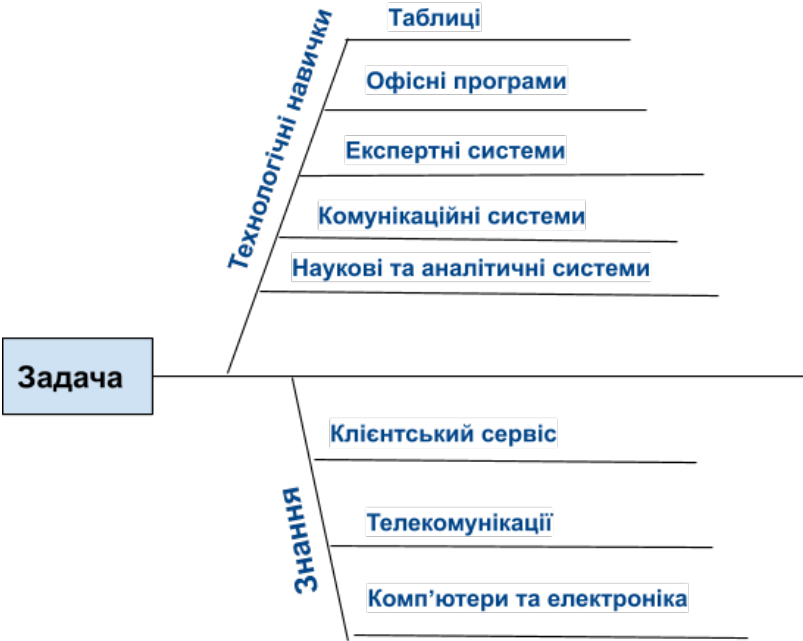


Рис. 4.1. Зразок діаграми впливу різних факторів на успішність виконання завдань

Для кожного рівня виконання завдань можуть бути встановлені критерії в термінах освоєння (наявності) елементів компетентностей. Таким чином, якщо перераховані всі завдання множини і вказана сформованість усіх елементів компетентностей, то з певною точністю можна розрахувати рівень компетентності людини на даній множині завдань.

Додатково можна виявити факт відсутності елементів, які необхідні для підвищення рівня компетентності.

Модель компетентності.

Можна розглядати компетентність із двох різних точок зору: з яких *інгредієнтів* вона складається та які *компоненти* вона включає.

Інгредієнти — це знання, вміння, поведінка, ставлення тощо. Все що впливає або може бути застосовано багаторазово при виконанні різних завдань [171].

Компоненти — це незначні мінімальні компетентності, спрямовані на вирішення простих базових завдань. Вони виділяються на функціональній основі. Таким чином, для вирішення складного завдання необхідно вирішити декілька простіших [171].

Для кожного випробуваного можна скласти Таблицю 1. У колонках 1 та 2 перелічені інгредієнти та рівень їх присутності у випробуваного. У колонках 3-5 відображені субкомпетентності. На перетині колонок 3-5 та рядків з інгредієнтів, у якій мірі даний інгредієнт необхідний для забезпечення відповідної субкомпетентності.

Таблиця 1.

Кореляція рівня реалізації інгредієнтів та їх прояву в субкомпетентностях

Інгредієнти	Рівень присутності інгредієнту	Компоненти		
1	2	3	4	5
		Субкомпетентність 1 $C_1 = (X_1, B_1, \{T_1\})$	Субкомпетентність 2 $C_2 = (X_2, B_2, \{T_2\})$	Субкомпетентність 3 $C_3 = (X_3, B_3, \{T_3\})$
Knowledge 1	7	0,7	0,1	0,6
Knowledge 2	9	0,2	0,9	0,9
Knowledge N	0	0,0	0,0	0,0
Know-how 1	3	0,5	0,2	0,1
Know-how 2	8	0,2	0,2	0,8
Bihavior 1	4	0,1	0,4	0,7
Bihavior 2	6	0,8	0,5	0,3
Skills 1	9	0,7	0,6	0,8
Skills 2	5	0,4	0,1	0,3
Skills 3	6	0,3	0,6	0,2

Візуалізація структури інгредієнтів показана на Рис.4.2.

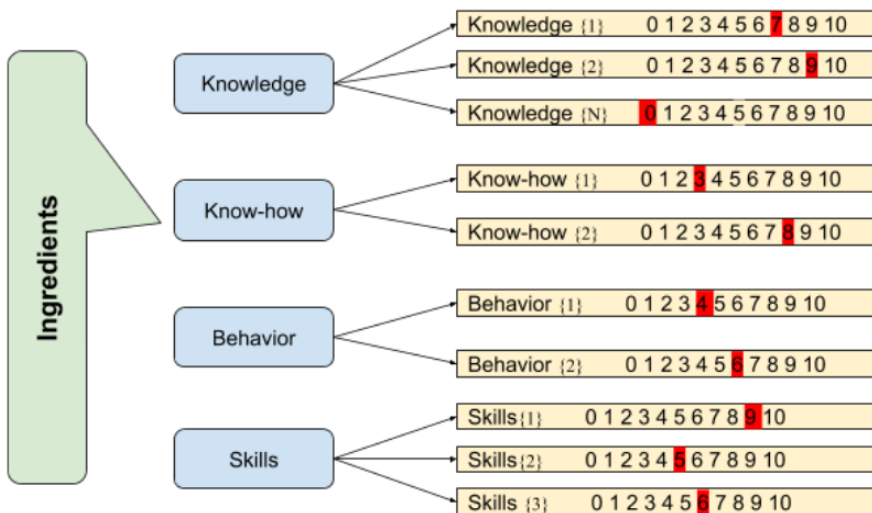


Рис. 4.2. Приклад множини інгредієнтів компетентності та рівні їхньої реалізації

Компетентність визначається на множині завдань. Наприклад, якщо ми говоримо що, людина має компетенцію $C = (X, B, \{T\})$. То це означає, що людина компетентна на рівні X з ймовірністю B на множині завдань $\{T\}$, якщо вона вирішує (виконує) будь-яке завдання з цієї множини не гірше, ніж на рівні X з ймовірністю не менше B .

У який спосіб практично визначити рівень компетентності? Беремо випадкову вибірку N задач $t_i \in \{T\} \ i = 1..N$ із множини завдань, на якій визначаємо компетентність. Даємо виконавцю на виконання. Фіксуємо рівень виконання завдань. Підраховуємо частку b завдань, виконаних на рівні $x \ i \geq X$. Тоді якщо $b \geq B$ будемо говорити, що виконавець компетентний на рівні X із ймовірністю B на множині завдань $\{T\}$.

Можна побудувати багатовимірний простір, що поєднує інгредієнти компетентності, ймовірність і рівень виконання завдань.

У цьому просторі для кожного завдання і заданих X і B можна виокремити множину точок (інгредієнти компетенції), які гарантують виконання завдання на рівні X із ймовірністю, не нижче B . На мал. 4.2. необхідні рівні інгредієнтів позначені червоним кольором. Наприклад, Knowledge{1} має бути на рівні 7, а Knowledge{2} на рівні 9. Якщо інгредієнт має значення 0, то він не потрібен для виконання завдань. Для більшої чіткості варто говорити про *мінімально достатній* набір компонентів.

Позначимо кожен конкретний набір компонентів (субкомпетентностей) унікальним номером наприклад **Набір{j}**. Нехай у нас обрані задачі

$t_i \in \{T\}$ і заданий набір компонентів **Набір{j}** та встановлено вимоги до рівня виконання завдань **X**. Тоді можемо побудувати підмножину успішних виконань завдань рис. 4.3.

Алгоритм. Вибирається **M** виконавців, які задовольняють вимогам певного набору компонент компетентності **Набір{j}**. Всім їм дають для виконання завдання t_i . Фіксується частка виконавців, які виконали завдання на кожному рівні. Відповідно для кожного рівня встановлюється ймовірність виконання цього завдання як відношення кількості тих, хто виконав завдання на цьому рівні, до кількості виконавців. На малюнку площини (зелений сектор) відокремлюють область, у якій із заданою ймовірністю завдання виконуються не гірше, ніж на заданому рівні.

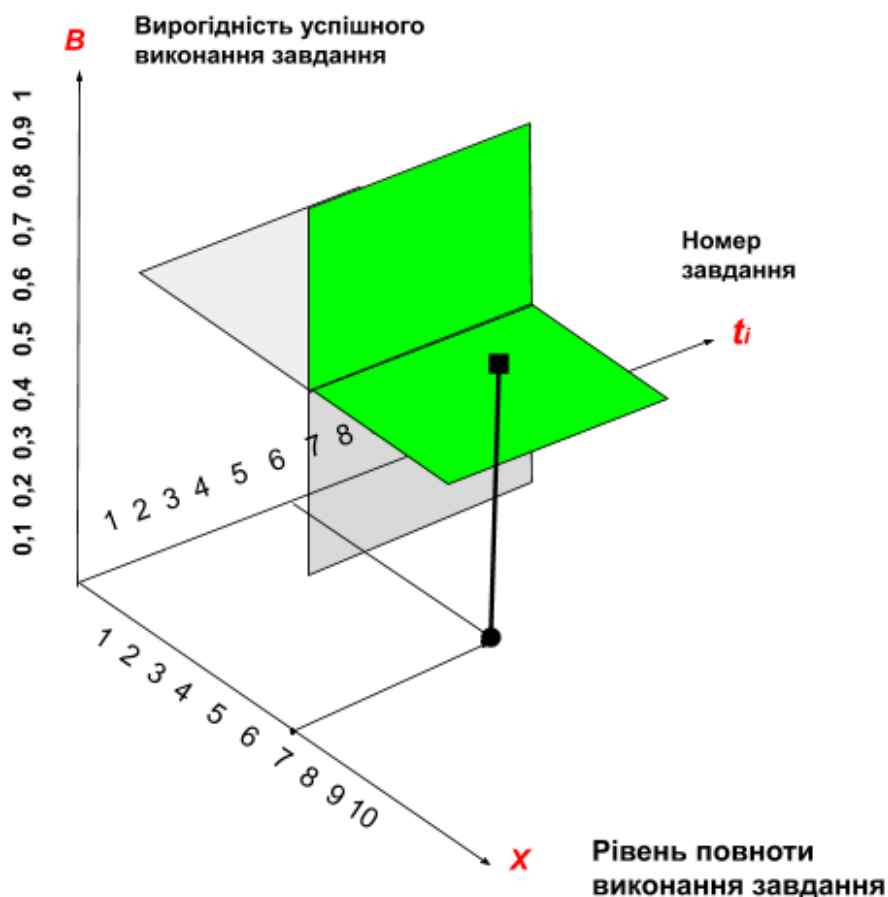


Рис. 4.3. Підмножина успішних виконань завдань (рівень та вирогідність) для заданої множини інгредієнтів SetID

Уявимо, що для кількох наборів компонент **Набір{j}** проведені відповідні випробування і побудовані аналогічні графіки (точніше зібрані дані). Ці дані можна представити у вигляді таблиці 4.2.

Таблиця 4.2.

Результати випробування

Набір компонент	Імовірність	Рівень	Завдання
1	0,4	4	№1
1	0,7	8	№2
1	0,9	10	№3
1	0,7	2	№4
2	0,2	7	№1
2	0,9	6	№2
2	0,6	9	№3
2	0,4	6	№4

Тоді можемо зробити наступне:

- для конкретного набору компонент **Набір{j}**, рівня виконання і ймовірності знайти відповідні завдання. Тобто для виконавця з набором компонент **Набір{j}** визначити набір завдань, у виконанні яких вона компетентна;
- визначити завдання, які знаходяться на межі компетентності. Тобто трохи не дотягують. Це зона розвитку для людини з набором компонент **Набір{j}**;
- порівнюючи набори компонент **Набір{j}** для конкретного завдання $t_i \in \{T\}$ можемо виокремити мінімальний набір компонент, для її виконання на необхідному рівні;
- після виконання попереднього пункту можемо для будь-якого набору завдань (області компетентності) визначити відповідний достатній **Набір{j}** компонент;
- можемо зробити рейтинг компонентів для певної множини завдань за потребою та критичністю. Це дозволяє планувати розвиток компетентності, ґрунтуючись на зростаючому наборі вирішуваних задач і переходу до детального переліку компонентів компетентності.

4.3. ФОРМУВАННЯ КОМПЕТЕНТНОСТІ УЧНІВ ІЗ МАТЕМАТИКИ НА ЗАСАДАХ ВИКОРИСТАННЯ ПІЗНАВАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ

Модернізація змісту навчальних програм природничо-математичного циклу спонукає вчителів широко застосовувати нові методи навчання, засновані на: співпраці, ігрових і проєктних технологіях, розв'язанні пізнавальних і дослідницьких завдань, організації і проведенні навчальних експериментів, груповій роботі тощо. Ці процеси покладені в основу формування ключових компетентностей учнів XXI ст.

Такі трансформаційні освітні процеси потребують нових підходів використання цифрових та організаційних рішень для формування в учнів компетентностей із природничих наук і технологій, зокрема у питанні розвитку когнітивних здібностей й пізнавальної діяльності учнів.

Водночас, процес сприйняття інформації учнями, сформований в умовах традиційного навчання, та неперервний, хаотичний розвиток мережі Інтернет, насичення його нескінченною кількістю соціальних об'єктів (відеоматеріалами, фотографіями, текстами та ін.) й електронних освітніх ресурсів, унеможлиблює швидкий пошук та відбір даних, що здійснюється в процесі пізнання і формування в учнів компетентностей із природничо-математичних предметів.

Науковці та вчителі освітніх установ констатують, що проблема використання новітніх інформаційно-комунікаційних технологій, комп'ютерного моделювання природних процесів та явищ, розроблення нових технологій та моделей навчання, розроблення системи пізнавальних завдань, які забезпечили б неперервний розвиток когнітивних здібностей учнів та активізацію їх пізнавальної діяльності, потребує додаткових досліджень.

Інтенсивний розвиток Інтернет-технологій і розширення можливостей навчальної мобільності як вчителів, так і учнів, актуалізують проблему удосконалення методики використання пізнавальних завдань для розвитку когнітивних здібностей учнів закладів загальної середньої освіти та розробки комп'ютерних моделей для експериментальних та емпіричних досліджень.

Нині існує значна кількість онлайн віртуальних лабораторій із фізики, хімії, біології (Наприклад, <http://www.virtulab.net>). Проте вони здебільшого використовуються для проведення «класичних» дослідів (відповідно до програми). Отже, в учнів формується інтерес за рахунок візуалізації експериментів, у той час, як поєднання цікавого формулювання завдань із онлайн-інструментами дозволило б учням розвинути дослідницькі якості, допитливість, навички прийняття рішення, побудови гіпотез тощо.

4.3.1. Теоретичні основи формування компетентності

В основі дитиноцентриського підходу лежить не лише спрямування освітнього процесу на розвиток особистості учня, закладених природою обдарувань, але його пізнавальної діяльності, що є основоположним фактором у розвитку його когнітивних здібностей.

На філософському рівні пізнання — це відтворення у свідомості (індивідуальному і колективному) характеристик об'єктивної реальності. Як зазначає В. В. Лазарчук, пізнання носить соціально та культурно опосередкований, історичний характер і в більшості випадків передбачає усвідомлення засобів й способів пізнавальної діяльності [102, с. 103]. У процесі пізнання формується пізнавальний інтерес, який має пошуковий характер і зосереджує особу на предметах та явищах, що спонукають до створення цілісної картини світу.

Пізнання не існує саме по собі, цей процес нерозривно пов'язаний із діяльністю учня, розвитком його когнітивних здібностей, зокрема, формуванням компетентностей із природничо-математичних предметів на засадах вирішення пізнавальних завдань (рис. 4.4).

Так, Н. Ф. Тализіна вказує на нерозривний зв'язок психіки учня з його діяльністю. Діяльність — це процес взаємодії суб'єкта з навколишнім світом, процес вирішення життєво важливих задач. Таким чином, під час діяльнісного підходу психіка розуміється «як форма життєдіяльності суб'єкта», що забезпечує вирішення певних задач у процесі взаємодії його зі світом.

Суб'єкт виступає як джерело активності, а не як проста сукупність психічних характеристик [186, с.6].

На думку С. Л. Рубінштейна, «діяльність особистості має такі основні ознаки, як:

- предметність;
- соціальність, тобто суспільно-історичну природу;
- індивідуальність, тобто індивідуально-еволюційну природу;
- опосередкованість;
- соціальна мотивація та індивідуальна спрямованість;
- продуктивність, креативність» [164, с. 41-45].

Крім того, *діяльність* класифікують за відносною роллю у ній тих чи інших процесів, а саме: сенсорна, візуальна, аудіювальна та ін.

Система діяльності учня в *процесі пізнання* може бути представлена у вигляді базових компонентів [191, с.29] (рис. 4.5.).

У системі діяльності виокремлюють також перетворюючу, пізнавальну, комунікативну, діяльність, яку покладено в основу формування компетентностей учнів.

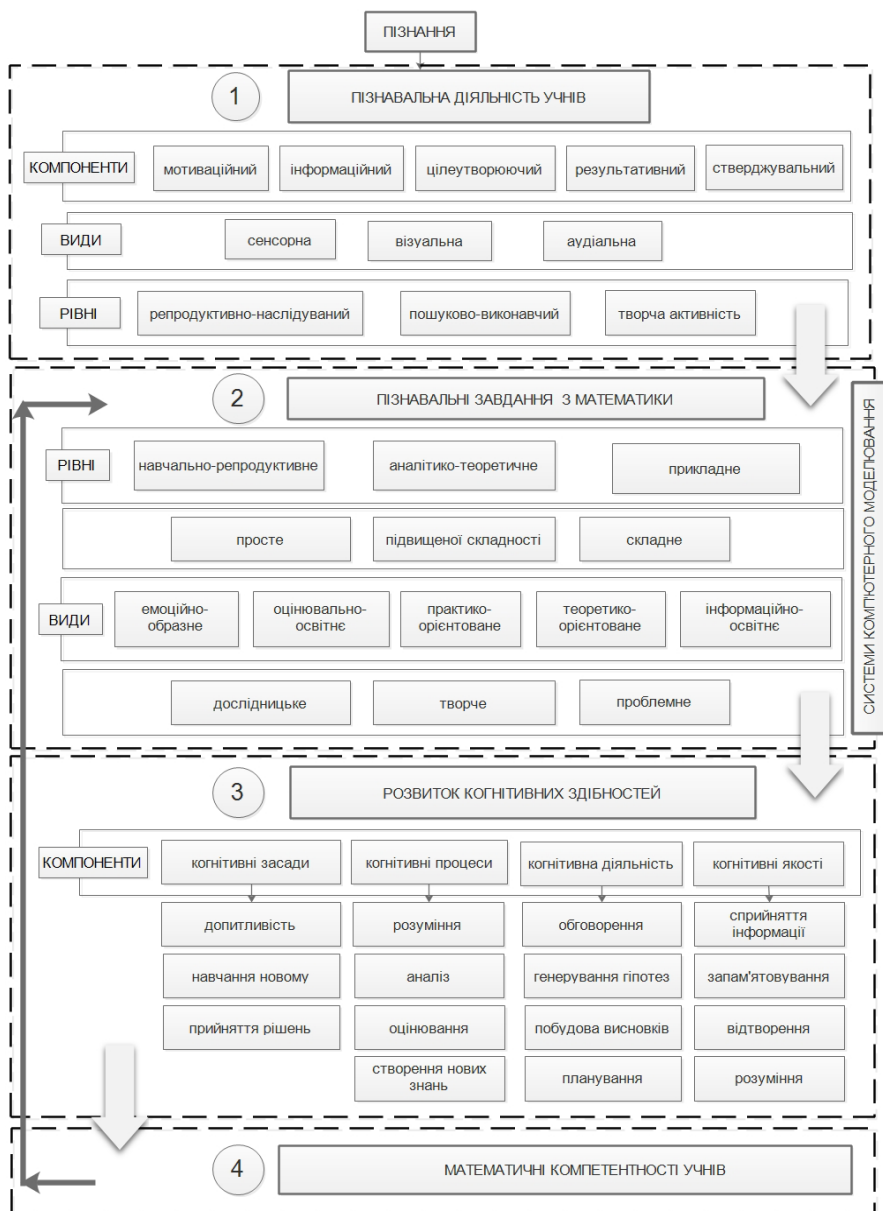


Рис. 4.4. Формування компетентностей учнів із математики на засадах розв'язання пізнавальних завдань із використанням систем комп'ютерного моделювання

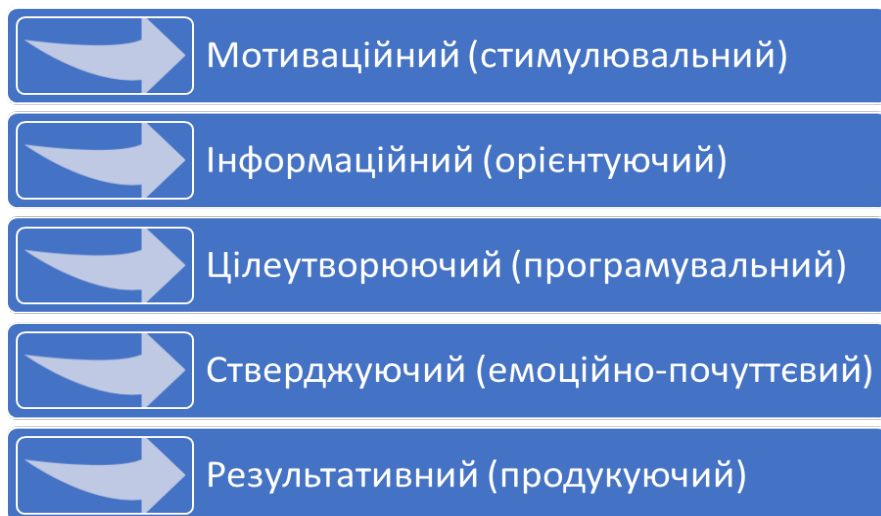


Рис. 4.5. Система діяльності учня в процесі пізнання

Дослідники з різних позицій підходять до розгляду сутності поняття «пізнавальна активність». При всій багатоплановості підходів можемо виокремити дві точки зору:

- пізнавальна активність як діяльність;
- пізнавальна активність як риса особистості.

Ми розглядатимемо пізнавальну активність як діяльність суб'єкта навчання з метою набуття ним пізнавальних, предметних та ключових компетентностей.

Сучасні психологи визначають три рівні пізнавальної діяльності школярів:

- репродуктивно-наслідувальний (відтворює) — активність як спосіб засвоєння досвіду іншої людини;
- пошуково-виконавча (інтерпретує) — активність, коли необхідно отримати завдання і самому знайти шлях для його виконання;
- творча активність, під час реалізації якої завдання ставиться самим учням і вирішується новим, оригінальним способом [206, с. 102]

Пізнавальна діяльність учнів розвивається *на принципах*:

- *діяльності* — учень отримує знання не в готовому вигляді, а здобуває їх самостійно, у процесі особистої навчальної діяльності;

-
- *наступності* — логічна структура послідовності навчання на рівні технології, змісту і методики;
 - *відкритості* — повсюдного доступу до даних і відомостей навчального призначення;
 - *варіативності* — формування здатностей до розгляду різних варіантів і вибору оптимального рішення проблеми;
 - *цілісності* — формування цілісного уявлення про світ.

Одним зі шляхів активізації пізнавальної діяльності є розроблення і застосування в освітньому процесі пізнавальних завдань, що вимагають від учня виконання певних дій, а саме:

- самостійно переносити раніше засвоєні знання й уміння в нову ситуацію;
- усвідомлення структури і характеристик об'єкта;
- здійснювати пошук альтернативних рішень або способів вирішення проблемних завдань;
- комбінувати раніше відомі способи вирішення проблемних завдань у нові [103, с. 10-17].

Як зазначають науковці, проблема розвитку пізнавальної діяльності учнів як шлях досягнення нової якості особистості не розкрита в достатній мірі, не сформовано цілісного системного бачення процесу розвитку пізнавальних здібностей як властивості особистості в процесі навчання.

Розвиток пізнавальних здібностей учнів — тривалий процес. Крім того, розвивати пізнавальні здібності учнів означає формувати в них мотиви навчання. Учні мають не лише навчитися розв'язувати пізнавальні завдання, у них потрібно розвинути бажання розв'язувати ці завдання. Виховання мотивів навчання в учнів у даний час є одним із головних завдань сучасної школи [89].

Такий підхід дасть можливість сформулювати в учня пізнавальну компетентність.

Пізнавальна компетентність — це здатність учня до самостійної діяльності, що включає елементи логічної, методологічної, евристичної, загальнонавчальної діяльності, співвіднесеної з реальними об'єктами, які пізнаються учнем. Вона включає знання й уміння організації цілепокладання, планування, генерації ідей, аналізу, рефлексії, самооцінки навчально-пізнавальної діяльності [102, с.102]. Стосовно досліджуваних об'єктів, учень опановує креативні навички продуктивної діяльності, а саме: здобуває знання безпосередньо з оточуючого світу, оволодіває прийомом дій у нестандартних ситуаціях та евристичними методами вирішення проблем. У рамках да-

ної компетентності визначаються вимоги відповідної функціональної грамотності: уміння відрізняти факти від домислів, володіння вимірювальними навичками, використання ймовірнісних, статистичних та інших методів пізнання [9, с.105].

Керуючись характером пізнавальної діяльності учнів у процесі освоєння предметного змісту, ми виокремлюємо два рівні функціонування *пізнавальних умінь*:

- *перший рівень* — освоєння готового досвіду і відтворення знань у процесі своєї діяльності;
- *другий рівень* — освоєння готових знань, поглиблення отриманих знань, формулювання висновків учень здійснює з використанням найрізноманітніших джерел інформації і здійснення уявних і практичних дій.

Відповідно до цих рівнів ми визначаємо *три взаємопов'язані групи* пізнавальних компетентностей:

- здатність здійснювати пошук і відбір потрібної інформації;
- здатність працювати з відібраною інформацією;
- здатність продукувати нові (суб'єктивно нові, нові для учня) знання, використовуючи наявну інформацію [132].

У випадку, коли завдання вирішується з метою визначення необхідних характеристик об'єкта, основних даних, які несе даний об'єкт, ми будемо називати такі завдання — інформаційними. Серед інформаційних завдань найважливіше місце займають *пізнавальні*. [10]

Поняття «*пізнавальне завдання*» розглядається в загальній теорії задач, як узагальнення однойменного поняття, що використовується в психології, педагогіці, методології науки [6]

Перевагу в розробленні пізнавальних завдань ми будемо віддавати таким, які можна реалізувати на рівні навчального заняття: уроку, домашнього завдання, практичної роботи або навчального проєкту.

Враховуючи особливості процесу пізнання, який здійснюється на засадах вирішення пізнавальних завдань, визначимо його як основоположне в навчанні учнів.

Зазначимо, що в сучасний цифровому світі можливість отримати доступ до освітніх ресурсів зростає. З'являються різні види систем комп'ютерного моделювання процесів, явищ, об'єктів живої і неживої природи, що можуть бути застосовані для моделювання різних пізнавальних завдань.

4.3.2. Приклади використання пізнавальних завдань для формування компетентності

Основною метою роботи вчителя-предметника — є розвиток пізнавальних здібностей учня. Досягнення цієї мети дозволяє вирішити основні завдання навчання: забезпечити міцні і усвідомлені знання навчального матеріалу; підготувати учнів до активної участі у виробничій діяльності, формувати вміння самостійно поповнювати знання [89].

З огляду на вищезазначене, визначимо основні рівні пізнавальних завдань за характером мислення учня:

навчально-репродуктивне — розв'язання типової задачі;

аналітико-теоретичне — побудова загальнологічних висновків до змістової лінії та практичної частини задачі;

проблемне — розв'язання проблеми;

дослідницьке — організація та здійснення дослідження проблеми на засадах навчання;

творче — узагальнення даних та розроблення власних моделей, розв'язків.

Уточнимо окремі аспекти творчих завдань. На думку А. В. Хуторського, доцільно ввести таку класифікацію творчих завдань: когнітивні, креативні, організаційно-діяльнісні [201, с. 356].

Когнітивні завдання спрямовані на формування і розвиток пізнавальних умінь учнів: вміння ставити запитання, вміння відчувати навколишній світ, проводити досліді та експерименти, відшукувати причини виникнення явищ.

Креативні завдання забезпечують формування креативних властивостей особистості: вміння робити прогноз, чуйність до протиріч, гнучкість, фантазію, вміння придумати нове.

Організаційно-діяльнісні завдання формують здатність усвідомлювати і формулювати мету своєї навчальної діяльності, організовувати свій освітній простір, усвідомлювати результати свого навчання і давати оцінку [201, с. 368].

Можна виокремити такі *вимоги* до творчих завдань:

- відкритість (зміст проблемної ситуації або протиріччя);
- відповідність умови обраним методам творчості;
- варіативність розв'язків;
- облік актуального рівня розвитку;
- врахування вікових особливостей учнів [130, с.84].

Уточнимо класифікацію пізнавальних завдань за характером формування когнітивних здібностей учнів [201, с. 351]:

емоційно-образні — дозволяють створювати «образ» рішення проблеми, інтуїтивно мислити, оперувати уявними образами, «вживатися» в досліджуваний об'єкт;

оцінювально-освітні — критично мислити, порівнювати і зіставляти різні точки зору, оцінювати, давати прогноз і формулювати гіпотези, рефлексувати свою діяльність;

практико-освітні — конструювати, ставити досліди і проводити експеримент, спостереження, моделювати;

теоретико-орієнтовані — створювати «нове» знання, генерувати ідеї, задавати питання;

інформаційно-орієнтовані — узагальнювати, систематизувати, перетворювати навчальну інформацію, «кодувати і декодувати навчальний матеріал», інтерпретувати інформацію.

Пізнавальні завдання будемо класифікувати за ступенем складності: *прості, підвищеної складності, складні*.

Резюмуючи вищезазначене, приходимо до висновку, що роль пізнавальних завдань у навчанні предметів природничо-математичного циклу полягає в такому: вони слугують підґрунтям для організації навчальної діяльності учнів у формі постановки та пошуку розв'язування навчальних задач із метою розвитку когнітивних здібностей.

Як зазначає О. Ю. Буров, необхідно враховувати ще й той факт, що когнітивні здібності учнів залежать не тільки від навичок та мотивації, а й об'єктивних зовнішніх чинників, які зазвичай не враховуються в контексті особистості. Організаційні зусилля потрібні, щоб компенсувати розрив між здібностями учня та умовами його навчання. [233]

Тому до *складових формування* когнітивних здібностей учнів на закладах використання пізнавальних завдань в освітньому процесі, можемо віднести:

- *когнітивні засади* (допитливість, навчання новому, прийняття рішення);
- *когнітивні процеси* (розуміння, аналіз, оцінювання; створення нових знань);
- *когнітивну діяльність* (обговорення, генерування гіпотез, побудова висновків, планування);
- *когнітивні якості* (сприйняття інформації (тактильно, візуально, аудіально), запам'ятовування, відтворення, розуміння).

Моделювання, як метод пізнання, має багатовікову історію. Людина намагалася різними способами (словесно, графічно, за допомогою математичних формул, фізичних та технічних зразків) описати явища, за якими вона спостерігала і об'єкти, що її оточували.

Як зазначає Н. Данешхо (Naqib Daneshjo), комп'ютерні моделі існують двох типів [20]:

Перший тип. Комп'ютерні моделі, за допомогою яких можна аналізувати об'єкти або системи, перевіряти, спостерігати та уточнювати їх характеристики. Нині існує значна кількість комп'ютерних моделей природних процесів та явищ, що дозволяє здійснювати процес аналізу об'єктів простішим, пізнавальним, цікавішим та ґрунтовним.

Другий тип. Комп'ютерні моделі, що виникають у результаті розроблення та дизайну (наприклад, модель присадибного будинку). Ця діяльність зазвичай підтримується комп'ютерними технологіями. Отже, ми визначаємо методи автоматизації проектування, що потребує спеціального програмного забезпечення.

Процес експериментування з моделлю називатимемо симуляцією [240]. Експерименти з моделювання дозволяють здійснювати глибокий аналіз та визначати характеристики об'єкта, шукати альтернативи або розв'язки сформульованих задач.

Для навчання учнів предметів природничо-математичного циклу, коли вони лише пізнають світ і їм не вистачає візуальних об'єктів або природні процеси мають ознаки небезпеки, доцільно використовувати системи комп'ютерного моделювання двох типів.

Розглянемо комп'ютерне моделювання першого типу (симуляція першого типу) на прикладі моделей системи Phet (phet.colorado.edu) для проведення уроків математики. Математика вважається одним із складних предметів шкільного курсу. На уроках алгебри, наприклад, більшою мірою приділяється увага відпрацюванню навиків розв'язання різних прикладів та задач. Практично не залишається часу для проведення пізнавальних практикумів. Так, під час вивчення теми «Квадратична функція, її графік та властивості» учням 9 класу було б доцільно запропонувати самостійно визначити властивості парабол та особливості побудови графіків.

Для організації такого пізнавального практикуму учням достатньо було б завантажити симулятор Phet (phet.colorado.edu) та проаналізувати властивості парабол, задаючи різні значення змінних a , b , c (рис. 4.6.).

З метою поглиблення знань, учням доцільно запропонувати знайти область значення, проміжки спадання і зростання, знакосталості, найбільше і найменше значення функції, зробити аналіз отриманих результатів та сформулювати загальні висновки.

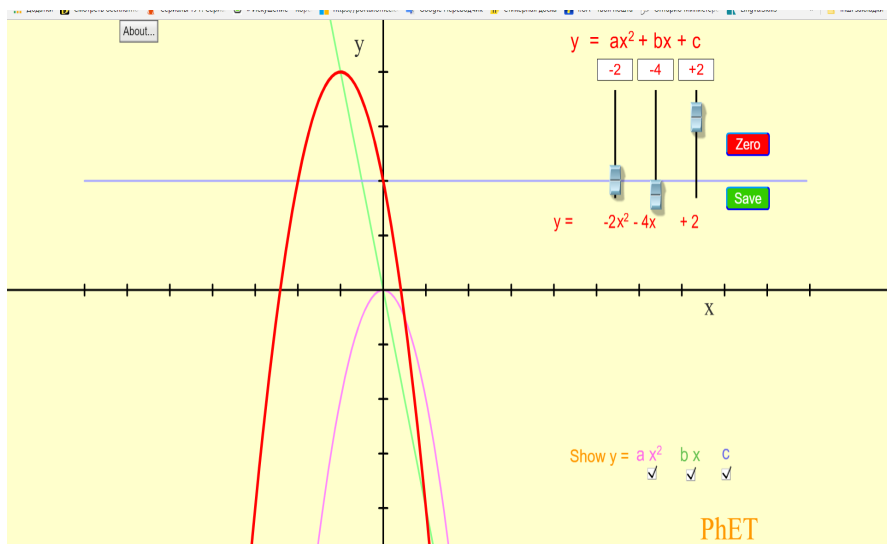


Рис. 4.6. Приклад використання системи комп'ютерного моделювання Phet

Прикладом комп'ютерного моделювання другого типу (симуляція другого типу) може бути виконання **дослідницького** пізнавального завдання:

Перший. Здійснення учнями пізнавальної діяльності:

- знайти в мережі Інтернет зображення Чеширського кота, дізнатися хто він;
- дослідити його посмішку.

Другий. Виконання пізнавальних завдань на засадах комп'ютерного моделювання:

- спроектувати посмішку Чеширського кота в системі комп'ютерного моделювання Phet (phet.colorado.edu), застосувавши комп'ютерну модель «Графіки» (Equation Grapher).

Третій. Розвиток когнітивних здібностей:

- порівняти спроектовану посмішку з зображенням;
- з'ясувати, як буде змінюватися спроектована посмішка, якщо настрій кота буде змінюватися;
- узагальнити властивості спроектованої посмішки (параболи) і т.д.

Четвертий. Визначення рівня сформованої компетентності учнів.

Описану послідовність міні-завдань спроектувати і в середовищі Desmos (desmos.com) (рис. 4.7).

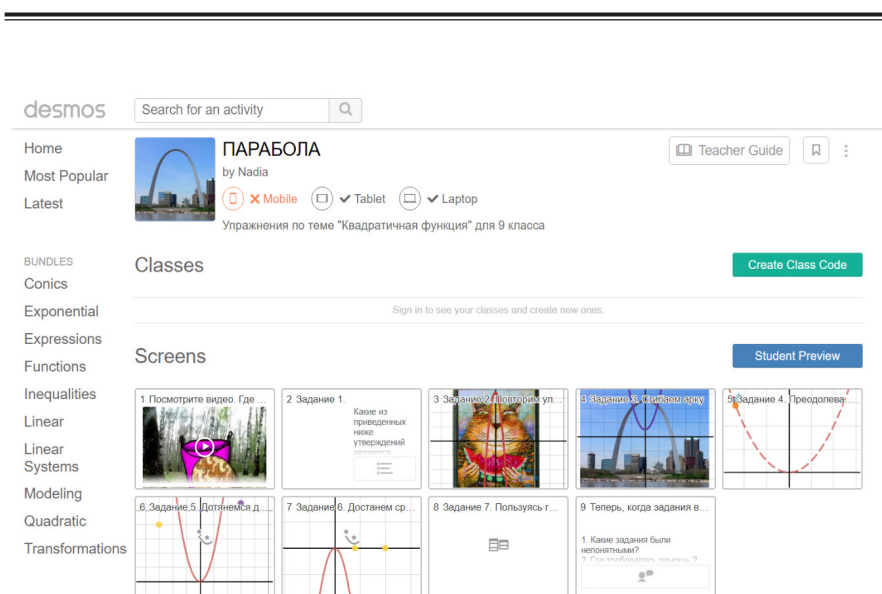


Рис. 4.7. Пример проектирования познавательного задания в Desmos

Робота з учнями може проводитися в малих групах з використанням планшетів або мобільних телефонів. Основні результати фіксувати в таблицях.

Мета такої роботи: самостійне здобуття знань про основні властивості парабол.

Для учнів, які працюють у хмаро орієнтованих навчальних середовищах результати роботи зберігати в таблицях (Excel Online), доступ до яких можуть мати усі учасники групи.

Така робота з добору даних буде здійснювати швидше і за результатами роботи будуть спостерігати усі учасники групи. Проміжні висновки кожен учень може нотувати в OneNote, а потім учасники групи можуть узагальнювати отримані результати допомогою сервісу Padlet (padlet.com) [113], [117], [105].

Спроектуємо описане завдання відповідно до рис.1. з урахуванням роботи учнів у хмаро орієнтованому середовищі (таб. 4.2.).

Розглянемо інший варіант пізнавального завдання, що реалізовано в системі комп'ютерного моделювання другого типу Desmos (desmos.com) під час вивчення теми «Графічний розв'язок нерівностей» (рис. 4.8).

Таблиця 4.2.

**Проектування пізнавального завдання з використанням
систем комп'ютерного моделювання**

№ етапу	Назва етапу	Зміст етапу	Засоби, сервіси, організаційні компоненти
0	Підготовчий етап (виконується вчителем)	створюється тематичний онлайн-блокнот	OneNote (в Office 365)
		надається доступ до нього усім учням класу за відповідним посиланням	Адміністративний компонент
		у блокноті розміщується посилання на твір «Аліса в країні див» Льюїса Керролла	Формуючий компонент
		у блокноті розміщуються посилання на систему комп'ютерного моделювання або комп'ютерна модель вбудовується як об'єкт	Формуючий компонент
		створюється дошка для обговорень «Чеширський кіт і парабола»	Padlet.com
		створюється анкета формуючого оцінювання	Forms (в Office 365)
1	Здійснення учнями пізнавальної діяльності	знайти у творі зображення Чеширського кота	блокнот One Note (в Office 365)
		дослідити його посмішку (гіпотези записати)	OneNote (в Office 365)
2	Виконання учнями пізнавальних завдань на засадах комп'ютерного моделювання	спроєктувати посмішку Чеширського кота в системі комп'ютерного моделювання	phet.colorado.edu, комп'ютерна модель «Графіки» (Equation Grapher)
		екранні копії розмістити на дошці обговорень	Padlet.com

3	Розвиток когнітивних здібностей учнів	порівняти спроектовану посмішку із зображенням, що представлене у творі	OneNote (в Office 365)
		з'ясувати, як буде змінюватися спроектована посмішка, якщо настрої кота буде змінюватися (висновки записати на спільній дошці)	Padlet.com
		узагальнити властивості спроектованої посмішки (параболи)	OneNote (в Office 365)
4	Рівень сформованості математичних компетентностей учнів	виконати формуюче оцінювання учнів (розглядаємо сервіс як засіб визначення рівня сформованої компетентності учнів)	Forms (в Office 365)

Завдання. У школі було оголошено конкурс на кращий дизайн стін у коридорах школи. Учитель математики запропонувала учням подумати, розробити дизайн та представити власні проекти у вигляді системи нерівностей.



Рис. 4.8. Приклад творчого пізнавального завдання підвищеної складності (Desmos)

Розглянемо детальніше виконання учнями **творчого** пізнавального завдання підвищеної складності.

Перше. Здійснення учнями пізнавальної діяльності:

- знайти в мережі Інтернет зображення вітражів, дізнатися що це;
- дослідити види вітражів.

Друге. Виконання пізнавальних завдань на засадах комп'ютерного моделювання:

- спроектувати кольорову схему вітража вікна;
- спроектувати вітраж для вікна кабінету математики в системі комп'ютерного моделювання Desmos.

Третє. Розвиток когнітивних здібностей:

- порівняти спроектовані вітражі;
- з'ясувати, як буде змінюватися спроектований вітраж, якщо змінювати граничні значення нерівностей;
- узагальнити знання учнів про графічний розв'язок нерівностей і т.д.

Четверте. Визначення рівня сформованої компетентності учнів (див. рис. 4.4.).

У системі комп'ютерного моделювання Desmos використати не лише внутрішню математичну систему розрахунків, а й додати елементи кольорової гами. Цей аспект дає можливість урізноманітнити результати учнівських робіт; надати процесу опанування математичних основ певного художнього оформлення; наблизити задачі до реальних життєвих потреб. Наприклад: спроектувати фрагмент художнього оформлення стелі або підлоги; спроектувати дизайн сумки або обкладинку учнівського зошита.

Визначимо основні *типи уроків*, які здійснюються на засадах діяльнісного підходу (за Л. Г. Петерсон): відкриття нового знання: формування вміння самостійно будувати нові поняття і способи дій; побудова системи знань: формування вміння узагальнювати і структурувати знання; розвиваючий контроль: формування вміння здійснювати контрольну функцію; рефлексія (підсумковий урок за темою): формування вміння фіксувати свої труднощі в діяльності, виявляти їх причини, будувати шляхи їх вирішення [150, с. 141].

Використання комп'ютерного моделювання варто застосовувати як на уроках, так і в роботі тематичних гуртків, у процесі підготовки робіт до конкурсу Малої академії наук, на факультативних заняттях, під час літніх предметних експедицій і практик та ін.

4.4. БІЛІНГВАЛЬНИЙ ПІДХІД У ФОРМУВАННІ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ УЧНІВ ІЗ ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНИХ ПРЕДМЕТІВ НА ЗАСАДАХ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

4.4.1. Теоретичні засади формування компетентності учнів із природничо-математичних предметів

Наукова грамотність (science literacy) є одним із компонентів дослідження PISA (Programme for International Student Assessment). «Це дослідження сприяє усвідомленню місця природничо-наукових дисциплін в українській школі та їхнього змісту, адже розуміння природничо-наукової освіченості як однієї з ключових компетентностей не в повній мірі відповідає усталеній в Україні традиції навчання фізики, хімії, біології, географії й астрономії в школі» [1, с. 4].

Термін «грамотність» визначається як вміння читати, писати й використовувати мову [171]. Однак експерти Організації Об'єднаних Націй із питань освіти, науки і культури (ЮНЕСКО) запропонували визначити грамотність як «здатність ідентифікувати, розуміти, інтерпретувати, створювати, спілкуватися і обчислювати, використовуючи друковані та письмові матеріали, пов'язані з різними контекстами». Експерти відзначають: «Грамотність описують як безперервне навчання, що дозволяє людям досягати своїх цілей, розвивати свої знання і потенціал, і в повній мірі брати участь у житті свого суспільства і суспільства в цілому» [292].

Концепція наукової грамотності стосується як знань про науку, що вивчає питання створення, розвитку і збереження природи світу, так і знань про наукові технології, спрямованих на досягнення ефективного розв'язання реальних життєвих проблем.

З визначення, запропонованого ЮНЕСКО, зрозуміло, що грамотність — це одна з ключових компетентностей, зазначених в рамковій програмі ЄС щодо оновлення компетентностей для навчання впродовж життя (2018 р.), а експертами окремо визначено **основні** компетентності у природничих, точних науках та математичну компетентність.

Компетентність у точних науках — це здатність використовувати знання і методології відповідно до людських потреб і бажань. Компетентність у природничих науках передбачає розуміння змін, спричинених людською діяльністю, і індивідуальну відповідальність кожного громадянина [1].

Тому природничо -наукову компетентність визначимо як здатність особи вивчати й розв'язувати питання, пов'язані з наукою та ідеями про науку.

Природничо-наукова компетентність включає три складники: здатність пояснювати явища науково, оцінювати та розробляти наукові дослідження, науково інтерпретувати дані й докази [21].

Здатність пояснювати явища науково (розпізнавати, пропонувати й оцінювати пояснення різних природних і технологічних явищ):

- згадувати й застосовувати наукові знання про природні явища і процеси;
- виявляти, використовувати й обґрунтовувати природні закономірності та представляти результати;
- робити відповідні прогнози;
- пропонувати часткові гіпотези;
- пояснювати потенційні результати наукових досліджень.

Здатність оцінювати та розробляти наукові дослідження (описувати й оцінювати наукові дослідження й пропонувати шляхи розгляду питань із наукової позиції, демонструючи здатність):

- виявляти проблемні питання в конкретному науковому дослідженні;
- розпізнавати питання, які можна вивчити з наукової точки зору;
- пропонувати способи вивчення досліджуваного питання з наукової точки зору;
- оцінювати способи вивчення досліджуваного питання з наукової точки зору;
- описувати й оцінювати надійність даних, їх об'єктивність і узагальнені пояснення.

Здатність науково інтерпретувати дані й докази (аналізувати й оцінювати наукові дані, твердження й аргументи в різних формах презентації та робити відповідні висновки, демонструючи здатність):

- переносити дані з однієї форми подання в іншу;
- аналізувати й інтерпретувати дані та робити відповідні висновки;
- відрізняти аргументи, зроблені на основі наукових доказів і на основі теорії, від тих, що ґрунтуються на інших міркуваннях;
- оцінювати наукові аргументи й докази з різних джерел (наприклад, із газет, журналів, Інтернету тощо) [1].

Природничо-наукова компетентність містить такі компоненти: ставлення, критичне оцінювання, допитливість, етичні питання, повагу як до безпеки так і до сталого розвитку, зокрема що стосується

наукового і технологічного процесу у поєднанні з власними потребами, сім'ї, спільноти і глобальними питаннями [293].

Важливим складником є і математична компетентність — це здатність застосовувати логіко-математичне мислення для вирішення проблем у повсякденному житті, зокрема просторове мислення і математичний апарат (формули, моделі, конструкції, графіки, діаграми); математично обґрунтовувати, розуміти математичні докази, спілкуватися математичною мовою та використовувати відповідні засоби, зокрема статистичні дані та графіки [293].

Ефективне формування компетентностей із природничо-математичних предметів може здійснюватися з використанням спеціального онлайнового середовища [110], [120] і сучасних сервісів [117] та систем комп'ютерного моделювання [107], [153].

Наявність зарубіжних розробок таких, як Yenka (<http://www.yenka.com/>), CK-12 (<https://www.ck12.org>), Phet (<https://phet.colorado.edu>), Віртуальна хімія (<http://www.chem.ox.ac.uk/vrchemistry/>), Віртуальна хімія (<http://virtualchemistry.org/>), OLABS (<http://www.olabs.edu.in/>), MOZAIK education (<https://www.mozaweb.com>) дає можливість учням підвищити компетентність із природничо-математичних предметів, проте переклад цих ресурсів українською мовою більшою мірою відсутній, що є підставою для використання комп'ютерних моделей в освітньому процесі на засадах білінгвального підходу (рис. 4.9-4.10).

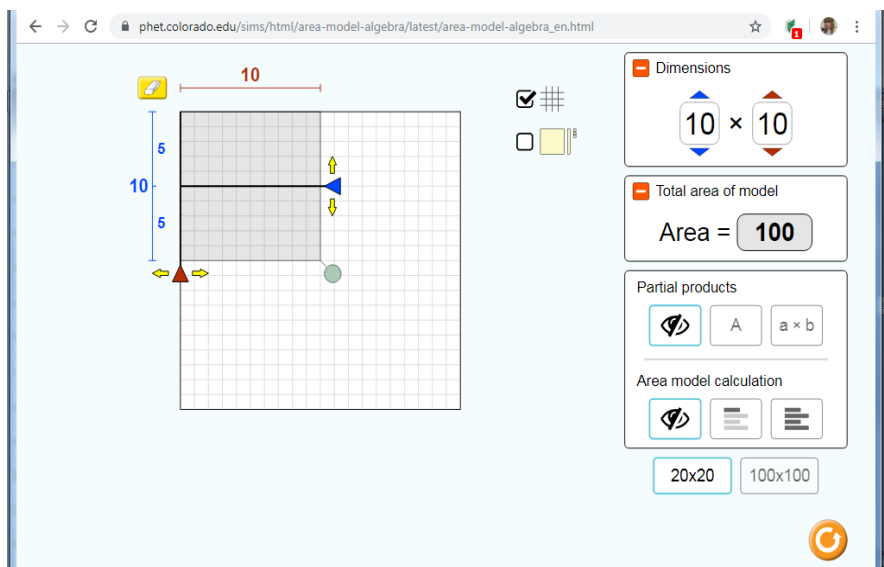


Рис. 4. 9. Комп'ютерне моделювання на сайті phet. colorado.edu (англомовний сайт)

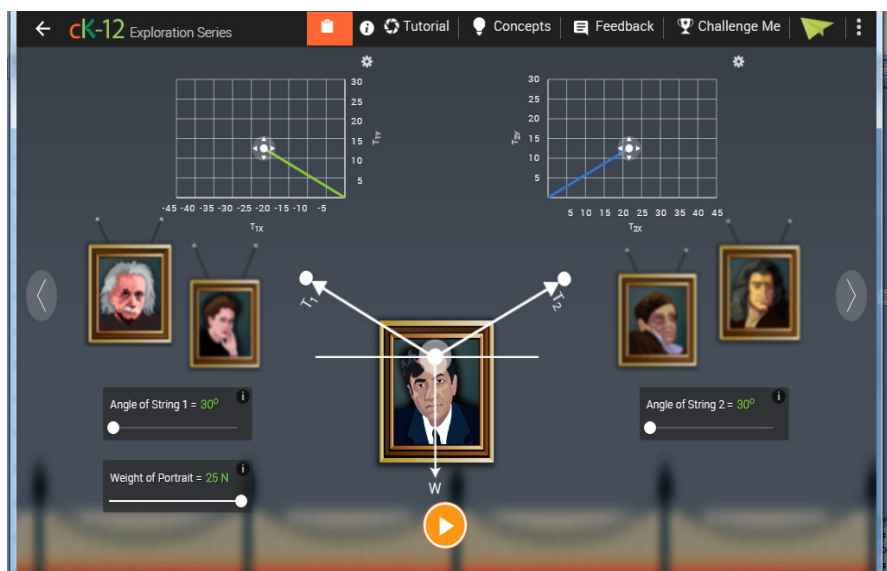


Рис. 4.10. Комп'ютерне моделювання на сайті www.ck12.org (англомовний сайт)

4.4.2. Білінгвальний підхід у використанні комп'ютерного моделювання для формування компетентностей учнів із природничо-математичних предметів

Сьогодні знання іноземної мови, зокрема англійської в загальноосвітньому просторі є необхідною умовою для здійснення успішної навчальної, професійної діяльності та культурного розвитку особистості. У Рамковій програмі дій «Освіта 2030» із реалізації цілей стійкого розвитку в задачі 4.1. визначено необхідність зміцнення двомовної і багатомовної освіти в багатомовному контексті [245, с. 38].

Враховуючи відсутність вітчизняних україномовних Інтернет-порталів і цифрових систем із комп'ютерними моделями, що відповідають програмі шкільного курсу з природничо-математичних предметів введення двомовного (білінгвального) підходу в навчання є актуальним, що сформувало новий напрям у білінгвальній освіті.

Теорія білінгвальної освіти інтенсивно розвивається як в Україні, так і за кордоном. Все більше дослідників у власних роботах порушують питання використання іноземної мови для вивчення предметів шкільного курсу іноземною мовою і використання її як засобу навчання [146].

Розглянемо основні поняття і терміни цього дослідження. Білінгв — людина, яка вільно володіє двома мовами [171].

Білінгвальна освіта (bilingual education) — це процес здобуття освіти двома мовами: рідною (перша) та іноземною (друга). Вона є процесом використання двох мов у якості засобів навчання для однієї і тієї ж вибірки учнів за допомогою спеціальних програм, які охоплюють весь навчальний план або його частину. Така програма розвиває у дітей гордість за причетність до двох культур. Білінгвальне навчання — це низка моделей і програм, об'єднаних єдиним принципом: у процесі навчання вживаються дві мови [29].

Білінгвальне навчання є засобом здобуття освіти двома мовами та процесом формування особистості, відкритої до взаємодії з оточуючим світом. У процесі такого навчання іноземну мову розглядають не лише як засіб повсякденної комунікації, але і як інструмент пізнання світу, отримання спеціальних знань, досягнення високого інтегративного рівня мовної та предметної компетентності.

За [208] білінгвальне навчання можна розглядати як взаємовигідну діяльність здобувачів освіти і педагога у процесі навчання окремих предметів рідною й іноземною мовами з метою поглиблення освітнього змісту з предмету, що вивчається.

У результаті білінгвального навчання відбувається синтез комунікативної і предметної компетентностей [168]. Водночас пояснюється можливість узгодження, аналізування, сортування та оцінювання об'єктів дослідження. Таким чином, реалізовується можливість успішної інтеграції до умов світового освітнього простору.

Враховуючи позитивний досвід [128] щодо використання глосарію у процесі білінгвального навчання математики, окреслимо цей процес як складову білінгвального підходу у формуванні компетентностей учнів із природничо-математичних предметів на засадах використання комп'ютерного моделювання.

Білінгвальний підхід — володіння і поперемінне користування тією самою особою або колективом двох різних мов або різних діалектів тієї самої мови [55].

*На нашу думку, **білінгвальний підхід** — це адаптивне використання іноземної мови під час вивчення природничо-математичних предметів.*

Навчання двома мовами можна здійснити двома способами: природним (людина-людина) і цифровим (машина-людина).

Форми використання двох мов можна визначити такі: вербальна, письмова, візуальна, аудіальна, комбінована.

Вербальна — обмін і сприйняття словесних повідомлень.

Письмова — обмін і сприйняття письмових повідомлень.

Візуальна — сприйняття візуальних зображень, знаків, образів візуальної мови.

Аудіальна — сприйняття звукової інформації (тексти тощо).

Комбінована (аудіо-вербально-візуальна) — представляє собою синтез вербальної (письмової), візуальної (статичної і динамічної) та аудіальної (усної) форм обміну і сприйняття повідомлень [187].

Виокремлюють чотири моделі білінгвального навчання з точки зору співвідношення рідної та іноземної мови [208]:

- дублююча, яка використовується на початковому етапі навчання і за якої пропонується вивчення однієї і тієї ж одиниці змісту рідною та іноземною мовами;
- адитивна, за якої вивчення іноземною мовою додаткової інформації, частково або суттєво збагачує зміст матеріалу, що вивчається рідною мовою;
- паритетна, за якої рідна та іноземна мови використовуються рівномірно в розкритті змісту природничо-математичних предметів;
- домінуюча, за якої обсяг іноземної мови перевищує рідну.

Виокремимо види діяльності здобувачів освіти у процесі використання комп'ютерного моделювання на засадах білінгвального підходу:

- читання та розуміння прочитаного: читання слів, термінів, назв об'єктів, текстів завдань англійською мовою;
- слухання та розуміння: аудіосупровід експерименту, аудіопідказки англійською мовою;
- письмо: ведення глосарію, словників, переклад текстів завдань тощо.

Застосування такої діяльності учнів як говоріння на цьому етапі здійснюється в мінімальних обсягах. Для реалізації повноцінного білінгвального навчання вчитель-предметник має володіти іноземною мовою на рівні викладача.

Види дидактичних матеріалів та їхня мова не регламентуються, але їхній рівень має відповідати середній мовній компетентності конкретних учнів.

У процесі вивчення досвіду навчання [146], враховуючи досвід автора, визначено, що білінгвальний підхід для навчання природничо-математичних предметів на засадах використання комп'ютерного моделювання характеризується такими **особливостями**:

- застосовуються спеціальні білінгвальні методичні прийоми і засоби навчання;
- застосовуються додаткові двомовні джерела для вивчення природничо-математичних предметів (адаптовані тексти, завдання, задачі, словники, тезауруси);
- застосовуються різні форми організації білінгвальної навчальної діяльності з використанням систем комп'ютерного моделювання;

- застосовуються білінгвальні методи навчання з використанням систем комп'ютерного моделювання;
- створюються умови для активного включення учнів у самостійну роботу з двомовним навчальним матеріалом;
- створюються умови для інтерактивного включення учнів у самостійну роботу з системами комп'ютерного моделювання або додатковими ресурсами мережі Інтернет.

4.4.3. Етапи реалізації білінгвального підходу у навчанні природничо-математичних предметів на засадах використання систем комп'ютерних моделей

У ЗЗСО білінгвальний підхід під час викладання природничо-математичних предметів здійснюється в чотири етапи: підготовчий, ознайомлювальний, формувальний, підсумковий (рис. 4.11.).



Рис. 4.11. Етапи реалізації білінгвального підходу

Підготовчий етап передбачає такі дії вчителя:

- аналіз змісту навчального матеріалу актуальної для вивчення теми з природничо-математичних предметів;
- добір теоретичного матеріалу для засвоєння учнями;
- добір комп'ютерних моделей для уяочення і засвоєння навчального матеріалу учнями;
- розроблення пізнавальних задач і добір до них комп'ютерних моделей;
- розроблення білінгвального словника до актуальної для вивчення теми з природничо-математичних предметів.

Ознайомлювальний етап пов'язаний зі сприйняттям нового матеріалу, цьому за такої умови учень здійснює такі дії:

- отримує відомості з природничо-математичних предметів рідною мовою;

- білінгвально (тобто рідною та іноземною мовою) закріплює основні терміни і поняття;
- ознайомлюється з комп'ютерними моделями, їх основними характеристиками, функціоналом та позначеннями;
- виконує роботу зі словником (госарієм), граматичним довідником або дидактичним матеріалом для пошуку невідомих лексичних одиниць і граматичних конструкцій (табл. 4.3).

Таблиця 4.3.

Зразок словника до уроку

Термін англійською мовою	Транскрипція	Термін українською мовою	Примітки
Wire	[ˈwaɪər]	Дріт	
Battery	[ˈbætri]	Акумулятор	
Light Bulb	[laɪt] [bʌlb]	Лампочка	
Switch	[swɪtʃ]	Вимикач	
Electrons	[ɪˈlek.trən]	Електрони	

Формувальний етап передбачає, що учні:

- виконують практичні завдання рідною мовою (підручник, посібник, робочий зошит);
- виконують пізнавальні завдання на засадах білінгвального підходу з використанням комп'ютерного моделювання (рис. 4.12.);

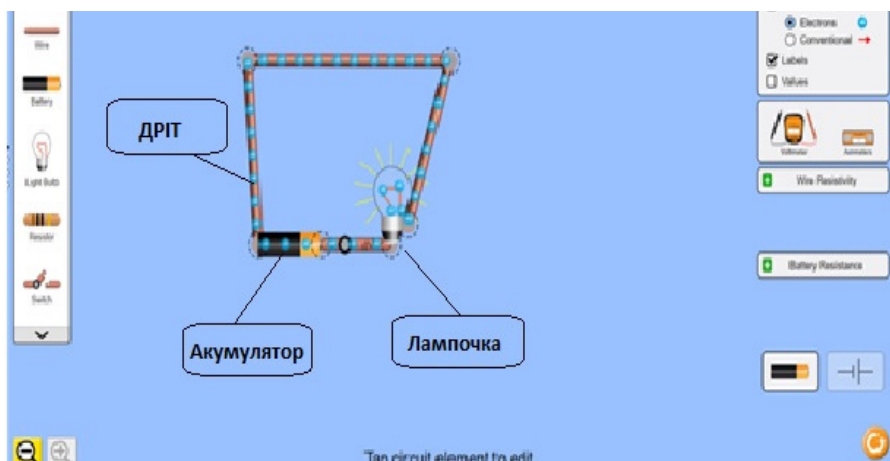


Рис. 4.12. Побудова електричної схеми учнями
(з демонстрацією руху електронів)

-
- обговорюють отримані результати, висуюють і відстоюють власну точку зору, беруть участь у дискусіях;
 - беруть участь у формулюючому оцінюванні: виконання письмових тестів, диктантів, вправ, завдань.

Підсумковий етап передбачає:

- проміжне контрольне оцінювання рівня навчальних досягнень учнів;
- підсумкову контрольну роботу;
- виконання міні-проєкту дослідницького змісту тощо.

Недостатній рівень знань учнів основних понять, принципів, законів природничо-математичних предметів шкільного курсу, є однією з основних причин низького рівня зацікавленості здобувачів освіти такими предметами, як фізика, хімія, біологія. Комп'ютерне моделювання природних процесів і розв'язування задач різного типу сприятиме розвитку науково-природничої компетентності учнів, що, у свою чергу, забезпечить у подальшому успішне опанування змісту природничо-математичних предметів.

4.5. ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІ ІНСТРУМЕНТИ ПОБУДОВИ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ ОСВІТНЬОЇ ТРАЄКТОРІЇ УЧНІВ

Стандарти загальної середньої освіти описують лише ключові вимоги до освіти молоді. Варіативним залишається шлях і форми здобуття освіти. Потенційно, учні можуть обирати форму навчання й відповідні програми. У результаті, кожний учень реалізує власну індивідуальну освітню траєкторію. Час здобуття середньої освіти досить тривалий. На цілепокладання і прийняття рішень щодо форм і програм здобуття освіти впливає багато різноманітних факторів. Тому вбачається доцільним розроблення та застосування відповідних навігаційно-рекомендуючих ресурсів, які полегшують і систематизують пошук інформації, її опрацювання та прийняття рішень.

Індивідуальна освітня траєкторія (ІОТ) — персональний шлях реалізації особистісного потенціалу здобувача освіти формується з урахуванням його здібностей, інтересів, потреб, мотивації, можливостей і досвіду, ґрунтується на його виборі видів, форм і темпу отримання освіти, суб'єктів освітньої діяльності та пропонованих ними освітніх програм, навчальних дисциплін і рівня їх складності, методів і засобів навчання. ІОТ у навчальному закладі може бути реалізована через індивідуальний навчальний план.

І. Акірі зазначає [4], що майбутнє методичного забезпечення за **навчально-методико-дидактичними комплексами**, що разом зі шкільними підручниками (текстовими), мають забезпечити реалізацію широкого спектру стилів пізнавальної діяльності в контексті реалізації ІОТ учня, у тому числі:

- *алгоритмічний* (рішення задач за зразком, алгоритмом);

-
- *візуальний* (знаходження зв'язків, відповідностей, порівняння різних інформаційних мов);
 - *прикладний* (використання готових моделей, побудова та використання нових);
 - *дедуктивний* (розвиток дедуктивних міркувань);
 - *досліджувальний* (збір інформації, обробка і представлення даних, евристика, класифікація й узагальнення даних, відомостей);
 - *комбінаторний* (орієнтація на розгляд різних варіантів, проведення підрахунків і оцінок);
 - *інтегруючий* (реалізація міжпредметних зв'язків, перенесення знань у різні галузі, рішення комплексних проблем і важливих життєвих ситуацій, прояв компетенцій).

Індивідуальна освітня траєкторія, використовувана як освітня програма, має бути структурованою. До її структури мають бути включені такі компоненти: *цільовий, змістовий, технологічний, діагностичний, організаційно-педагогічний, результативний*.

Аналіз теоретичних джерел дозволив виокремити подані нижче елементи освітньої парадигми, необхідні для застосування під час впровадження ІОТ.

Цінності: навчання для самореалізації, для прояву і розвитку власних особистісних якостей, для прояву індивідуального призначення.

Мотиви: зацікавленість учнів у процесі вчення, задоволення від досягнення освітніх результатів; зацікавленість викладача в розвитку учнів, задоволення від спілкування з ними.

Норми: учні беруть на себе відповідальність за власне навчання; авторитет викладача створюється за рахунок його особистісних якостей і саморозвитку професійних і особистісних компетенцій.

Мета: спрямованість на оволодіння основами людської культури і ключовими компетентностями (ціннісно-смісловими, інформаційними, пізнавальними, комунікативними тощо); усвідомлення викладачем права учня на особистісні освітні цілі.

Позиції учасників освітнього процесу: педагог створює умови для самостійного навчання; взаємне партнерство викладача й учня.

Форми і методи: демократичні, динамічні форми організації освітнього процесу; акцент — на самостійну роботу учнів.

Засоби: традиційні підручники доповнюються ресурсами інформаційно-телекомунікаційних систем і ЗМІ.

Контроль та оцінювання: зміщення акценту на самоконтроль і самооцінювання учнів.

Кожен учень має власні суб'єктивні картини (моделі) навколишнього світу і персонально себе. Ці моделі мають певну відповідність з об'єктив-

ною реальністю. Ступінь відповідності залежить від учня, його світогляду, підготовки, освіти та інших факторів. Учень починає будувати власну картину світу з народження. Спочатку вона обмежується тільки найближчими людьми і навколишнім оточенням, потім, поступово, межі дослідження розширюються та бачення уточнюється.

Також учень має відповідні моделі змін, які він визнає і використовує для прийняття рішень. Тобто, ці моделі певним чином допомагають учню передбачити, що буде через деякий час з ним і навколишнім світом (картина змін себе і навколишнього світу). Різні учні в однакових ситуаціях ведуть себе по-різному. Те, що може дозволити собі один, в силу свого виховання і різних обмежень-установок (політичних, соціальних, етичних, психологічних і т. п.), не може дозволити собі інший. Індивідуальні картини світу людей надають їм різну ступінь свободи та результативності дій.

Мета створення ІОТ: зменшення витрат часу та ресурсів на досягнення цілей плану розвитку. Групи показників ІОТ представлено на рисунку 4.13.



Рис. 4.13. Групи показників інформаційно-освітньої траєкторії

Методика складання ІОТ. Основні учасники: власне суб'єкт, для якого складається ІОТ (учень), батьки, близькі люди, вчителі, значущі дорослі, значущі друзі, ровесники, професіонали, психолог, тьютори, консультанти. Складання ІОТ — процес безперервний і слабо структурований. Чим менший вік власника ІОТ, тим об'єктивно хаотичнішим може бути процес її складання. Задача автоматизації цього процесу нагадує задачу створення розкладу. Ефективним алгоритмом її вирішення є виявлення, фіксація та автоматична візуалізація існуючих обмежень або правил.

Зазвичай, простір реального вибору суттєво зменшується, що дозволяє зосередитись на аналізі найбільш реальних варіантів. Розглянемо основні точки «входу» в процес складання ІОТ.

Цінності. Пауль Тагард наголошує: «Цінності є нейронними процесами, що виникають внаслідок зв'язування когнітивних уявлень про цілі та переконання з емоційними настроями. Емоції поєднують такі уявлення з когнітивною оцінкою, яка відображає те, наскільки ваша поточна ситуація сприяє або загрожує вашим цілям»(<http://surl.li/bjws>). Тобто цінності об'єднують показники і критерії, на основі яких людина приймає рішення. У дитини цінності, зазвичай, тільки формуються. Це може суттєво впливати на усі інші процеси. Тому крім управління навчанням, необхідно також передбачити управління цінностями.

Цілі. Можна перерахувати освітні цілі. Вони свідомо не можуть бути вказані повно і вичерпно точно. Потрібно передбачати доповнення і зміни цілей в часі, і можливість їх подальшої деталізації. Бажано формулювати цілі так, щоб їх можна було легко ідентифікувати і вказати, досягнута ціль чи ні. Треба враховувати, що цілі можуть бути різних типів. Наприклад, цілі досягнення або підтримки (того що вже було досягнуто).

Програми. Періодичне заняття з передбачуваною загальною чи спеціальною корисністю. Навіть і без чітко сформульованих цілей (результатів), можуть вибиратися як самим суб'єктом ІОТ, так і нав'язуватися (рекомендуватися) батьками, державними структурами, навчальними закладами, незалежними розробниками програм.

Інтереси. Займатися тим, чим цікаво. Для кожної людини дуже важливо знайти такі заняття для себе. Адже лише вони є ресурсними. Тільки те що цікаво, дає людині додаткові життєві ресурси. Їх потім можна використовувати на те, що «потрібне, але не цікаве».

У кінцевому результаті, ІОТ — це або перелік діяльностей, або перелік очікуваних результатів, або їх поєднання. ІОТ, як готовий результат, це просто. Складним є власне процес його побудови та відповідь на питання: «Чому саме такий зроблено вибір?». Для прийняття обґрун-

тованих рішень можна використовувати методику «Квадрат Декарта» (<http://surl.li/bjwr/>).

Концептуально, ІОТ в кожний момент часу повинна давати відповідь особі на просте питання «Який наступний крок?». Тобто вся відома інформація про особу (здібності, потреби, інтереси, мотиви, можливості, досвід, особливі умови, цілі тощо) через ІОТ має перетворюватись у послідовність кроків, які необхідно виконувати особі для досягнення обраних цілей. Зауважимо, що ця послідовність кроків не є статичною. Вона може динамічно змінюватись у залежності від поточних результатів та зміни цілей.

Пропонується будувати і модифікувати ІОТ по спіралі. Після прийняття рішення про побудову ІОТ періодично повторюються послідовності дій, які дозволяють забезпечити ІОТ просування в конкретній освітній сфері (табл. 4.4).

Ми проаналізували сім запропонованих етапів [4] і сформували переліки функцій та очікуваних результатів кожного етапу. Зрозуміло, що багато функцій можуть бути реалізовані за допомогою застосування інформаційно-комунікаційних технологій (табл. 4.4.).

Таблиця 4.4.

Функції, інструменти та результати реалізації ІОТ

Функції	ІКТ інструменти	Результат
1-й етап. Діагностика учителем (і не тільки вчителем) рівня розвитку і ступеня вираження особистісних якостей учнів, необхідних для здійснення тих видів діяльності, які притаманні даній освітній сфері або її частині.		
Фіксація: стартового обсягу і предметного змісту освіти (спостереження в діяльності, тестування, конкурси, спостереження за вибором і перевагою учнів до вибору завдань різного типу); розвитку органів-знань.	Тести, опитувальники, анкети, BigData, аналіз соціальних мереж, інформація від батьків.	Переліки: знань, умінь, навичок, інтересів, здібностей, потреб, мотивів, можливостей, досвіду, особливих умов, із зазначенням їх ступеня прояву; станів розвитку органів-знань.

2-й етап. Фіксування кожним учнем, а потім і вчителем фундаментальних освітніх об'єктів (ФОО).		
Фіксація: переліку відомих і можливих ФОО; опису функціонального прояву ФОО (відповідь на питання: Навіщо цей ФОО вивчати?); зони найближчого розвитку дитини. Рекомендує (показує) дитині ФОО, його найближчої зони розвитку. Це повинно сфокусувати і спростити вибір; ФОО рекомендованих стандартом. Вони має бути структуровані і перераховані, учень повинен знати, що вимагається; ФОО суб'єктивно значущі для учня. Формуються в процесі побудови ІОТ.	Бази даних, опитувальники, анкети, BigData, Mind Map.	Переліки: перелік та послідовність ФОО для майбутнього вивчення (освоєння).
3-й етап. Вибудовування системи особистого ставлення учня до майбутньої освітньої сфери або теми, яку має вивчати.		
Фіксація: особистісного ставлення до визначеного переліку ФОО; накопичення індивідуальних ознак (аргументів) ЗА і ПРОТИ вивчення предметної області, теми, підтеми; поступове формування квадратів Декарта за кожним напрямом (область, тема, підтема).	Анкетування, майнд-карти, бази даних, пошукові системи, мультимедійні матеріали, мапи.	Переліки: перелік тем, які в роботі або які бажано досліджувати; побудова і постійне уточнення власної картини світу.

4-й етап. Програмування кожним учнем індивідуальної освітньої діяльності по відношенню до «власних» і «загальних» ФОО.		
Фіксація: власних бажаних кінцевих ОП і форми їх подання; засобів і способів діяльності; системи контролю і оцінки власної діяльності; створення первинного плану роботи.	Тести, майнд-карти, системи індивідуального та колективного планування, пошукові системи, мапи, системи управління розподіленню взаємодією, системи управління навчанням.	Планування: створення динамічного плану роботи в відповідному середовищі; долучення до плану довірених люди і учасників процесів; обмін даними планувальників через спеціальні бази даних. Наприклад, якщо у когось заплановано «Повчитися робототехніці», то можна показати це курсам з робототехніки.
5-й етап. Діяльність з одночасної реалізації індивідуальних освітніх програм учнів і загальногрупової освітньої програми.		
Функції. колективні заняття включають в себе пред'явлення учням ФОО; засвоєння способів роботи з ними, створення і вирішення освітніх ситуацій; отримання учнями індивідуальних освітніх продуктів — суб'єктивних образів ФОО; демонстрацію, зіставлення і обговорення продуктів навчання. Організуюча роль відводиться системі освітніх стандартів, що забезпечують поряд з індивідуальною траєкторією навчання, досягнення учнями нормативного освітнього рівня.	Електронні навчальні середовища, тести, майнд-карти, системи індивідуального та колективного планування, системи онлайн спілкування та взаємодії, пошукові системи, мапи, системи управління розподіленню взаємодією, системи управління навчанням, системи ведення портфоліо.	Сформовані освітні продукти.

6-й етап. Демонстрація особистих освітніх продуктів учнів і їх колективне обговорення.		
Фіксація: Електронні портфоліо Europass, Youthpass, взаємооцінювання публічні конкурси, квести, чемпіонати, сертифікації	Електронні навчальні середовища, системи онлайн-спілкування та взаємодії, системи ведення портфоліо, системи тестування та сертифікації, бази даних.	Визнання. визнання результатів (ОП); визначення «позиції» учня в оточуючому просторі; визначення «позиції» учня на власній карті розвитку та рівень просування за період.
7-й етап. Рефлексивно-оцінний.		
<i>Фіксація.</i> Індивідуальні і загальні освітні продукти діяльності (у вигляді схем, концептів, матеріальних об'єктів); Застосовувані (репродуктивно засвоєні або творчо створені) види і способи діяльності; Аналіз запланованих і досягнутих ФОО; Візуалізація прогресу у вигляді портфоліо, карти lapbook. <i>Метрики.</i> Інструменти організації метрик (які показники враховувати, які показники формувати, внутрішні і зовнішні узгодженість показників процесів та результатів).	<i>Інструменти.</i> Системи ведення портфоліо, системи тестування та сертифікації, системи візуалізації даних, мапи.	<i>Усвідомлення.</i> Усвідомлення і оцінка досягнення індивідуальних і загальних цілей, рівня своїх внутрішніх змін, засвоєних способів освіти і освоєні учнем сфери. Оцінка загального освітнього процесу, колективно отриманого результату і способів їх досягнення.

Реалізувати кроки 1-7 без відповідної автоматизації досить проблематично. Пропонується наступний механізм управління побудовою та реалізацією індивідуальної освітньої траєкторії. Цей механізм базується на множині *технологічних патернів*.

Під *технологічним патерном* ми розуміємо фрагмент предметної області з комплексним відображенням різних важливих його аспектів. Основні з них: об'єкти, стани, властивості, форма, зв'язки з іншими

об'єктами, інструменти обробки та застосування, матеріали, ментальні моделі, функціональні моделі, технології, фундаментальні освітні об'єкти, інтереси, уміння тощо.

Типова структура технологічного патерну наведена на малюнку. Показані типи об'єктів, які формують структуру патерну (рис. 4.14.).

Вивчення природничо-математичних предметів обов'язково має передбачати фізичне знайомство дитини з відповідними об'єктами. Без фізичного знайомства неможливо побудувати міцний фундамент для пізнання цих об'єктів. Однією з проблем є часта відсутність інтересу дитини до певних об'єктів під час їхнього вивчення за програмою.



Рис. 4.14. Структура технологічного патерну

Так чи інакше, дитина в повсякденному житті стикається з проявами цих об'єктів. Ці прояви важко передбачити та систематизувати. Але можна створити середовище, у якому дитина може знайти саме те, що її цікавить зараз в доступній формі. У якості такого середовища ми пропонуємо розглядати комбінацію *онлайн-платформи та оффлайн-хаба*, де будуть передбачені відповідні умови. Це дає можливість опанування палітрою різних навичок та технологій, відкриває для дитини радість пізнання та можливість генерувати та втілювати власні ідеї, проекти. У результаті багато дітей отримають можливість обрати собі цікаве та корисне заняття та швидко знайти місце, де фізично можна їм займатись. Схема взаємодії онлайн- та оффлайн-середовищ показана на рисунку 4.15. Загальна схема застосування технологічних патернів показана на рисунку 4.16.

Конструкція опису одного блоку патерну (<https://sites.google.com/III.kpi.ua/dilodity/main>). Візуально патерни надаються користувачеві у вигляді власної сторінки skills-портфоліо. Це може бути онлайн-портфо-

ліо в персональному профілі або паперовий блокнот — із відповідними блоками з патернів. Паперовий блокнот це щось середнє між заліковою книжкою та програмою навчання. Учень може вибрати цікавий йому блок та пройти всі завдання.

Комбіноване середовище

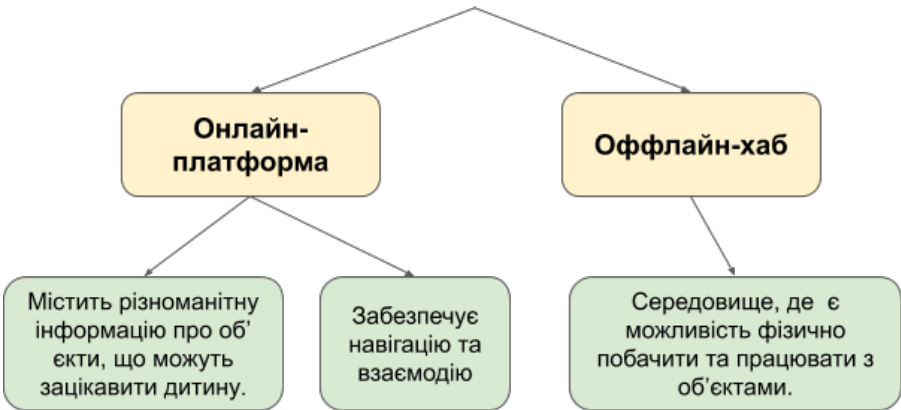


Рис. 4.15. Приклад розподіленого комбінованого освітнього середовища

Функціонування технологічних патернів

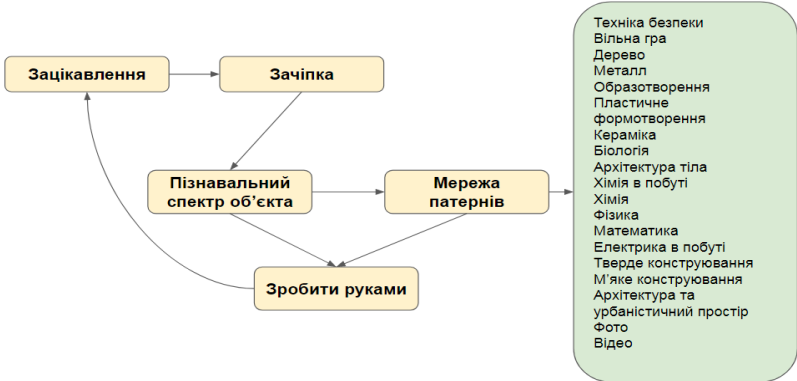


Рис. 4.16. Функціонування технологічних патернів

Це гарантує засвоєння відповідного патерну або його частини (рис. 4.17-4.18). Кінцева мета — забезпечити розвиток та реалізацію *самостійності* дітей. Із застосуванням ресурсу DiloDity вони самостійно зможуть предметно формулювати власні інтереси та покроково їх реалізовувати.

У вигляді таких технологічних патернів можуть бути преставлені як окремі шкільні предмети, так і комплексні напрями, наприклад, STEM.



Рис. 4.17. Структура сторінки skills-портфоліо з описом навичок та відмітками про їхнє засвоєння

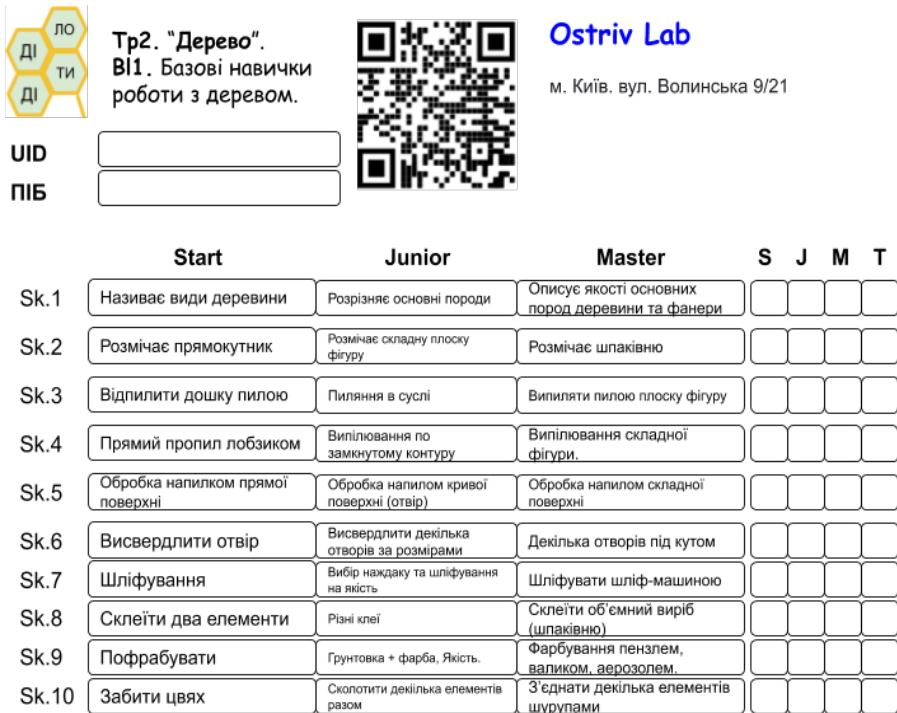


Рис. 4.18. Зразок сторінки Skill-портфоліо. Домашня сторона

4.6. КІБЕРБЕЗПЕКА ЯК СКЛАДНИК ЦИФРОВОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ УЧНІВ ЗЗСО

4.6.1. Навчальне середовище та кіберпростір

Навчальне середовище (НС) є одним з наріжних каменів освіти. Існує багато різних визначень і класифікацій НС. На наш погляд «навчальне середовище — це штучно побудована система, структура і складові якої сприяють досягненню цілей освітнього процесу» [21, с.182]. «Доцільно говорити про навчальне середовище як про оточуюче середовище відносно інтелектуальних складових педагогічної системи — складових, які наділені природним або штучним інтелектом». НС має багатфакторний вплив на суб'єктів освітнього процесу, змінюючись як у часі, так і в просторі. Причому це справедливо як для традиційного навчального середовища, так і для синтетичного. Відмічається, що «...навчальне середовище у змістовому плані виникає завжди як динамічний процес формування мережі відносин у суб'єкті навчання, до якого (не завжди усвідомлено) вибірково залучаються найрізноманітніші елементи зовнішнього та/або внутрішнього оточення...» [156, с.33], причому такий динамічний процес є характерним для будь-якого навчального середовища, але в імерсивному та віртуальному НС набуває ще більшої гостроти через більш глибоке занурення учня в процес навчання.

Різні автори розрізняють природні і штучні, предметні та інформаційно-динамічні, адаптивні та інші навчальні середовища, використовуючи різні критерії їх типологізації, наприклад, за стилем взаємодії всередині середовища, за характером ставлення до соціального досвіду та його передачі, за ступенем творчої активності, за характером взаємодії із зовнішнім середовищем [156, с.31]. Проте, на часі найбільшу увагу привертає цифровий або кіберпростір через загострення проблеми безпеки людини в ньому, насамперед, молоді людини, формування якої тільки відбувається як в особистісному, так і компетентнісному вимірі.

Як визначається Законом «Про основні засади забезпечення кібербезпеки України» [158], «кіберпростір — середовище (віртуальний простір), яке надає можливості для здійснення комунікацій та/або реалізації суспільних відносин, утворене в результаті функціонування сумісних (з'єднаних) комунікаційних систем та забезпечення електронних комунікацій з використанням мережі Інтернет та/або інших глобальних мереж передачі даних». Акцентуємо увагу на тому, що кіберпростір визначається різноманіттям з'єднань, що одночас-

но переводить його в категорію зони ризику. Усі зростаючі розміри, охоплення і функції збільшують можливості як законослухняних громадян, так і ворожих гравців. Супернику необхідно лише атакувати слабку ланку мережі, щоб завоювати новий плацдарм і отримати переваги [298]. Проблеми, які здаються локальними, можуть наростати і швидко поширюватися, створюючи загрози і системні ризики. Уразливість в кіберпросторі є реальною, серйозною і вона швидко розростається. Об'єкти інфраструктури особливої важливості, розвідка, комунікації, командування і контроль, торгівля і фінансові операції, логістика, ліквідація наслідків та готовність до надзвичайних ситуацій повністю залежать від ІТ-систем, об'єднаних у мережі. Порушення кібербезпеки, крадіжка даних та інтелектуальної власності не знають кордонів. Вони впливають на все — від особистої інформації до державних таємниць.

Кіберпростір можна розглядати як триаду, до якої входять: 1) *інформація* у цифровому представленні: статична (файли, записані на носії інформації) та динамічна (пакети, потоки, команди, запити тощо); 2) *технічна інфраструктура*: ІКТ, програмне забезпечення, бази даних та бази знань; 3) *інформаційна взаємодія* суб'єктів із використанням отриманої (переданої) інформації та обробки через технічну інфраструктуру.

Як зазначалось вище, це поняття зв'язується з поняттям кібербезпеки як захищеності «життєво важливих інтересів людини і громадянина, суспільства та держави під час використання кіберпростору». На міжнародному рівні використовується низка визначень цього поняття, проте з урахуванням того, що навчання є видом діяльності, можна погодитись із підходом, згідно з яким кібербезпека розглядається як «будь-яка діяльність у мережній, цифровій формі, включаючи зміст інформації та діяльність, що виконується через цифрові мережі» [262]. Ураховуючи, що сьогоденні школярі народилися в цифрову епоху, зростають, навчаються та розвиваються в значній мірі саме в кіберпросторі, можна стверджувати, що кіберпростір є та залишиться дуже важливою частиною поля битви ідей і цивілізацій. Відповідно перед освітою постають нові завдання, пов'язані не лише з формуванням у здобувача освіти необхідних знань і соціального самоусвідомлення, але і його розуміння власної інтегрованості у світову спільноту вже на ранніх етапах навчання, практично необмежених можливостей впливу кіберпростору на власну особистість, відповідальності перед собою та суспільством за власну поведінку та її (можливі) глобальні наслідки, знання та розуміння небезпек кіберпростору.

4.6.2. Загрози учасникам освітнього процесу з боку кіберпростору

Спектр небезпек від відкритого кіберпростору постійно розширюється. Якщо десять років тому небезпеки для учнів шкіл можна було звести до відносно невеликої кількості груп — вірусні атаки, кіберзлочинність, небезпеки інтернет-серфінгу [38], — то на часі розмаїття небезпек і загроз зростає постійно, зачіпаючи усі можливі дії людини в мережі. Найбільшу загрозу для школярів мають приховані активні небезпеки [38, с.309].

Мережні загрози.

Активне використання мереж, особливо дітьми та молоддю, супроводжується збільшенням різних видів загроз, що надходять з Мережі. Особливо гостро ця проблема виникає при розробленні та використанні соціальних мереж. Найбільш активні приховані загрози (для дітей), що походять із комп'ютерної мережі, можуть бути представлені наступною класифікацією [38]: вірусні атаки, кіберзлочинність (спамерство, кардінг, фішинг, ботнети тощо), загрози від мережевого серфінгу (кібер-булінг, «дорослий» контент, незаконний вміст, насильство в режимі онлайн, розголошення приватної інформації, платні послуги тощо).

Автори [38] рекомендують розглядати взаємодію школярів та студентів з комп'ютерною мережею як систему «Людина-техніка-середовище». У цій системі комп'ютерна мережа виступає як машина, яка дозволяє нам розглянути вплив мережі на людину як загрозу, що походить від машини. Відповідно, поняття «мережевий ефект» може бути виявлено через поняття «помилка оператора і зниження якості операторської діяльності», «вплив комп'ютерних ігор» та «Інтернет-залежність».

Загрози, що надходять із мереж, можна розділити на наступні *типи*: активні та пасивні, відкриті та приховані, поточні та відкладені.

Використовуючи ергономічний підхід та методологію, можна оцінити активні небезпеки як ієрархічну сукупність показників:

- один інтегрований (комплексний) показник — рівень небезпеки внаслідок дії комп'ютерної мережі; показник — це безрозмірна величина, що входить до оцінок системи верхнього рівня;
- три групових показника — рівень небезпеки, спричинений вірусними нападами; кіберзлочинність й інтернет-серфінг. Показники є безрозмірними величинами і знаходяться на середньому рівні оцінок системи;
- сукупність індивідуальних показників групи однієї чи сукупності загроз; показники також є безрозмірними величинами та відповідають класифікації систем нижчого рівня.

Напрями забезпечення кібербезпеки (КБ).

З огляду на положення Закону України «Про основні засади забезпечення кібербезпеки України» [6], сфера освіти не входить до критичних галузей, на захист яких націлений цей Закон. Проте, сьогоднішні учні та студенти в короткий термін можуть працювати у тих галузях. Тому вони вже сьогодні потребують захисту та відповідної підготовки, а також розуміння загальних можливих цільових груп кібербезпеки. Наприклад, за такою класифікацією [233]: учні/студенти, викладачі, діти/молодь, населення (в цілому, як соціальне середовище).

У залежності від засобів дії, проблеми (і відповідні засоби) кібербезпеки можна класифікувати за п'ятьма групами (рис. 4.19).



Рис. 4.19. Групи кібербезпеки

Правовими та технічними питаннями кібербезпеки опікуються спеціалізовані фахівці та організації, тому вони не розглядаються у цій статті.

Інформаційні засоби можуть бути класифіковані залежно від завдань, що вирішуються користувачами: захист/засоби захисту, інформування, зміст, навчитися використовувати, безпека, життєстійкість, уникнення загроз.

У широкому розумінні можливими цілями впливу кібербезпеки (крім об'єктів критичної інфраструктури) можуть бути: бази даних, персональні дані, у т.ч. фінансові, засоби масової інформації, соціальні мережі, освіта та професійна підготовка, підручники, історіографічні видання.

Організаційні засоби вирішення питань кібербезпеки: інформування, навчання культурі кібербезпеки, професійних працівників КБ і на-

селення в цілому; створення спеціальних засобів КБ, розповсюдження засобів КБ, контроль використання.

Психологічні засоби можна згрупувати в залежності від особистісного та міжособистісного рівня: національний, суспільний, груповий, індивідуальний, культурний, когнітивний, інтелектуальний, звички.

Хоча технологічні рішення розробляються у відповідь на кібер-атаки, зростає поінформованість про те, що роль людської діяльності та прийняття рішень у галузі кібербезпеки має вирішальне значення для підвищення ефективності відповідей на виникаючі загрози. Особливо це важливо з точки зору майбутньої робочої сили, оскільки молодь є особливо чутливою до зовнішнього впливу і є найбільш активною частиною «мережевого населення».

Людський чинник може бути системною слабкішою ланкою, але водночас також може бути потужним ресурсом для виявлення та пом'якшення загроз, що виникають. Кілька областей найбільш критичних і невідкладних потреб та прогалин знань, що розглядаються в програмах кібер-досліджень країн НАТО та інших країн, можна визначити такі: психосоціальні, культурні, концептуальні та організаційні аспекти кібербезпеки.

4.6.3. Шляхи забезпечення кібербезпечного освітнього процесу

Як свідчать останні дослідження щодо кібербезпеки, інформаційно-технічні засоби в цій сфері постійно вдосконалюються і хакерські атаки переорієнтуються більше не на техніку, а на людину (наприклад, <https://u.to/3n3wFw>). Це особливо важливо враховувати через гостроту питання її особистої безпеки та результатів її діяльності. Як показано в [233], «відкриваючись» під час праці в інформаційному середовищі, людина стає не лише предметом, а об'єктом діяльності інших учасників інформаційного простору. Людська відкритість є результатом цілей діяльності: використовуючи інформацію як інструмент, людина має «доторкнутися» до неї, зв'язатися з нею. У цей момент людина стає відкритою для інформації та вразливою від неї.

Зміщення цілей кібер-злочинності з технічних (інформаційних) об'єктів на людську ланку СЛТС спричинило появу соціальної інженерії (CI) як методів і технологій отримання необхідного доступу до інформації, заснованих на особливостях психології людей, зокрема — маніпуляція людськими страхами, зацікавленістю або довірою [166].

Основними типами соціальної інженерії на часі можна вважати наступні:

Претекстинг — це набір дій, відпрацьованих за певним, заздалегідь складеним сценарієм, у результаті якого жертва може видати будь-яку інформацію або вчинити певну дію. Для використання цієї техніки зловмисник спочатку збирає певні дані про жертву (ім'я, місце навчання та проживання; дату народження; дані про батьків). Зловмисник спочатку використовує реальні запити з іменами щодо оточення жертви, а після того, як увійде в довіру, отримує необхідну йому інформацію або дії.

Фішинг — техніка інтернет-шахрайства, спрямована на отримання конфіденційної інформації користувачів — авторизаційних даних різних систем. Основним видом фішингових атак є підроблений лист, відправлений жертві по електронній пошті, який виглядає як офіційний. У листі міститься форма для введення персональних даних (пін-кодів, логіна і пароля тощо) або посилання на web-сторінку, де розташовується така форма.

Троянський кінь — це техніка ґрунтується на цікавості, страху або інших емоціях користувачів. Зловмисник відправляє лист жертві за допомогою електронної пошти, як додаток до якого знаходиться «оновлення» антивірусу, ключ до грошового виграшу або компромат на співробітника. Насправді ж у вкладенні знаходиться шкідлива програма, яка після того, як користувач запустить її на власному комп'ютері, буде використовуватися для збору або зміни інформації зловмисником.

Qui pro quo (послуга за послугу) — ця техніка передбачає звернення зловмисника до користувача по електронній пошті або корпоративному телефону. Зловмисник може представитися, наприклад, співробітником технічної підтримки та інформувати про виникнення технічних проблем на робочому місці та необхідність їх усунення. У процесі «рішення» такої проблеми, зловмисник підштовхує жертву на вчинення дій, що дозволяють атакуючому виконати певні команди або встановити необхідне програмне забезпечення на комп'ютері жертви.

Дорожнє яблуко — цей метод є адаптацією «троянського коня» і полягає у використанні фізичних носіїв (CD, флеш-накопичувачів). Зловмисник зазвичай підкидає такий носій у загальнодоступних місцях. Для того, щоб виник інтерес до даного носія, зловмисник може нанести на носій логотип відомої популярної компанії.

Байтинг — метод, схожий на попередній, а також фішинг і «троянський кінь», проте відрізняється тим, що байтер може запропонувати

користувачеві реальну безкоштовну послугу (музику, фільм тощо) в обмін на конфіденційну (приватну) інформацію.

Зворотня соціальна інженерія — даний вид атаки спрямований на створення такої ситуації, при якій жертва буде змушена звернутися до зловмисника по «допомогу». Наприклад, створити зворотні неполадки в гаджеті жертви з попереднім інформуванням щодо служби «підтримки». Користувач у такому випадку подзвонить або зв'яжеться по електронній пошті зі зловмисником сам, і в процесі «виправлення» проблеми зловмисник зможе отримати необхідні йому дані.

Дружні листи — надсилання електронних листів, у яких особу повідомляють про отримання спадщини, призів, бонусів чи дружнього переказу грошей.

Вішинг — голосова версія фішінгу. Зазвичай це дії, пов'язані з телефонним шахрайством, метою якого є отримання реквізитів банківських карток або будь-якої іншої конфіденційної інформації або змушення жертви перевести гроші на банківський рахунок зловмисника.

Контакти — розсилання спаму від імені знайомих. Тобто, заволодівши чийсь акаунтом, чи то в соціальній мережі, чи в електронній пошті, зловмисники можуть спробувати надсилати від його імені посилання. Психологічна дія, що побудована на схильності людини довіряти своїм знайомим і не дуже вагатися, коли отримують від них пропозицію відкрити посилання.

Засоби соціальної інженерії широко застосовуються в останні роки для впливу на осіб, що приймають рішення, у політиці та бізнесі. Розроблені та вдосконалюються рекомендації, методи та засоби протидії їм. Проте практично відсутній розгляд дії та протидії методам СІ стосовно освітньої сфери, незважаючи на те, що діти та підлітки стають все частіше об'єктами атак через Інтернет, а використання засобів протидії для дорослих може бути поширене і на учнів/студентів, але з урахуванням особливостей — вікових та сфери діяльності.

4.6.4. Суб'єкти навчання та безпечний Інтернет

Основним способом захисту від методів соціальної інженерії є навчання суб'єктів освітнього процесу (СОП). Усі вони (учні, педагоги, організатори навчання) мають бути попереджені про небезпеку розкриття персональної інформації та конфіденційної інформації, а також про способи запобігання витоку даних. Крім того, у кожного СОП, в залежності від місця та функції в освітньому процесі, мають бути інструкції про те, як і на які теми можна спілкуватися зі сторонніми особами стосовно персональних особливостей, яку інформацію

можна надавати для служби технічної підтримки, як і яку інформацію може повідомити учасник освітнього процесу стороннім особам і працівникам мас-медіа (<https://efsol.ru/articles/social-engineering.html>). Крім того, можна визначити дев'ять типових правил протидії CI:

Призначені для користувача облікові дані є власністю навчального закладу. Всім співробітникам, у день прийому на роботу, має бути роз'яснене те, що ті логіни і паролі, які їм видали (якщо це має місце), не можна використовувати в інших цілях (на web-сайтах, для особистої пошти тощо), передавати третім особам або іншим співробітникам, які не мають на це право. Наприклад, дуже часто, йдучи у відпустку, співробітник може передати власні авторизовані дані свого колеги для того, щоб той зміг виконати деяку роботу або подивитися певні дані на момент його відсутності. Персональні дані з результатів тестування та виконання психологічних і медичних обстежень можуть бути застосовані користувачами CI, тому потребують обережного використання.

Необхідно проводити вступні та регулярні навчання співробітників і учнів, спрямовані на підвищення знань із інформаційної безпеки. Проведення таких інструктажів дозволить СОП мати актуальні дані про існуючі методи соціальної інженерії, а також не забувати основні правила з інформаційної безпеки.

Обов'язковою є наявність регламентів із безпеки, а також інструкцій, до яких користувач повинен завжди мати доступ. В інструкціях мають бути описані дії СОП при виникненні тієї чи іншої ситуації. Наприклад, у регламенті можна прописати, що необхідно робити і куди звертатися при спробі третьої особи запросити конфіденційну інформацію або облікові дані.

На комп'ютерах користувачів завжди має бути актуальне антивірусне програмне забезпечення, а також слід встановити брандмауер.

У корпоративній мережі навчального закладу або об'єднання закладів необхідно використовувати системи виявлення та запобігання атак. Необхідно також використовувати системи запобігання витоку конфіденційної інформації. Все це дозволить знизити ризик виникнення фішингових атак.

Необхідно максимально обмежити права користувача в системі. Наприклад, можна обмежити доступ до web-сайтів і заборонити використання знімних носіїв, які можуть бути використані за межами навчального закладу.

Необхідно бути пильним щодо джерела, яке запитує конфіденційні дані. Представники Міністерства освіти і науки напевно чи будуть

телефонувати до школи, щоб дізнатися дані щодо конкретного учня або студента. Якщо людину просять ввести особисті дані — краще окремо зайти на сайт компанії, наприклад, банку. Ще краще — зателефонувати на офіційний номер установи для уточнення інформації.

Ніколи не слід відкривати вміст додатків або переходити за посиланням, не вивчивши всіх деталей. Часто адреса відправника містить помилки в назвах, а посилання мають неправдоподібний вигляд.

Варто також *критично ставитися до отриманих повідомлень*: наскільки правдоподібною може бути інформація про те, що принц з африканської країни або американський мільярдер міг залишити вам спадщину?

Рекомендується сповіщати про такі небезпеки інших членів сімей, насамперед, літніх людей, які не мають досвіду користування електронними засобами та не обізнані з питань СІ.

Останнім часом в Україні запроваджуються спеціальні навчальні програми і курси для учнів та вчителів, які займаються питаннями безпечного Інтернету [61]. Наприклад, створений і активно використовується вчителями сайт «Онляндія: моя безпечна веб-країна» (www.onlandia.org.ua) з матеріалами для дітей, батьків і вчителів; програма Microsoft «Онляндія — безпека в Інтернеті» є популярною серед українських батьків і вчителів (<https://u.to/ptrwFw>). Проте нові кібер-загрози потребують і нових підходів до захисту користувачів, особливо учасників освітнього процесу.

Загрози учасникам освітнього процесу з боку кіберпростору доцільно розглядати як пасивні та активні, розробляючи адекватні засоби захисту та життєстійкості системи «суб'єкт освітнього процесу-засоби навчання-середовище».

4.7. ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ КОГНІТИВНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ СТАРШОКЛАСНИКІВ ШЛЯХОМ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Радикальні зміни у технологіях за останні роки супроводжуються значними та швидкими змінами в усіх сферах життя на глобальному рівні. Для того, щоб молодь не відставала від змін, виникла потреба переглянути освітні парадигми та зосередитись на областях, які потребують переосмислення. У сьогодиньньому новому світі швидкозмінних технологій та перевантаження інформацією учнів потрібно вчити вчитися, а не навчати відомим фактам. Інформація повинна бути доступною, а учні повинні навчитися її шукати, отримувати від вчителя у жорсткій структурі. Сьогоднішнє суспільство вимагає нових

принципів, критеріїв та засобів навчання робітників в інформаційну еру, про що свідчить матеріали Всесвітнього економічного форуму в Давосі (2020 р.), а саме: індивідуально-орієнтоване та індивідуально-організоване у часі навчання, доступне та інклюзивне навчання, проблемно-орієнтоване та спільне навчання, навчання протягом життя та кероване здобувачем знань, міжособистісні уміння, технологічні уміння, уміння з інноватики та креативності, глобальні громадянські уміння [263].

Це вимагає від здобувача знань гнучкості та врахування його/її індивідуальних можливостей для засвоєння різних областей по-різному, керування розвитком умінь, а не навчання набору попередньо визначених даних. Освіта 4.0. має узгоджуватися з Промисловістю 4.0. та готувати учнів до наступної промислової революції, яка відбудеться за їхнього життя [254]. Відповідно, вже недостатньо підходити до організації навчання з окремих позицій дидактики, змісту навчання, психології тощо. Освіта має розглядатися з позицій системної діяльності [278], яка охоплює усе життя людини [229] і відбувається в різних формах, у т.ч. он-лайн [108].

Проте, слід відмітити, що, незважаючи на численні дослідження та публікації з питань когнітивної психології, у тому числі щодо проектування когнітивних завдань, стійкість когнітивних функцій людини у часі залишається практично відкритим питанням, насамперед по відношенню до підлітків, незважаючи на потребу знання динаміки таких функцій в учнів різного віку під час навчання протягом життя.

Для вирішення задачі, дослідити стійкість когнітивних функцій старшокласників за допомогою комп'ютерного моделювання потоку когнітивних завдань, необхідним є розуміння системності освітньої діяльності як взаємодії внутрішніх та зовнішніх можливостей здобувача освіти.

4.7.1. Тривірнева модель навчання як системної діяльності

Авторами проведено аналіз розвитку сучасних поглядів на роль і підходи людського чинника/ергономіки до навчання та розвитку молоді людини, формування та розвитку її когнітивного потенціалу [37], з урахуванням особливостей психофізіологічних можливостей людини на різних вікових інтервалах [156], для роботи в різних, у т.ч. критичних, професій [34], включаючи системи адаптивної автоматизації [256].

Модель навчальної діяльності допомагає уявити, як формується ця система [278]. За такої умови варто звернути увагу на дві сторони та три рівні психофізіологічного забезпечення навчальної діяльності (рис. 4.20.).

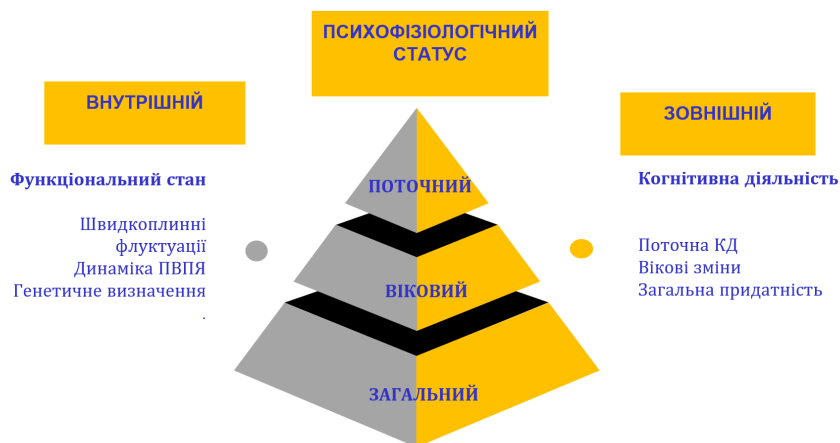


Рис. 4.20. Структура психофізіологічного профілю навчальної працездатності

Дві сторони: (1) внутрішня, пов'язана з фізіологічним забезпеченням і функціональним станом учня в конкретний час; (2) зовнішня, поведінка, яка пов'язана з його/її успішністю у навчанні.

Три рівні психофізіологічного забезпечення: (а) основна здатність учня вчитись або вивчати конкретну професію; (б) психофізіологічні та когнітивні зміни за час навчання; (с) поточний стан учня та його здатність/готовність ефективно сприймати запропонований вид

навчальних завдань (слухати лекції, лабораторні вправи, виконання тестів тощо). Це може бути особливо важливим для індивідуально орієнтованої освіти.

Ця модель пояснює взаємозв'язок між зовнішньою та внутрішньою організацією особливостей та параметрів електронного навчання, які можна виміряти для оцінки навчальної ефективності та її успішності чи деградації здобувача знань. Нинішня теоретична основа не дозволила відповісти на запитання: «Що? Де? Чому? Коли? Яким чином?» має бути оцінене/виміряне, щоб забезпечити високу точність прогнозування продуктивності людини. Ця модель допомагає відповісти на зазначені питання. Діяльність людини (учня) супроводжується створенням та підтримкою функціональної системи, яка: активізує домінуючі мозкові структури, активізує відповідну діяльність тієї чи іншої фізіологічної системи, є досить стійкою для певного виду людської діяльності.

Фактична функціональна система залежить від конкретного виду навчальної діяльності і може активувати різні механізми ефективності. Залежно від цього учень може розглядатися як оператор-спостерігач, оператор-дослідник чи оператор-маніпулятор, і його діяльність може бути виміряна та оцінена з точки зору ергодинамики.

Можливі питання щодо використання моделі з практичною метою, з ергономічної точки зору, пов'язані з ергономічним дизайном для систем навчання на робочому місці: предметно-орієнтоване проектування робочого місця; контекст використовуваного підходу; адекватні засоби навчання та роботи; зручне навчання / робоче середовище; розвиваюча діяльність; ефективність / надійність як мета навчального / робочого процесу; безпека психічного та фізичного здоров'я користувача; комфорт навчального / робочого процесу користувача; стійкість користувачів під можливим негативним впливом із боку мережі та ІКТ в цілому.

Отже, слід зауважити, що зазначені положення є розвитком ідей, обґрунтованих і розвинених у роботах щодо психофізіологічного забезпечення працездатності операторів [35].

4.7.2. Експериментальне дослідження

Для вирішення поставленого завдання була використана комп'ютерна система, за допомогою якої в попередніх дослідженнях вивчався вплив зовнішніх і особистісних факторів на працездатність. Дослідження проводились на групі старшокласників у пілот-дослідженні [80], у якому використовувався проектно-орієнтований підхід до розвитку дослідницьких компетентностей учнів, що поєднував індивідуальне та групове проведення експериментальних досліджень з метою досягнення певної синергії зусиль учнів [94].

Методика

Щоденне обстеження базується на використанні комп'ютерної системи психофізіологічних досліджень для моніторингу когнітивної діяльності учнів. Обстеження включає виконання психологічних тестів і паралельну реєстрацію тривалості RR-інтервалів ЕКГ (безперервно, із використанням апаратури «Сольвейг») та артеріального тиску систолічного АДс і діастолічного АДд перед початком та після виконання тестів.

Перед початком тестової сесії проводиться електропунктурна діагностика кожного випробувача з використанням приладу BAT-2 AGNIS (Литва). Перелік тестів подано в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5.

Перелік тестів

Назва тесту	Опис
T2. Тест на короткострокову пам'ять	Випробувачу пред'являється таблиця з 12 випадковими числами від 11 до 99. Кількість правильно відтворених чисел фіксується як результат.
T3. Тест на чуття часу	Випробуваному пропонується після звукового сигналу через вказаний на екрані відрізок часу натиснути будь-яку клавішу (підрахунок часу виконується без застосування наручних та інших годинників).
T4. Тест самооцінки, активності, настрою	Скорочений варіант тесту САН. Піддослідному пропонується дати суб'єктивну оцінку свого стану за 7-бальною шкалою у вигляді відповідей на 5 пар запитань-характеристик.
T5. Тест на перестановку цифр (комбінаторний) у порядку зростання	Пред'являється випробувачу в робочому вікні. Складається з послідовності 4 цифр натурального ряду, що не повторюються (від 0 до 9) і розміщені у випадковому порядку. Час на виконання задачі — фіксований і розраховується індивідуально для кожного випробувача за результатами виконання тренувального тестування як середній час виконання задач.
T6. Тест на перестановку цифр (комбінаторний) у порядку зростання	Задачі того ж типу, як і у T 5, але час на виконання задачі — вільний («авто-темп»).
T7. Тест на пошук пропущеної цифри	Тест на пошук пропущеної цифри у діапазоні від 0 до 7, темп виконання тесту — вільний.
T9. Тест на перестановку цифр (комбінаторний) в порядку спадання	Задачі того ж типу, як і у T 6, час на виконання задачі — вільний («авто-темп»).

Зовнішніми факторами, які впливають на варіативність психофізіологічних показників і продуктивність розумової діяльності, є ультрадіанні ритми, а також геліофізичні, геомагнітні та метеорологічні фактори. З метою вивчення їхніх дії включали як вивчені, так і потенційні інформативні показники цих факторів, що реєструються на основі даних SEC's Anonymous FTP Server (Solar-Geophysical Data) та інших відповідних офіційних сайтів, а також сайту погоди Gismeteo.com.

Результати

Пізнавальні (або когнітивні, у психологічній літературі) здібності є ключовим фактором у навчальній діяльності. Тому моніторинг коливань (якщо такі виявляються) когнітивних показників учнів старших класів є важливим показником ефективності освітнього процесу у школі.

Результати виконання тестів перцептивного (Т7) та когнітивного типу (Т6 і Т9) підтвердили встановлений у попередніх дослідженнях факт зміни результативності виконання тестів (середній час і надійність рішення тестових завдань) протягом місяця (рис.4. 21.), причому виявлені зміни носили коливний характер, що може бути пояснено впливом навчального навантаження, а також впливом циркасептаних (навіколо-тижневих) ритмів.

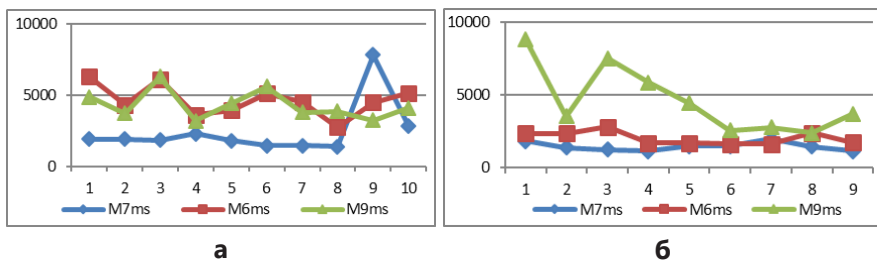


Рис. 4.21. Динаміка середнього часу виконання тестових завдань (у мс) по днях тестування випробувачів Г. (а) та Н. (б)

Відомо, що під впливом навантаження, у т.ч. розумового, відбуваються функціональні зрушення в регуляції серцево-судинної системи, що може викликати преморбідні стани. Досліджень зміни енергетичного балансу працюючих людей значно менше, а щодо підлітків — такі дослідження практично відсутні. Тому в нашому дослідженні, яке можна вважати пілот-дослідженням, особливу увагу приділили регуляції серця. Динаміка рівня активації меридіану перикарда (міжнародне позначення MC-7) вказує також на коливний характер змін як MC-7 правої (H2r), так і лівої (H2l) руки, з індивідуальними особливостями обох випробувачів (рис. 4.21).

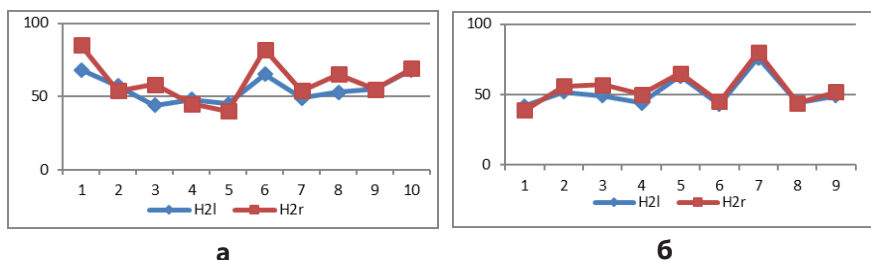


Рис. 4. 21. Динаміка рівня активації меридіану перикарда по днях тестування випробувачів Г. (а) та Н. (б)

Якщо середній час виконання тестових задач і у «вільному» (тест Т6), і у фіксованому (тест Т5) темпі після певного періоду «впрацювання» стає відносно сталим (рис. 4.22), то з графіків коливань артеріального тиску (рис. 4.23) видно, що навіть під час адаптації до діяльності виявляються дні покращення та погіршення результату.

Внаслідок природних та під соціальним впливом коливань психологічного та фізіологічного стану людини можна очікувати певних змін і в стані її здоров'я. З метою відповідного аналізу використані результати реєстрації електрокардіограм випробувачів з аналізом спектру коливань серцевого ритму за міжнародними стандартами, аналіз потужності спектру коливань проводився у трьох діапазонах: повільних

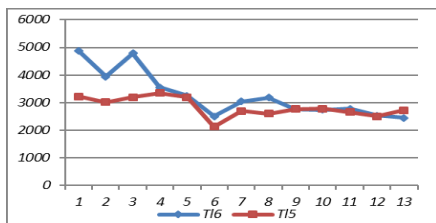


Рис. 4.22 Динаміка часу рішення тестових задач (мс) випробувачем (по осі абсцис — дні тестування)

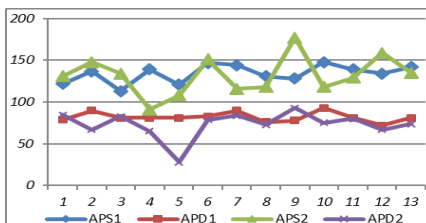


Рис. 4.23. Динаміка показників артеріального тиску того ж випробувача (по осі абсцис — дні тестування)

коливань LF (в основі яких лежать барорефлекторні механізми, які все більше дослідників пов'язують зі стабільністю когнітивних процесів, надповільних коливань VLF та високочастотних HF).

Варто зазначити, що розвиток засобів цифрової обробки біомедичних сигналів і впровадження інформаційно-комунікаційних технологій у практику створюють умови для вдосконалення діагностичних методів. Відповідна динаміка стану серцево-судинної системи (ССС) того ж випробувача (рис. 4.24-4.25) дозволяє зробити висновок щодо адаптації

його ССС до цього виду пізнавальної діяльності (наведені дані для реєстрації ССС перед початком тестування).

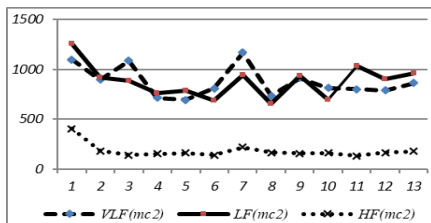


Рис. 4.24. Щоденна динаміка показників потужності коливань ССС (ум.од.)

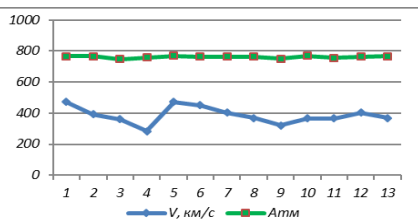


Рис. 4.25. Динаміка показників швидкості сонячного вітру (V) та атмосферного тиску (мм рт. ст.)

Дослідження впливу енергетичного балансу, вегетативної регуляції (за показниками частоти серцевого ритму, а також артеріального тиску), властивостей нервової системи (зокрема, функціональної рухливості нервових процесів) і зовнішніх факторів (показники швидкості сонячного вітру, СВ, та щільності (n) його протонної компоненти на час проходження тестування) виявили їх високий кореляційний зв'язок із показниками швидкості, а особливо надійності, виконання перцептивного та когнітивних тестів. При відборі **3** найбільш інформативних незалежних змінних за стандартною процедурою (стандартний пакет STATISTICA 6.0.) покрокового регресійного аналізу було виявлено: коефіцієнт множинної кореляції швидкості виконання тестів (індекс відповідає номеру тесту) $R_7 = 0,97...0,98$ ($p < 0,001$), $R_6 = 0,7...0,93$ ($p < 0,01$), $R_9 = 0,95...0,97$ ($p < 0,001$), $R_{7n} = 0,97...0,98$ ($p < 0,001$); коефіцієнт множинної кореляції надійності виконання тестів $R_{7r} = 0,99$ ($p < 0,001$), $R_{6r} = 0,88...0,91$ ($p < 0,01$), $R_{9r} = 0,95...0,97$ ($p < 0,01$).

Важливим результатом є не лише високий кореляційний зв'язок між показниками когнітивної діяльності та іншими чинниками, але й найбільш інформативні чинники. Встановлено, що для різних тестів і випробувачів склад чинників відрізняється (впливає індивідуальність людей), проте завжди впливають суттєвим чином показники властивостей нервової системи, енергетичного балансу/дисбалансу та показники сонячного вітру.

Таким чином, можна зробити висновки, що:

- методика дослідження стійкості когнітивних можливостей старшокласників виявила значні коливання швидкості та надійності виконання простих когнітивних тестових завдань;
- підтверджено сильний кореляційний зв'язок показників когнітивної та перцептивної діяльності випробувачів з індивідуальним

властивостями їхньої нервової системи, енергетичного регулювання та показниками геліофізики (швидкість та щільність сонячного вітру);

- виявлені особливості когнітивної діяльності потребують подальшого дослідження та уточнення дії механізмів регуляції такої діяльності;
- комп'ютерне моделювання у школі може бути використаним не лише для вивчення шкільних предметів математично-природничого циклу, але і як інструмент для вивчення самого навчання як виду системної діяльності.

Навчання учнів на засадах системи пізнавальних завдань має спрямовуватися на здатність в учнів до переносу сформованих здібностей на інші види соціальної діяльності, на зміцнення та розвиток як загальних, так і особистих (вроджених) здібностей, що робить їх більш гнучкими до умов сучасного світу.

Різні види пізнавальних завдань (емоційно-образні, оцінювально-освітні, практико-освітні, теоретико-орієнтовані, інформаційно-орієнтовані) з урахуванням їх рівнів складності (навчально-

репродуктивне, аналітико-теоретичне, прикладне, дослідницьке, творче) формують систему розвитку когнітивних здібностей учня середньої школи. Оцінювання такої системи буде здійснюватися за такими критеріями: когнітивні засади, когнітивні процеси, когнітивна діяльність та когнітивні якості.

Комп'ютерне моделювання пізнавальних завдань дозволить забезпечити їхню варіативність, рівні складності, повсюдний доступ для індивідуального та групового виконання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Вакуленко Т. С., Ломакович С. В., Терещенко В. М., Новікова С. А. PISA: природничо-наукова грамотність. Київ : УЦОЯО, 2018. 119 с.
2. Салехова Л. Л. Теория и практика развития школ с билингвальным обучением. Казань: Казанск. Ун-т, 2004. 204 с.
3. Hrybiuk O. O. Mathematical modeling as a means and method of problem solving in teaching subjects of branches of mathematics, biology and chemistry. *Proceedings of the First International conference on Eurasian scientific development*. «East West» Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH. Vienna, 2014. P. 46-53.
4. Акири И. Учебник и индивидуальная образовательная траектория ученика, Проблеми сучасного підручника Педагогічна думка, 2013. Вип. 13. С. 5-10.
5. Андреев В. И. Эвристическое программирование учебно-исследовательской деятельности: метод. пособие, Москва, Россия: Высшая школа, 1981, 240 с.
6. Антонюк Д. С. Використання програмно-імітаційних комплексів як засіб формування економічних компетентностей студентів технічних спеціальностей: автореф. дис.... канд. пед. наук: 13.00.10/ Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України. 2018. 22 с.
7. Бал Г.О. Проблемна задача. Комп'ютерна технологія навчання: Словник-довідник. К.: Наукова думка, 1992. 413 с.
8. Бал Г.О., Довгялло О.М. Задачний підхід до комп'ютерної технології навчання. Комп'ютерна технологія навчання: Словник-довідник. К.: Наукова думка, 1992. С. 16-17.
9. Бал Г.О., Довгялло О.М., Іваненко Е.Л. Задача. Комп'ютерна технологія навчання: Словник-довідник. К.: Наукова думка, 1992. С. 194-198.
10. Балл Г. А., Теория учебных задач: Психолого-педагогический аспект, М.: Педагогика, 1990. С. 184.
11. Балл Г.А. О психологическом содержании понятия «задача». *Вопросы психологии*. АПН СССР. М.: Педагогіка, 1970. №6. С. 75 — 85.
12. Батрова Н. И. Моделирование процесса обучения информационно-коммуникационным технологиям учащихся старших классов на билингвальной основе : дис.... к-та. пед. наук : 13.00.01 / Марийский государственный университет. Йошкар-Ола, 2014. 176 с.
13. Бенерджи Р. Теория решения задач. Подход к созданию искусственного интеллекта / Пер. с англ. С.П.Чеботарева; Под. ред. Ю.В. Буркина. М.: Мир, 1972. 224 с.
14. Биков В. Ю. Інноваційний розвиток засобів і технологій систем відкритої освіти. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики у підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми* : зб. наук. пр. 2012. Вип. 29. С. 32-40.
15. Биков В. Ю. Моделі організаційних систем відкритої освіти: Монографія. Київ, Україна: Атіка, 2009. 684 с.

-
16. Биков В. Ю., Лещенко М. П., Тимчук Л. І. Цифрова гуманістична педагогіка. Київ: ІТЗН НАПН України, 2017. 181с.
 17. Биков В. Ю., Спірін О. М., та Пінчук О. П. Загальна середня освіта як базова ланка в системі безперервної освіти. *Наукове забезпечення розвитку освіти в Україні: актуальні проблеми теорії і практики (до 25-річчя НАПН України)* : зб. наук. праць, Київ : Видавничий дім «Сам», 2017. с.175-245.
 18. Биков В. Ю., та Лещенко М. П. Цифрова гуманістична педагогіка відкритої освіти. *Теорія і практика управління соціальними системами: філософія, психологія, педагогіка, соціологія*, 2016. №4. С. 115-130.
 19. Биков В. Ю. Суспільство знань і освіта 4.0. Освіта для майбутнього у світі викликів XXI століття. Bydgoszcz: Wydawnictwo Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego, 2017. С. 30-45.
 20. Биков В. Ю. Теоретико-методологічні засади моделювання навчального середовища педагогічних систем відкритої освіти. *Наукові записки. Серія: Педагогічні науки*. Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2008. Вип. 77, ч. 1. С. 3-12.
 21. Биков В. Ю. Теоретико-методологічні засади створення і розвитку сучасних засобів та е-технологій навчання. *Розвиток педагогічної і психологічної наук в Україні 1992 — 2002* : Збірник наукових праць до 10—річчя АПН України / Академія педагогічних наук України. 2002. Частина 2. Харків: ОВС, 2002. С. 182-199.
 22. Биков В. Ю. Мобільний простір і мобільно орієнтоване середовище Інтернет-користувача: особливості модельного подання та освітнього застосування, Інформаційні технології в освіті, 2013. №17. С. 9-37,
 23. Биков В. Ю., Буров О. Ю., Дементівська Н.П. Кібербезпека в цифровому навчальному середовищі. Інформаційні технології і засоби навчання. 2019. Том. 70. №2. С. 313-331.
 24. Биков В. Ю., Спірін О. М., Пінчук О. П. Проблеми та завдання сучасного етапу інформатизації освіти: Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України. 2017. URL: <http://lib.iitta.gov.ua>.
 25. Биков В.Ю., Кучанський О.Ю., Білощицький А.О., Андрашко Ю.В., Діхтяренко О.В., Буднік С.В. Розробка інформаційної технології комплексного оцінювання діяльності закладів вищої освіти. Інформаційні технології і засоби навчання. 2019. Том 73. № 5. С. 293-306.
 26. Біла книга національної освіти України / за ред. В. Г. Кременя. Київ: 2009. С. 94-106.
 27. Білецька І. О. Двомовна освіта у середніх навчальних закладах США : історія становлення. Наукові записки. Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2012. Вип. 104 (2). С. 14-18.
 28. Богатырев А. И., Устинова И. М. Теоретические основы педагогического моделирования (сущность и эффективность) URL: http://www.rusnauka.com/SND/Pedagogica/2_bogatyrev%20a.i..doc.htm (дата звернення: 15.11.2019).

-
29. Боднарчук Т. В. Особливості розвитку білінгвальної освіти у сучасній українській школі. *Педагогіка*. Розділ 1: зб. наук. праць. Київ, 2013. Вип. 14. С. 37-42.
 30. Бондаренко Л. І., Чорнобай К. Г. Білінгвальне навчання фізики при підготовці майбутніх фахівців у закладах вищої освіти. *Фізико-математична освіта*, 2018. Випуск 2(16). С. 23-26.
 31. Борисенко Д. В. Методика використання комп'ютерного 3D моделювання у навчанні майбутніх фахівців з дизайну: автореф. дис.... канд. пед. наук: 13.00.10/ Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України. 2018. 22 с.
 32. Брунер Дж. Психология познания. За пределами непосредственной информации; пер. с англ. Бабицкого К. И. Москва: Прогресс, 1977. 412 с.
 33. Буренкова Н.В. Моделирование как способ формирования обобщенного умения решать задачи: автореф. дис.... канд. пед. наук / Н.В. Буренкова. М., 2009.
 34. Буров А. Ю. Психофизиологическое обеспечение труда операторов. *Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте*. 1999. №6. С. 32-34.
 35. Буров О. Ю. Ергономічні основи розробки систем прогнозування працездатності людини-оператора на основі психофізіологічних моделей діяльності: автореф. дис... д-ра техн. наук : 05.01.04. Харків, 2007. 40 с.
 36. Буров О. Ю. Технології та інновації в діяльності людини ери інформації: людина та ІКТ. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 2015. №6 (50). С. 1-13. URL: <https://link.ac/5zp8>.
 37. Буров О. Ю., Камишин В. В. Оцінювання обдарованості: проблеми кількісної міри. *Навчання і виховання обдарованої дитини: теорія та практика*. К.: Інститут обдарованої дитини АПН України, 2009. Т.2. С.5-9.
 38. Буров О. Ю., Камишин В. В., Поліхун Н. І., та Ашерів А. Т. Технології використання мережевих ресурсів для підготовки молоді до дослідницької діяльності : Монографія / ред. О. Ю. Буров, К.: ТОВ «Інформаційні системи», 2012. 416 с.
 39. Бусел В. Т. Великий тлумачний словник сучасної української мови. Київ: Перун, 2005. 1728 с.
 40. Викал Б. А. Формирование элементов исследовательской деятельности при углубленном изучении математики», дис. канд. пед. наук, Москва, 1977. 168 с.
 41. Волошена В.В. Розвиток умінь математичного моделювання старшокласників у процесі навчання природничо-математичних предметів: дисертація... к.пед.н. : 13.00.09 — теорія навчання. Київ, 2017. 236 с.
 42. Гаманюк В. А. Підходи до білінгвального навчання у освіті ФРН. *Духовність особистості: методологія, теорія і практика*, 2013. Вип. 3. С. 31-40.
 43. Глобін О.І., Лапінський В.В. Моделювання як метод дослідження і важливий чинник формування системи природничо-математичних знань. *Комп'ютер у школі та сім'ї*, 2017. №2. С. 7-10.

-
-
44. Глушков В.М. Макроэкономические модели и принципы построения ОГАС. М.: Статистика, 1975. 160 с.
 45. Гольдин А. Образовательный парк: Основные принципы организации и содержание деятельности. Екатеринбург, 2008. 69 с.
 46. Горбов С. Ф., Чудинова Е. В. Действие моделирования в учебной деятельности школьников (к постановке проблемы). *Психологическая наука и образование*. 2000. №2. С. 96-110.
 47. Гриб'юк О. О. Дослідницьке навчання учнів предметів природничо-математичного циклу з використанням комп'ютерно орієнтованих методичних систем. Монографія. Київ: НПУ імені М. П. Драгоманова, 2019. 858 с.: іл.
 48. Гриб'юк О. О. Математичне моделювання екологічних процесів в класах з поглибленим вивченням математики. *Математика в школі*, 2004. №8. С. 45-48.
 49. Гриб'юк О. О. Математичне моделювання при навчанні дисциплін математичного та хіміко-біологічного циклів: навчально-методичний посібник для учителів. Рівне: РДГУ, 2010. 207 с.
 50. Гриб'юк О. О. Педагогічне проєктування комп'ютерно орієнтованого середовища навчання дисциплін природничо-математичного циклу. *Наукові записки. Випуск 7. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти*. Кіровоград.: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2015. Частина 3. С. 38- 50.
 51. Гриб'юк О. О. Психолого-педагогічні вимоги до комп'ютерно-орієнтованих систем навчання математики в контексті підвищення якості освіти *Гуманітарний вісник ДВНЗ «Переяслав-Хмельницький державний педагогічний університет імені Григорія Сковороди»*. Додаток 1 до Вип.31, Том IV (46): Тематичний випуск «Вища освіта України у контексті інтеграції до європейського освітнього простору». Київ: Гнозис, 2013. С. 110-123.
 52. Гриб'юк О. О., Юнчик В. Л. Проєктно-дослідницька діяльність в процесі навчання математики з використанням системи динамічної математики GeoGebra», *Наукові записки. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти*, 2016. Частина 2, Т. 1, №9, С. 8-19.
 53. Гриневич Л. М. Нова українська школа. Концептуальні засади реформування середньої школи.», 2017. URL: <https://link.ac/5zp9>
 54. Громко Г. Ю. Імітаційне моделювання в Скретчію *Комп'ютер у школі та сім'ї*. 2011. №2. С. 22-25.
 55. Гусак А. М., Ковальчук А. О. Білінгвальний підхід до викладання фізики у сучасній школі. *Рідна школа*. 2011. № 10. С. 48-50.
 56. Гущина Т. Н. Педагогическая сущность феномена «образовательная среда»: по материалам исследования. *Общество. Среда. Развитие (Terra Humana)*. 2011. Вып. №4. С. 187-190.
 57. Давыдов В.В. Учебная деятельность и моделирование. Ереван : Луйс, 1981. 220 с.

-
58. Дахин А. Н. Педагогическое моделирование: монография. Новосибирск: Изд-во НИПКИПРО, 2005. 230 с.
 59. Дахин А. Н. Педагогическое моделирование: сущность, эффективность и... неопределенность. *Педагогика*, 2003. №4. С. 21-31.
 60. Дементієвська Н. Вибір інтернет-ресурсів для формування дослідницьких компетентностей учнів при вивченні фізики в школі. Збірник матеріалів *Звітної наукової конференції Інституту інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України*. Київ: ІІТЗН НАПН України, 2019. С. 78-81.
 61. Дементієвська Н. П. Професійний розвиток вчителів щодо компетентностей, пов'язаних з безпечним і відповідальним використанням електронних соціальних мереж. *Звітна наукова конференція Інституту інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України* : матеріали наук. конф. Київ, 28 бер. 2017 р. НАПН України, Ін-т інформаційних технологій і засобів навч., К.: ІІТЗН НАПН України, 2017. С. 26-31. URL: <http://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/708603>.
 62. Дементієвська Н. П. Формування навичок критичного оцінювання веб-ресурсів і проблема безпеки учнів в інтернеті. *Комп'ютер у школі та сім'ї*, 2015. С. 46-51.
 63. Дементієвська Н.П. Сайт інтерактивних симуляцій Phet як надійне і безпечне середовище для формування компетентностей учнів у природничо-математичних науках. *Звітна наукова конференція Інституту інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України*: Збірник матеріалів наукової конференції. Київ, 2018. С.139-141. URL: http://lib.iitta.gov.ua/711803/2/Dementievskia_zv_conf2018.pdf.
 64. Державний стандарт початкової освіти. URL: <https://link.ac/5zpa>
 65. Деркач Т. М., Стець Н. В. Середовище програмування NETLOGO у навчанні хімії, *Інформаційні технології і засоби навчання*, 2013. Том 38. №6. С. 96-110.
 66. Доросевич С. О роли решения экспериментальных задач в активизации учебно-познавательной деятельности школьников. *Научные записки*. РВЦ КДПУ, 2006. Вып 66. С. 56-61.
 67. Дронь В. Використання комп'ютерного моделювання при вивченні фізики як засобу для розвитку пізнавальної мотивації. Матеріали І Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції з міжнародною участю *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи*, Тернопіль, 2017. с.121-125.
 68. ДСТУ 3899-99. Дизайн та ергономіка. Терміни та визначення. [Чинний від 1999-01-02]. Вид. офіц. Київ, Держстандарт України, 1999. 33 с.
 69. Дубасенюк О. А. Інновації в сучасній освіті. Інновації в освіті: інтеграція науки і практики: збірник науково-методичних праць. Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І.Франка, 2014. С. 12-28.
 70. Енциклопедія освіти /гол. ред. В. Г. Кремінь. К.: Юрінком Інтер, 2008. 1040 с.
 71. Єчкало Ю.В. Технологія навчання комп'ютерного моделювання фізичних процесів і явищ у старшій школі. *Комп'ютерне моделювання в освіті* :

-
- матеріали VI Всеукраїнського науково-методичного семінару (Кривий Ріг, 12 квітня 2013 р.). Кривий Ріг: Видавничий відділ КМІ, 2013. С.13-14.
72. Жалдак М. І. Педагогічний потенціал комп'ютерно-орієнтованих систем навчання математики. Зб.наук. праць. Спеціальний випуск. Київ: МІЛЕНІУМ, 2005. С.129-141.
73. Жук Ю. О., Соколюк О. М., Дементієвська Н. П., Слободяник О. В., Соколов П. К. Використання інтернет технологій для дослідження природних явищ у шкільному курсі фізики : посібник, Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України, Київ, Україна: Атіка, 2014. 172 с.
74. Жук Ю. О., Соколюк О. М., Дементієвська Н. П., Соколова І. В. Інтернет орієнтовані педагогічні технології у шкільному навчальному експерименті : монографія. Київ : Атіка, 2014. 196 с.
75. Заболотний В. Формування методичної компетентності учителя фізики засобами мультимедіа: монографія. Вінниця, Україна: Едельвейс, 2009. 454 с.
76. Заболотний В.Ф. Використання демонстраційних комп'ютерних моделей при навчанні методики вивчення хвильової оптики *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна*, 2006. №12. С. 110-113.
77. Закон України Про освіту. URL: <https://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2145-19>
78. Згоба А. И., Маркелов Д. В., Смирнов П. И. Кибербезопасность: угрозы, вызовы, решения. *Вопросы кибербезопасности*, 2014. №5(8). С. 30-39.
79. Зозуля І. Є. Білінгвальне навчання в контексті сучасних інтеграційних концепцій освіти. Матеріали XLVI науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ. Вінниця, 2017. URL: <https://u.to/h97wFw> (дата звернення 20.08.2019)
80. Зубченко Т. М., Науменко Ю. А., Буров О. Ю. ІКТ для дослідження динаміки когнітивних можливостей учнів під дією зовнішніх та внутрішніх факторів. *Комп'ютер у школі та сім'ї*, 2017. Т 1. С. 3-14.
81. Игровое моделирование: теория и практика / под ред. И. С. Ладенко. Новосибирск: Наука, 1987. 231 с.
82. Иодко А. Г. Формирование у учащихся умений исследовательской деятельности в процессе обучения химии, дисс... канд. пед. наук., НИИ СиМО АПН СССР, Москва, 1983. 158 с.
83. Калапуша Л. Р. Комп'ютерне моделювання фізичних явищ і процесів. Навчальний посіб. для студ. вищих навч. закл. Луцьк: РВВ «Вежа». 2007. 192 с.
84. Калапуша Л.Р. Моделювання у вивченні фізики. К.: Рад. школа, 1982. 158 с.
85. Калапуша Л.Р. Муляр В.П., Федонюк А.А. Комп'ютерне моделювання фізичних явищ і процесів. Луцьк: РВВ «Вежа», 2007. 190 с.
86. Кашлев С. С. Технология интерактивного обучения студентов педагогике. Минск: Беларусский верасень, 2005, с. 160—163.
87. Квадрат Декарта как техника принятия решений. URL: <https://link.ac/5zp7> (дата доступу: 15.11.2019).
88. Кветний Р. Н., Богач І. В., Бойко О. Р., Софина О. Ю., Шушура О.М. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень. Частина 1: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2012. 193 с.

-
89. Козловська І. М. Формування пізнавального інтересу учнів у процесі вивчення фізики: інтеграція змісту і методів навчання. Львів: Сполом, 2012. с. 114.
 90. Кононюк А. Е. Обобщенная теория моделирования. Начала. Освіта України, 2012. К.1. Ч.1 602 с.
 91. Концедайло В. В. Застосування ігрових симуляторів у формуванні професійних компетентностей майбутніх інженерів-програмістів: автореф. дис.... канд. пед. наук: 13.00.10/ Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України., 2018. 20 с.
 92. Концепція Нової української школи. URL: <https://u.to/dRYREQ>
 93. Копаєв О. В. Алгоритм як модель алгоритмічного процесу. URL: http://www.ii.npu.edu.ua/files/Zbirnik_KOSN/6/21.pdf.
 94. Корнели Д., Данофф Ч. Парагогика: синергия самостоятельной и организованной учебной деятельности. 2013. URL : <https://u.to/Wd-wFw>
 95. Королев М. Ю. Методическая система обучения методу моделирования студентов естественнонаучных и математических направлений подготовки в педвузах : автореферат дис.... доктора педагогических наук : 13.00.02. Москва, 2012. 42 с.
 96. Кохановська О. Природничо-математична освіта: сутність та змістові аспекти. *Людинознавчі студії. Педагогіка*, 2015. Вип. 1 (33). С. 76-82. URL: http://dspu.edu.ua/pedagogics/arhiv/33_1_2015/11.pdf.
 97. Кузнецов М. Социальная инженерия и социальные хакеры. Петербург: БХВ-Петербург, 2007. 356 с.
 98. Кузьменко О. Проблеми використання комп'ютерного моделювання у процесі вивчення фізики в середній школі. Психолого-педагогічні проблеми сільської школи. 2012. №40. С. 48—54.
 99. Кульчицький І. М. Концептуалізація понять «модель» та «моделювання» у наукових дослідженнях. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка».* Інформаційні системи та мережі, 2015. №829. С. 273-284.
 100. Кюршунов С. Дидактичні особливості розробки інтерактивних комп'ютерних моделей. *Інформатика та освіта*. 2005. №2. С. 78—81.
 101. Лавров Е. А., Барченко Н. Л. Проблемы адаптации в человеко-машинных обучающих системах. *Вісник Сумського національного аграрного університету: Серія: Механізація та автоматизація виробничих процесів*. Суми: СНАУ, 2005. Вип. 11 (14), С. 73—82.
 102. Лазарчук В. В. «Пізнавальна компетентність як методичний компонент при вивченні фізики», *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Серія: Педагогічні науки*, 2015. №127. С. 102-105.
 103. Лернер И. Я. Развитие мышления учащихся в процессе обучения истории. М.: Просвещение, 1982, С. 191.
 104. Либицки М. Кибербезопасность: проблемы и пути их решения. URL : <https://link.ac/5zpd> (Дата звернення: 18.08.2019).

-
105. Литвинова С. Г. Проектування хмаро орієнтованого навчального середовища загальноосвітнього навчального закладу: монографія. Київ: Компрінт, 2016. 354 с.
 106. Литвинова С. Г. Компонентна модель хмаро орієнтованого навчального середовища загальноосвітнього навчального закладу. *Науковий вісник. Серія: Педагогіка. Соціальна робота*. 2015. Т. 35. С. 99-107.
 107. Литвинова С. Г. Система комп'ютерного моделювання об'єктів і процесів та особливості її використання в освітньому процесі закладів загальної середньої освіти. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2018. Том 64. №2. С. 48-65. URL: <https://u.to/BeDwFw> (дата звернення: 11.02.2019).
 108. Литвинова С. Г. Білінгвальний підхід у формуванні компетентностей учнів з природничо-математичних предметів на засадах комп'ютерного моделювання. *Фізико-математична освіта : науковий журнал*. Суми, 2019. Том 3(21) С. 80-88.
 109. Литвинова С. Г. Використання систем комп'ютерного моделювання для проектування дослідницьких завдань з математики. *Фізико-математична освіта*. Суми, 2018. Випуск 1(15). С. 83-89.
 110. Литвинова С. Г. Віртуальний клас як комп'ютерно орієнтоване навчальне середовище вчителя загальноосвітнього навчального закладу. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2011. №2 (22). URL: <https://u.to/ONwFw> (дата звернення 20.08.2019).
 111. Литвинова С. Г. Індивідуально-типологічні особливості суб'єктів проектування хмаро орієнтованого навчального середовища. *Науковий вісник Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького. Серія: Педагогіка*. Мелітополь : МДПУ ім. Богдана Хмельницького, 2015. Вип. 14. С. 222-229.
 112. Литвинова С. Г. Інформатизація і цифровізація загальної середньої освіти: ініціативи й освітнє впровадження. Інформаційно-цифровий освітній простір України: трансформаційні процеси і перспективи розвитку. Матеріали методологічного семінару НАПН України. 4 квітня 2019 р. / За ред. В.Г. Кременя, О.І. Ляшенка; укл. А.В. Яцишин, О.М. Соколюк. К, 2019. С.30-37
 113. Литвинова С. Г. Методика проектування хмаро орієнтованого навчального середовища загальноосвітнього навчального закладу на рівні керівника, *Комп'ютер у школі та сім'ї*, 2015. №2 (122). С. 5-1.
 114. Литвинова С. Г. Моделі впровадження і оцінювання ефективності системи комп'ютерного моделювання як інноваційної освітньої ІК-технології *Фізико-математична освіта : науковий журнал*. Суми, 2019. Том 2(20) С. 80-88. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2019-020-2-013>
 115. Литвинова С. Г. Модель використання системи комп'ютерного моделювання для формування компетентностей учнів з природничо-математичних предметів. *Фізико-математична освіта : науковий журнал*. Суми, 2018. Том 1(19) С. 108-115. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2019-019-1-017>.

-
-
116. Литвинова С. Г. Модель використання системи комп'ютерного моделювання для формування компетентностей учнів з природничо-математичних предметів. *Фізико-математична освіта: науковий журнал*. Суми, 2019. Том 1(19). С. 108-115.
 117. Литвинова С. Г. Облачно ориентированная учебная среда школы: от кабинета до виртуальных методических предметных объединений учителей. *Образовательные технологии и общество*. 2014. №1(17). С.457-468.
 118. Литвинова С. Г. Основи проектування навчального завдання з використанням системи комп'ютерного моделювання. *Звітна наукова конференція Інституту інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України: матеріали наук. конф., (Київ, 2018 р.) / НАПН України, Ін-т інформаційних технологій і засобів навч. — К.: ІІТЗН НАПН України, 2018. С. 146-148. URL: <http://lib.iitta.gov.ua/711730>*
 119. Литвинова С. Г. Особливості розвитку цифрового освітнього простору навчального закладу XXI СТ. Комп'ютер у школі та сім'ї. 2017. №6 (136) С. 21-24
 120. Литвинова С. Г. Формування On-line навчального середовища в загальноосвітніх навчальних закладах. *Комп'ютер у школі та сім'ї*, 2010. №8. С. 25-26.
 121. Литвинова С. Г., О. М.Спірін, та Л. П.Анікіна Хмарні сервіси Office 365 : навчальний посібник. Київ: ЦП «Компринт», 2015, 170 с.
 122. Литвинова С.Г. Особливості розробки критеріїв оцінювання електронних освітніх ресурсів. *Наукові записки. Серія: Проблеми методики фізико—математичної і технологічної освіти*. Кіровоград: РВВ КДПУ ім.В.Винниченка, 2013. Випуск 4. Частина 1.С. 63-67.
 123. Литвинова С.Г. Особливості розроблення критеріїв оцінювання якості електронних освітніх ресурсів. Система психолого-педагогічних вимог до засобів інформаційно-комунікаційних технологій навчального призначення : монографія / за ред. М.І. Жалдака. К. : Атіка, 2014. С.85-90.
 124. Лосев А. Ф. Введение в общую теорию языковых моделей / А. Ф. Лосев : под ред. И. А. Василенко. 2-е изд., стереотип. М.: Эдиториал УРСС, 2004. 296 с.
 125. Майер Р. В. Исследование математических моделей дидактических систем на компьютере : монография. Гла- зов : Глазов. гос. пед. ин-т, 2018. URL:http://maier.vglazov.net/Mayer_monograph2018.pdf
 126. Майер Р.В. Компьютерное моделирование: учебно-методическое пособие для студентов педагогических вузов. http://maier.vglazov.net/Komp_model.htm
 127. Маркова А. К., Орлова А. Б., Фридман Л. М. Мотивация учения и её воспитание у школьников. М. : Педагогика, 1983. 64 с.
 128. Мартиненко О. В., Чкана Я. О. Використання глосарію при білінгвальному навчанні математичних дисциплін іноземних студентів у педагогічних університетах. Матеріали III Міжнародної науково-методичної конференції «ІТМ*плюс — 2018». Суми, 2018. С. 114-115.

-
-
129. Матвійчук О. В., Сергієнко В. П., Подласов С. О. Реалізація міжпредметних зв'язків фізики та інформатики на основі вивчення комп'ютерного моделювання фізичних процесів. *Зб.наук.праць Кам'янець-Подільського державного університету. Серія Педагогічна: Інновації в навчанні фізики та дисциплін технологічної освітньої галузі: міжнародний та вітчизняний досвід*. Кам'янець-Подільський: РВВ, 2008. Вип. 14. С. 24-26.
 130. Матюшкин А.М., Аверина И.С. Развитие творческой активности школьников. М.: Педагогика, 2011. 156 с.
 131. Мельчук И. А. Опыт теории лингвистических моделей «Смысл ↔ Текст». Семантика, синтаксис. М.: Наука, 1974. 314 с.
 132. Миренкова Е. В., Лунина В. В., Кузьменко Н. Е. «Типология познавательных умений и познавательных заданий в школьном курсе химии», Естественнонаучное образование: вектор развития, Сборник. М.: Издательство Московского университета, 2015. С. 193-209.
 133. Монако А.Ф. Проблемна область. Комп'ютерна технологія навчання: Словник-довідник. К.: Наукова думка, 1992. 402 с.
 134. Морзе Н.В., Базелюк О.В., Воротнікова І.П., Дементієвська Н.П., Захар О.Г., Нанаєва Т.В., Пасічник О.В., Чернікова Л.А. Опис цифрової компетентності педагогічного працівника. Проект. Розроблено на виконання Наказу МОН України №38 від 15 січня 2019 року. «Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету» 2019, К. Спецвипуск «Нові педагогічні підходи в STEAM освіті». с.1-53.
 135. Мясковська М., Пшембаєв І. Використання Phet-симуляцій для виконання домашніх завдань з молекулярної фізики *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету ім. Івана Огієнка. Серія: Педагогічна*. Кам'янець-Подільський, 2016. Вип. 22. С. 204-207.
 136. Мясковська М.О. Посилення міждисциплінарних зв'язків загальної фізики та інформатики у підготовці студентів *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна*. Кам'янець-Подільський: Кам.-Под. нац. ун-т імені Івана Огієнка, 2013. Вип. 19. С. 310-312.
 137. Навчальна програма для загальноосвітніх навчальних закладів з фізики. 7—9 класи. Програма затверджена Наказом Міністерства освіти і науки України від 07.06.2017 №804. URL: <https://link.ac/5zpe> (дата звернення: 15.01.2020).
 138. Навчальна програма для загальноосвітніх навчальних закладів із фізики. Програма затверджена Наказом Міністерства освіти і науки України від 07.06.2017 №804. URL: <https://link.ac/5zpe> (дата звернення: 15.01.2020).
 139. Національна доповідь про стан і перспективи розвитку освіти в Україні / Нац. акад. пед. наук України; за заг. ред. В.Г. Кременя. Київ: Пед. думка, 2016. 448 с.
 140. Нижегородов В. В., Бычкова Д. Д. Моделирующий виртуальный эксперимент: материалы 77-й международной научно-технической конференции

ААИ Автомобиле- и тракторостроение в России: приоритеты развития и подготовка кадров (Москва, 27—28 марта 2012 г.) Москва: Мос. гос. тех. ун-т «МАМИ», 2012. 367 с.

141. Нильсон Н. Искусственный интеллект. Методы поиска решений / Пер. с англ.; Под ред. С. В. Фомина. М.: Мир, 1973. 270 с.
142. Нова українська школа: основи Стандарту освіти. Львів, 2016. 64 с.
143. Об эффективности комбинированных методов в дискретном программировании. Современное состояние теории исследования операций Д. А. Молодцов и др.; Предисл. Н.И. Моисеева. М.: Наука, 1979. С. 283-311.
144. Орбан-Лембрик Л. Е. Соціальна психологія: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. Київ: Академвидав, 2005. 446 с.
145. Організація та функціонування мережі ресурсних центрів дистанційної освіти загальноосвітніх навчальних закладів: монографія / О. П. Пінчук та ін. К: Атіка, 2014.
146. Павлова О.С. Методика билингвального обучения химии учащихся основной школы: автореф. дис... на соиск. науч. степени к-та пед. наук. : 13.00.02. Санкт-Петербург, 2011. 23 с.
147. Педагогическая энциклопедия: в 4 т. / гл. ред. И.А. Капрова. Москва: Советская энциклопедия, Т. 2. 1965. 912 с.
148. Педагогічний словник / За ред. Ярмаченка М.Д. К: Педагогічна думка, 2001. 516 с.
149. Первун Е. Е. Поисково-исследовательские задачи как средство развития математических способностей учащихся классов с углубленным изучением математики, автореф... дис. канд. наук., НПУ им. М.П. Драгоманова, Киев, 2009. 22 с.
150. Петерсон Л. Г., Кубышева М. А., Рогатова М. В. Типология уроков деятельности направленности, Педагогическое образование и наука, Москва: МАНПО. 2016. №5. С. 139-152.
151. Пінчук О. П. Результати експериментальних досліджень застосування мультимедійних технологій в освітньому процесі базової школи. *Проблеми освіти*: наук. зб., 2008. Вип. 55. С. 41-50.
152. Пінчук О.П., Литвинова С.Г., Буров О.Ю. Синтетичне навчальне середовище — крок до нової освіти. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 2017. Вип. 4 (60). С. 28-45.
153. Пінчук О.П., Соколюк О.М. Навчально-пізнавальна діяльність учнів в умовах використання інтернет орієнтованих освітніх технологій. *Одинадцята міжнародна науково-практична конференція ІОН-2018* (м. Вінниця, 22-25 травня, 2018 р.). Вінниця, 2018. С. 266-267
154. Пінчук, О.П. Звіт про виконання науково-дослідної роботи Формування інформаційно-освітнього середовища навчання старшокласників на основі технологій електронних соціальних мереж» (остаточний) ІІТЗН НАПН України, м. Київ, Україна, 2017. URL: <http://lib.iitta.gov.ua/709868/>

-
-
155. Пінчук, О.П., Литвинова, С.Г., Буров О.Ю. Синтетичне навчальне середовище — крок до нової освіти. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 2017. Том 60. № 4. С. 28-45.
 156. Поляков А. А., Буров А. Ю., Коробейников Г. В. Функциональная организация умственной деятельности у людей разного возраста. *Физиология человека*. 1995. Т. 21. № 2. С. 37-43.
 157. Про затвердження Державного стандарту початкової освіти Постанова КМ України від 21 лютого 2018 р. №87. URL: <https://www.kmu.gov.ua/ua/npras/pro-zatverdzhennya-derzhavnogo-standartupochatkovoyi-osviti>
 158. Про основні засади забезпечення кібербезпеки України : Закон №2163-VIII. Відомості Верховної Ради, 2017. №45. С. 403.
 159. Про схвалення Концепції Державної цільової соціальної програми підвищення якості шкільної природничо-математичної освіти на період до 2015 року. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1720-2010-%D1%80> (дата звернення: 11.12.2019).
 160. Проекты Центра изучения инноваций в образовании. URL: <https://ioe.hse.ru/innovations/projects> (дата звернення: 11.12.2019).
 161. Разумовский В. Г. ЭВМ и школа: научно-педагогическое обеспечение. Сов. Педагогика, 1985. №9. С. 12-16.
 162. Раков С. А. Дослідницький підхід у курсі геометрії, відкриті задачі, проблемні області, чотирикутники та пакет динамічної геометрії DG. *Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Серія №2. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання*: зб. наук. праць, 2004. №1 (8). С. 42-55.
 163. Резниченко Л. В. Програма AUTODOCK VINA як засіб навчання майбутніх учителів природничих дисциплін. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 2013. Том 38, №6. С. 149-161
 164. Рубинштейн С. Л. Основы общей психологии : в 2-х т. М.: Педагогика, 1989. Т. 2. С. 328.
 165. Савенков А. И. Образовательная среда. *Школьный психолог*, 2008. №19. С. 4-5.
 166. Савчук Т. Соціальна інженерія: як шахраї використовують людську психологію в інтернеті. 30 серпня 2018. URL : <https://link.ac/5zpf>. (Дата доступу: 18.12.2019).
 167. Сайт інтерактивних онлайн-симуляцій Phet Університету Колорадо. URL: <https://phet.colorado.edu>
 168. Салехова Л. Л. Теория и практика развития школ с билингвальным обучением. Казань: Казанск. Ун-т, 2004. 204 с.
 169. Сапрыкина А. О. Модель принятия технологии Дэвиса как средство оценивания субъективной эффективности технологии электронного портфолио. Материалы VII Международной научной конференции. *Теория и практика образования в современном мире*. (Санкт-Петербург, 20-23 июля 2015 года). СПб.: Свое издательство, 2015. С. 108-110. URL: <https://moluch.ru/conf/ped/archive/152/8483/>

-
-
170. Семенова И. Н., Слепухин А. В. Определение и дидактическая конструкция методики использования информационно-коммуникационных технологий в учебном процессе. *Педагогическое образование в России*, 2012. №2, С.183—188.
 171. Семотюк О. П. Сучасний словник іншомовних слів. Х.: Веста: Видавництво «Ранок», 2008. 688 с.
 172. Сергеев С. Ф. Эргономика иммерсивных сред. дис... д-ра наук: 19.00.03 Санкт-Петербург, 2010. 420 с.
 173. Скарбич, С. Н., Далингер В. А. Формирование исследовательских компетенций учащихся в процессе обучения решению планиметрических задач : учеб. пособие. Москва, Россия: Флинта, 2011. 194 с.
 174. Скиба М. Цінності в школі — від глухої оборони до навігації в незвіданому». Нова українська школа. URL: <http://nus.org.ua/view/tsinnosti-v-shkoli-vid-gluhoji-oboronydo-navigatsiyi-v-nezvidanomu/> (дата доступу: 15.12.2019).
 175. Слободяник О. В. Виконання домашніх експериментальних завдань з використанням Phet-симуляцій. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна*. Вип.20: Управління якістю підготовки майбутнього вчителя фізико-технологічного профілю, 2014. С. 165-168.
 176. Слободяник О. В. Використання Google сервісів для контролю самостійної роботи учнів. Наукові записки. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В.Винниченка, 2014. С. 28-34.
 177. Слободяник О. В. Використання комп'ютерних моделей під час індивідуальної роботи з фізики. Фізико-математична освіта: науковий журнал, 2019. Вип. 4(19). С.116-123.
 178. Слободяник О. В. Реалізація принципу індивідуалізації під час роботи з комп'ютерними моделями на уроках фізики. Наукові записки. Серія: педагогічні науки. Кропивницький. РВВ ЦДПУ ім.В.Винниченка. 2019. URL: <https://pednauk.cuspu.edu.ua/index.php/pednauk/article/view/435>. <https://doi.org/10.36550/2415-7988.2019.183.32>
 179. Слободяник О.В. Комп'ютерні симуляції при вивченні атомної фізики у закладах загальної середньої освіти Наукові записки. Серія: педагогічні науки. Кропивницький. РВВ ЦДПУ ім.В. Винниченка, 2019. Вип.179. С.146-151
 180. Слободяник О.В. Комп'ютерне моделювання як засіб активізації пізнавальної діяльності на уроках фізики. Наукові записки Серія: Педагогічні науки. Кропивницький, 2018. Вип. 169. С. 140 -144.
 181. Словник української мови: в 11 тт. / АН УРСР. Інститут мовознавства; за ред. І. К. Білодіда. Київ: Наукова думка, 1970-1980. Т. 4. С. 290.
 182. Смульсон М.Л. Розв'язування задач за допомогою комп'ютера. Комп'ютерна технологія навчання: Словник-довідник. К.: Наукова думка, 1992. С.463-464.

-
-
183. Совкова Т. Застосування комп'ютерних симуляцій при вивченні розділу «Оптика» Методичні рекомендації для студентів Одеса, 2018 URL: <https://link.ac/5zpg> (дата звернення 15.12.2019).
 184. Соколюк О. М., Жук О. Ю. Інтернет орієнтовані педагогічні технології: проблема інтерпретації поняття. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 2012. №4 (30). URL: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/713/527>.
 185. Стронгин Р.Т. Численные методы в многоэкспериментальных задачах. (Оптимизация и исследование операций). М.: Наука, 1978. 240 с.
 186. Тализіна Н. Ф. Педагогічна психологія. М. : Видавничий центр «Академія», 1998. С. 288.
 187. Тарасова Н. С. Класифікація форм комунікації в епоху панування візуальних образів. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна*, 2014. №1122. С. 33-38.
 188. Теплицький І.О. Комп'ютерне моделювання в школі як засіб розвитку творчого мислення учнів. *Рідна школа*. 2000. №9. С. 63—66.
 189. Терно С. О. Проблемні задачі з історії для старшокласників: дидактичний посібник для учнів 10-11 кл. загальноосвіт. навч. закл., Запоріжжя, Україна: Просвіта, 2006. 32 с.
 190. Тихоненко А. І. Рефлексія на уроках. Як? Коли? Навіщо? URL: http://osvita.ua/school/lessons_summary/psychology/51093 (дата звернення: 11.02.2019).
 191. Трофімов Ю. Л., Рибалка В. В., Гончарук П. А. Психологія. К.: Либідь, 2000. 558 с.
 192. Уёмов А. И. Логические основы метода моделирования. М.: Мысль, 1971. 311 с.
 193. Українська радянська енциклопедія: у 12 томах /голов. редкол. М. П. Бажан. К. : Головна редакція УРЕ, 1982. Т. 7. 526 с.
 194. Усова А. В., Вологодская З. А. Самостоятельная работа учащихся по физике в средней школе: пособие. Москва: Просвещение, 1981. 158с.
 195. Фадєєва Т. Імітаційне моделювання природничо-математичної підготовки майбутніх вихователів дошкільних навчальних закладів. *Наукові записки. Серія: педагогічні науки*. Кіровоград: РВВ КДПУ ім.В. Винниченка. Вип.121(1) 2013. С. 207-211.
 196. Фізика і астрономія. Навчальна програма для 10-11 класів закладів загальної середньої освіти. (рівень стандарту, профільний рівень) (наказ №1539 від 24.11.2017 р.) URL: <https://u.to/n7OREw> (дата звернення 15.10.2019)
 197. Фізика. 7—9 класи. Навчальна програма для загальноосвітніх навчальних закладів [Програма затверджена Наказом Міністерства освіти і науки України від 07.06.2017 №804] URL: <https://u.to/UvMfFg>
 198. Фридман Л. М. Методика обучения решению математических задач. *Математика в школе*, 1991. №5, С. 59-62.
 199. Фридман Л.М. Психолого-педагогические основы обучения математики в школе. М. : Просвещение, 1983. 160 с.

-
200. Хазіна С. А. Формування вмінь комп'ютерного моделювання майбутніх вчителів фізики в процесі навчання інформатики, автореферат дис... канд. пед. наук : 13.00.02, НПУ імені М. П. Драгоманова. Київ, 2010. 23 с.
201. Хуторской А. В. Эвристическое обучение. *Современная дидактика*. М: Высшая школа, 2007. 639 с.
202. Хуторской А. Індивідуальна освітня траєкторія. URL: <http://osvita.ua/school/method/2287/> (Дата звернення: 15.01.2020).
203. Хуторской А. Образовательный продукт. URL: <https://cutt.ly/jtGIUDD> (Дата звернення 15.01.2020).
204. Хуторской А. Фундаментальный образовательный объект, Персональный сайт — Научная школа. URL: <https://cutt.ly/HtGlux8> (Дата звернення: 15.01.2020).
205. Ченців В. М. Педагогічне проектування — сучасний інструментарій дидактичних досліджень. Шкільні технології, 2001. № 5, С.75—99.
206. Шамова Т. И. Активизация учения школьников. М.: Педагогика, 1982, 208 с.
207. Шатківський В.М. Порівняння окремих веб-орієнтованих середовищ навчання програмування. Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології. Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка, 2019. №7 (91). С.130-141. (Crossref, Copernicus) ISSN 2312-5993 (0,65 д.а.)
208. Ширин А. Г. Билингвальное образование в отечественной и зарубежной педагогике: автореф. дис... на соиск. науч. степени д-ра пед. наук. : 13.00.01 / Великий Новгород, 2007. 54 с.
209. Широков В. А. Інформаційна теорія лексикографічних систем. К.: Довіра, 1998. 331 с.
210. Шмыров В. 2017. Создан самый большой квантовый компьютер в истории URL: <https://u.to/VONhFw>. (Дата звернення 10.02.2020).
211. Штофф В. А. Моделирование и философия. М: Наука, 1966. 301 с.
212. Элементы для создания глобальной культуры кибербезопасности : Документы ООН. URL : <https://link.ac/5zph>.
213. Ядровская М. В. Средства моделирования в обучении. *Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова*, 2010. №1 (7). С. 89-95.
214. Ядровская М.В. Моделирование как метод обучения информационным технологиям. *Вестник ДГТУ*, 2012. №4 (65), С.121-128.
215. Ярков В. Г. Сущность и функции исследовательских задач в обучении математике студентов педвуза. *Современные проблемы науки и образования* URL: <https://link.ac/5zpj>
216. Яркова Т. А. Научные основы организации научно-исследовательской деятельности студентов в педагогическом вузе. *Вестник Челябинского государственного педагогического университета*, 2013. № 3. С. 215-248.
217. Adams D. A., Nelson R. R., Peter A. Perceived Usefulness, Ease of Use, and Usage of Information Technology: A Replication. *MIS Quarterly* , 1992. Vol.16 (2). Pp. 227—247. URL: <http://dx.doi.org/10.2307/249577> (дата звернення: 10.01.2020).

-
-
218. Aguilera Julieta. The synthetic experience as an exoskeleton of the mind. *Technoetic Arts*. 2012. Vol. 9. Pp. 271-276.
 219. Aldrich C. Clark Aldrich's six criteria of an educational simulation. URL: <http://www.e-learningguru.com/wpapers/sixcriteria.pdf>. (дата звернення: 10.01.2020).
 220. Al-Sabbagh, S. Instruments and implements of enquiry based learning. URL: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED507027.pdf>. (дата звернення: 10.01.2020).
 221. Ayiter E. Synthetic Worlds, Synthetic Strategies: Attaining Creativity in the Metaverse. In: *Metaplasticity in Virtual Worlds: Aesthetics and Semantic Concepts*. URL: <https://cutt.ly/VtGOQMO> (дата звернення: 10.01.2020).
 222. Blamire R. Digital Games for Learning. Conclusions and recommendations from the IM Bogachkov Yuriy, Pavlo S. Ukhan, Iryna Yutsevych Analysis of the competency concept understanding and practical implementation while computer educational models development. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 2018, Том 69, №1. с 37-53.
 223. Strutinsky V., Hurzhii A., Kozlov L. Determination of static equilibrium conditions of a mobile terrestrial robotic complex / ISSN 2071-2227, E-ISSN 2223-2362. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, Dnipro, 2019, №5, p.119-126.
 224. AGINE project. European Schoolnet. URL: www.imaginegames.eu. (дата звернення: 10.01.2020).
 225. Blended Learning Course on Critical Understanding of ICT. Common wealth of learning Canada&Karnataka state open university Mysore. URL: <http://www.riemysore.ac.in/ict/index.html> (дата звернення: 10.01.2020).
 226. Blumschein P. Synthetic Learning Environment. In: *Encyclopedia of the Sciences of Learning*. Springer US, 2012. Pp. 3256-3257.
 227. Brown Stuart, Vaughan Christopher. Play: How it Shapes the Brain, Opens the Imagination, and Invigorates the Soul. URL: <https://cutt.ly/ytGO0R3>, (дата звернення: 10.01.2020).
 228. Burov O. Cognitive abilities' research technology s a tool for STEM-education. 14th International Conference on ICT in Education, *Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*. 2018. Vol-2104. Pp. 380 - 387.
 229. Burov O. Life-Long Learning: Individual Abilities versus Environment and Means. ICT in Education, *Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer: Proc. of the 12th Intern. Conf. Kyiv, Ukraine*, 2016. Pp. 608-619.
 230. Burov O. Models and applied tools for prediction of student ability to effective learning. 14th International Conference on ICT in Education, *Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*. 2018. Vol-2104. Pp. 404-411.
 231. Burov O. Profile mathematical training: particular qualities of intellect structure of high school students. *Фізико-математична освіта: науковий журнал*. Суми: СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2018. №1 (15). С. 108-112.

-
232. Burov O. Virtual Life and Activity: New Challenges for Human Factors/Ergonomics. In Symp. Beyond Time and Space STO-MP-HFM-231. STO NATO. 2014. Pp. 8-1... 8-8.
233. Burov O. Y. Educational networking: human view to cyber defense. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2016. №2 (52). С. 144-156.
234. Burov O. Y., Pertsev M. A. Ergonomic principles to design learning workplace. *Zastosowania ergonomii: Wybrane kierunki badan ergonomicznych w 2014 roku* 2014. 229-235.
235. Burov O., and Tsarik O. Educational workload and its psychophysiological impact on student organism. *Work*. 2012. Vol. 41, Suppl. 1. Pp. 896-899.
236. Burov O., Tsarik O. Ergonomic evaluation of e-learning systems *Zastosowania Ergonomii*. 2013. Pp. 225-234.
237. Bystrova B. Comparative analysis of curricula for bachelor's degree in cyber security in the USA and Ukraine. *Comparative professional pedagogy*. 2017. №7(4). P. 114-119.
238. Cannon-Bowers J. A., Bowers C. A., M. P. Driscoll, Eds. Mahwah Synthetic learning environments. *Handbook of research on educational communications and technology*, 200. Pp. 317-327.
239. Castranova E. Exodus To The Virtual World: How Online Fun Is Changing Reality, 2007. URL: <https://link.ac/5zpk>.
240. Daneshjo N., Computer Modeling and Simulation. International Conference on Optimization of the Robots and Manipulators (OPTIROB 2011), *University Politehnica of Buchares*. URL: <http://www.ipcsit.com/vol8/12-S3.3.pdf> (дата звернення: 10.02.2020).
241. Davis F. D. Perceived Usefulness, Perceived Ease Of Use, And User Acceptance Of Information Technology. *MIS Quarterly*, 1989. Vol 13 (3). Pp. 319-340.
242. Dylan W. Embedded Formative Assessment. (Solution Tree Press, URL: <https://cutt.ly/FtE7BmG>. (дата звернення: 10.02.2020).
243. Digital Competence Framework for Educators (DigCompEdu). URL: <https://ec.europa.eu/jrc/en/digcompedu> (дата звернення: 11.02.2019).
244. DoD Modeling & Simulation Glossary. URL: <https://link.ac/5zpl> (дата звернення: 10.02.2020).
245. Education 2030: Incheon Declaration and Framework for Action for the implementation of Sustainable Development Goal 4: Ensure inclusive and equitable quality education and promote lifelong learning... URL: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000245656_rus. (дата звернення 20.08.2019).
246. Education and Training 2020 Work programme. Thematic Working Group 'Assessment of Key Competences' Literature review, Glossary and examples: European Commission, Directorate-General for Education and Culture. November, 2012. 52 p.
247. Encyclopedia of the Sciences of Learning. Seel, Norbert M., Ed. Springer US, 2012.

-
-
248. EU Cybersecurity Plan to Protect Open Internet and Online Freedom and Opportunity — Cybersecurity Strategy and Proposal for a Directive : European Commission, Digital Single Market News. URL: <https://cutt.ly/3tGPF6n>. (дата звернення 10.02.2020).
 249. Ferdig R. E., (Ed.), «Design, Utilization, and Analysis of Simulations and Game-Based Educational Worlds», Hershey, PA: IGI-Global. URL: <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=2531445>. (дата звернення 10.02.2020).
 250. Gartner Says Worldwide Information Security Spending Will Grow 7 Percent to Reach \$86.4 Billion in 2017. URL : <https://link.ac/5zpm> (дата звернення 10.02.2020).
 251. Goldin C., Katz L. F. The race between education and technology. *The Economic History Review*. 2009. Vol.63(3). Pp. 840 — 841. https://doi.org/10.1111/j.1468-0289.2010.00537_29.x.
 252. Hall S., Takahashi R. Augmented and virtual reality: the promise and peril of immersive technologies. *World Economic Forum*. URL: <https://link.ac/5zpn>. (дата звернення 10.02.2020).
 253. Harnessing the power of video games for learning. *Nation. Sum. on Edu. Games*, Washington, URL: <https://link.ac/5zpo> (дата звернення 10.02.2020).
 254. Honey Margaret A. and Hilton Margaret L. Editors *Learning Science Through Computer Games and Simulations*. URL: <https://link.ac/5zpp> (дата звернення 10.02.2020).
 255. How technology and play can power high-quality learning in schools. *World Economic Forum*. URL : <https://link.ac/5zpq>
 256. How to use cardiovascular state changes in adaptive automation / Mulder, L. J. M. et al. Operator Functional State. The Assessment and Prediction of Human Performance Degradation in Complex Tasks / Hockey, G. R. J., Gaillard, A. W. K., Burov, O. (Eds). *NATO Science Series*. IOS Press, Amsterdam, 2003. P. 260—272.
 257. Hutchings, W. Enquiry-based learning: definitions and rationale. The University of Manchester. Center for Excellence in Enquiry-Based Learning-Essays and Studies, UK, 2006, pp. 1-38. URL:<https://link.ac/5zpr>
 258. Inventions ThoughtCo. URL: <https://www.thoughtco.com/inventions-4133303> (дата звернення 10.02.2020).
 259. ISO/IEC 27032:2012. Information technology — Security techniques — Guidelines for cybersecurity. 2012. 50 p.
 260. Jim Kapoun, Teaching Web Evaluation to Undergrads, *College and Research Libraries News*, Waldorf College in Forest City, Iowa. July/August 1998: p.522-523. URL: (<https://link.ac/5zps> (дата звернення 10.02.2020)).
 261. Karwowski, W. The discipline of human factors and ergonomics. *Handbook of human factors and ergonomics*. 2012. 4. 3-37.
 262. Klimburg A. et al. National cyber security framework manual. NATO CCD COE Publications URL : <http://belfercenter.hks.harvard.edu/files/hathaway-klimburg-nato-manualch-1.pdf>. (дата звернення 10.02.2020).

-
-
263. Kozák, S., Ružický, E., Štefanovič, J., & Schindler, F. Research an education for industry 4.0: Present development. *Cybernetics & Informatics (K&I)*. 2018. P.1-8.
 264. Lavieri Edward. A Study of Adaptive Learning for Educational Game Design. ProQuest UMI. 2014.
 265. Learning paths and Career paths» URL: www.potok.org.ua/paths (дата звернення 10.02.2020).
 266. Learning Technology Study. 2016. URL: <https://link.ac/5zpu>. (дата звернення 10.02.2020).
 267. Lété B., and Pernik P. EU—NATO Cybersecurity and Defense Cooperation: From Common Threats to Common Solutions. The German Marshall Fund of the United States. Policy Brief, December, 15, 2017. # 38. URL: <https://link.ac/5zpt> (дата звернення 10.02.2020).
 268. Lukosch H., Kurapati S., Groen D., and Verbraeck A. Microgames for Situated Learning: A Case Study in Interdependent Planning. *Simulation & Gaming*. 2016. URL: <http://sagepub.com/journalsPermissions.nav>. (дата звернення 10.02.2020).
 269. Lytvynova S. Cognitive Tasks Design by Applying Computer Modeling System for Forming Competences in Mathematics. 14th International Conference on ICT in Education, *Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*. 2018. Vol-2104. P. 278-293. URL: http://ceur-ws.org/Vol-2104/paper_150.pdf (дата звернення 10.02.2020).
 270. Lytvynova, S., Burov, O. Methods, Forms and Safety of Learning in Corporate Social Networks. Proceedings of the 13th International Conference on ICT in Education, *Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*. 2017. Vol-1614. Pp. 406-413.
 271. Lytvynova, S., Pinchuk, O. The Evolution of Teaching Methods of Students in Electronic Social Networks. Proceedings of the 13th International Conference on ICT in Education, *Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*. 2017. Vol-1614. Pp. 360-371.
 272. Mansour R. F. Understanding how big data leads to social networking vulnerability. *Comput.Hum.Behav.*, Elsevier Ltd, 2016. #57. P. 348-351.
 273. Modeling & Simulation, Cyber Security and Information Systems Information Analysis Center URL: <https://www.csiac.org/groups/modeling-simulation/> (дата звернення 10.02.2020).
 274. Morze, N., Barna, O., Kuzminska, O., & Vember, V. (2017). Formation Students'ict Competence: Case Study. *Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету*, (3), 89-99.
 275. NASA eEducation Roadmap. Research Challenges in the Design of Persistent Immersiv Synthetic Environments for Education & Training. 2005. URL: <https://fas.org/programs/ltp/publications/NASA%20eEducation%20Roadmap.pdf>.
 276. NATO Cooperative Cyber Defense Centre of Excellence. URL: <https://ccdcoe.org/> (дата звернення 10.02.2020).

-
-
277. Petri G., G.Wangenheima C. How games for computing education are evaluated? A systematic literature review. *Computers & Education*, 2017. Vol. 107. Pp 68-90. DOI: 10.1016/j.compedu.2017.01.004.
 278. Pinchuk O., Burov O., Lytvynova S. Learning as a Systemic Activity / Karwowski W., Ahram T., Nazir S. (eds). *Advances in Human Factors in Training, Education, and Learning Sciences*. AHFE 2019. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2019. Vol 963. P. 335-342. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-20135-7_33.
 279. Pinchuk O.P., Sokolyuk O.M. Cognitive activity of students under conditions of digital transformation of learning environment. *Інформаційні технології в освіті*. Київ, 2018. №36. С. 71-81.
 280. Pinchuk O. P. Perspective analysis of use of social networks as learning tools in learning environment. *Information Technologies and Learning Tools*. 2016. No. 54 (4) Pp. 83-98.
 281. Rapoza Jim. Hybred IT is the new normal for IT infrastructure. URL: <https://link.ac/5zpv>. (дата звернення 10.02.2020).
 282. Recognizing the contribution of modeling and simulation technology to the security and prosperity of the United States, and recognizing modeling and simulation as a National Critical Technology URL: <https://www.congress.gov/bill/110th-congress/house-resolution/487/text> (дата звернення 10.02.2020).
 283. Richard E. Mayer. Principles for multimedia learning with Richard E. Mayer. URL: <http://hilt.harvard.edu/blog/principles-multimedia-learning-richard-e-mayer>. (дата звернення 10.02.2020).
 284. Ronald D. Anderson, Reforming Science Teaching: What Research says about Inquiry, *Journal of Science Teacher Education*, v.13(1), Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 2002, pp. 1-12. URL: <http://mascil-toolkit.ph-freiburg.de/wp-content/uploads/2014/03/Anderson-2002.pdf>.
 285. SAMR-Уровни использования технологий. URL: https://blendedlearning.pro/instructional_design/samr/ (дата звернення 10.02.2020).
 286. Schleicher A. Educating Learners for Their Future, Not Our Past. ECNU Review of Education, 2018. Vol. 1(1). Pp. 58-75. <https://doi.org/10.30926/ecnuroe2018010104>.
 287. Shrader C., History of Operations Research in the US Army. 2006. [Online]. Available: https://history.army.mil/html/books/hist_op_research/CMH_70-102-1.pdf. (дата звернення 10.02.2020).
 288. Strategies for the New Economy. Skills as the Currency of the Labour Market. Centre for the New Economy and Society White Paper. *World Economic Forum*. January 2019. URL: <https://cutt.ly/mtGSagR>, (дата звернення 10.02.2020).
 289. Synthetic Environments for HSI Application, Assessment, and Improvement. STO Technical Report TR-HFM-216. AC/323(HFM-216)TP/614. 2015.
 290. Synthetic Worlds: Emerging Technologies in Education and Economics. Integrated Series in Information Systems / Andreas Hebbel-Seeger, Torsten Reiners, and Dennis Schäffer, Eds. Springer, 2014. Vol. 33.

-
-
291. The Global Human Capital Report 2017: Preparing people for the future of work. World Economic Forum. URL: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Our_Shared_Digital_Future_Report_2018.pdf
 292. The Plurality of Literacy and its implications for Policies and Programs. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000136246> (дата звернення 10.02.2020).
 293. UNESCO ICT Competency Framework for Teachers, 2018. URL: <https://www.gcedclearinghouse.org/sites/default/files/resources/190056eng.pdf> (дата звернення 20.08.2019).
 294. Veltman H., Wilson G., Burov O. Cognitive load. NATO Science Series RTO-TR-HFM-104, Brussels, 2004. pp. 97-112.
 295. Venkatesh V., Morris M.G., Davis G. B., Davis F.D. User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. MIS Quarterly , 2003. Vol.27 (3). Pp. 25—478.
 296. Virginia Modeling, Analysis & Simulation Center. URL: <http://https://www.odu.edu/vmasc> (дата звернення 10.02.2020).
 297. Wilson John R., Carayon Pascale: Systems ergonomics: Looking into the future. — Editorial for special issue on systems ergonomics/human factors. Applied Ergonomics, 2014. Volume 45, Issue 1, Pp. 3-4.
 298. Yan Z., Robertson T., Yan R., Park Sung Yong, Bordoff S., Chen Q., and Під-мSprissler E. Finding the weakest links in the weakest link: How well do undergraduate students make cybersecurity judgment?. Computers in Human Behavior, 2018. Vol. 84. Pp. 375-382.

Авторський колектив:

Биков Валерій Юхимович - директор Інституту інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України, головний науковий співробітник відділу технологій відкритого навчального середовища, доктор тех. наук, професор

Литвинова Світлана Григорівна - заступник директора з наукової роботи Інституту інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України, провідний науковий співробітник відділу технологій відкритого навчального середовища, доктор пед. наук, с.н.с.

Пінчук Ольга Павлівна - заступник директора з науково-експериментальної роботи Інституту інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України, провідний науковий співробітник відділу технологій відкритого навчального середовища, кандидат пед. наук, с.н.с.

Буров Олександр Юрійович - провідний науковий співробітник відділу технологій відкритого навчального середовища Інституту інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України, доктор тех. наук, старший дослідник

Соколюк Олександра Миколаївна - провідний науковий співробітник відділу технологій відкритого навчального середовища Інституту інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України, кандидат пед. наук, с.н.с.

Слободяник Ольга Володимирівна - провідний науковий співробітник відділу технологій відкритого навчального середовища Інституту інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України, кандидат пед. наук.

Гриб'юк Олена Олександрівна - провідний науковий співробітник відділу технологій відкритого навчального середовища Інституту інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України, кандидат пед. наук.

Богачков Юрій Миколайович - старший науковий співробітник відділу технологій відкритого навчального середовища Інституту інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України, кандидат пед. наук, с.н.с.

Ухань Павло Станіславович - старший науковий співробітник відділу технологій відкритого навчального середовища Інституту інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України, кандидат пед. наук

Дементієвська Ніна Петрівна - науковий співробітник відділу технологій відкритого навчального середовища Інституту інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України

Наукове видання

**КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ
ПІЗНАВАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ
КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ УЧНІВ З ПРИРОДНИЧО-
МАТЕМАТИЧНИХ ПРЕДМЕТІВ**

Монографія

Наукова редакція:

Д-р пед. наук, с.н.с. Литвинової С. Г.

Авторський колектив:

<i>Д-р тех. наук, професор</i>	<i>Биков В. Ю.</i>	<i>(Вступ, п. 1.6, п. 4.6)</i>
<i>Д-р тех. наук, с.н.д.</i>	<i>Буров О. Ю.</i>	<i>(п. 1.1, п. 3.2, п. 4.6, п.4.7)</i>
<i>Д-р пед. наук, с.н.с.</i>	<i>Литвинова С. Г.</i>	<i>(п. 1.2, п. 1.3, п. 1.4, п. 1.7, п. 1.8, п. 2.1, п. 2.2, п. 2.4, п. 3.1, п.4.3, п.4.4)</i>
<i>К-т пед. наук, с.н.с.</i>	<i>Богачков Ю. М.</i>	<i>(п. 4.2, п. 4.5)</i>
<i>К-т пед. наук, с.н.с.</i>	<i>Пінчук О. П.</i>	<i>(Вступ, п. 2.5, п. 4.1)</i>
<i>К-т пед. наук, с.н.с.</i>	<i>Слободяник О. В.</i>	<i>(п. 1.5, п. 3.4, п. 3.5)</i>
<i>К-т пед. наук, с.н.с.</i>	<i>Соколюк О. М.</i>	<i>(п. 2.3, п. 2.5, п. 3.3)</i>
<i>К-т пед. наук</i>	<i>Гриб'юк О.О.</i>	<i>(п. 3.6)</i>
<i>К-т пед. наук</i>	<i>Ухань П. С.</i>	<i>(п. 4.2, п. 4.5)</i>
<i>Наук. співробітник</i>	<i>Дементієвська Н. П.</i>	<i>(п. 2.5)</i>

Обкладинка - Лук'ненко Л.

Верстка – Коломієць А.

(Електронне видання)

Обсяг вид. 10,0 авт. арк.

Видавництво «Педагогічна думка»

04053, м. Київ,

вул. Січових Стрільців, 52-а, корп. 2;

тел./факс: (044) 481-38-85

book-xl@ukr.net

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи

до Державного реєстру видавців, виготовників

розповсюджувачів видавничої продукції

Серія ДК № 3563 від 28.08. 2009 р.