

УДК 530.145 (07)

Сергій Терещук,
кандидат педагогічних наук, доцент,
професор кафедри фізики і астрономії
та методики їх викладання
Уманського державного педагогічного
університету імені Павла Тичини

МЕТОДИЧНА СИСТЕМА ФОРМУВАННЯ ПРЕДМЕТНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ СТАРШОКЛАСНИКІВ З КВАНТОВОЇ ФІЗИКИ

В статі розглянуто технологію проектування методичної системи формування предметної компетентності з квантової фізики в учнів старшої школи. Обґрунтовано критерії для конструювання методичної системи навчання квантової теорії на засадах компетентнісного підходу. Показано основні етапи побудови вказаної методичної системи як технологічного процесу, що може бути використаним для інших підсистем навчання фізики у старшій школі. Запропоновано формування компетентностей здійснювати не з позиції відбору методів навчання, а спираючись на конструювання методичної системи із наперед відібраними освітніми технологіями.

Ключові слова: технології навчання, методична система, квантова фізика, атомна та ядерна фізика, компетентнісно орієнтовані технології, навчальний процес, ключові компетентності, загально-предметні компетентності, предметні компетентності.

В статье рассмотрена технология проектирования методической системы формирования предметной компетентности по квантовой физике у учащихся старших классов. Обоснованы критерии для конструирования методической системы обучения квантовой теории на основе компетентностного подхода. Показаны основные этапы построения указанной методической системы как технологического процесса, который может быть использован для других подсистем обучения физике в старшей школе. Предложено формирование компетентностей осуществлять не с позиции отбора методов обучения, а опираясь на конструирование методической системы с заранее отобранными образовательными технологиями.

Ключевые слова: технологии обучения, методическая система, квантовая физика, атомная и ядерная физика, компетентно ориентированные технологии, учебный процесс, ключевые компетентности, общепредметные компетентности, предметные компетентности.

In the article the technology of designing of methodical system of forming the subject competence of quantum physics in high school students. The criteria

for designing methodological training system of quantum theory on the basis of competence approach. The basic stages of construction of said system as methodical process that could be used for other subsystems teaching physics in high school. Forming competencies to carry out not from a position of selection of teaching methods, and based on the design of methodical system of pre-selected educational technologies. Considered taxonomy of competencies, the formation of which is possible in the study of quantum physics in high school that will develop specific instructional techniques and methods of forming respective competencies. In forming the list of subject competences which students acquire in studying quantum physics, atomic and nuclear physics, you must take into account their complex nature.

Key words: *technology training, methodical system, quantum physics, atomic and nuclear physics, competence-oriented technology, the learning process, key competencies, subject competence.*

Постановка проблеми. Дослідниками компетентнісного підходу у навчанні доведено, що в основі відбору та конструювання системи методів навчання лежить структура відповідних компетентностей та функцій, що вони виконують [3]. Застосування методів, відібраних у такий спосіб, вибудовує таку навчальну діяльність учнів, в ході якої вони набувають не лише знань і умінь, а компетентностей, тобто набутих у процесі навчання інтегрованих здатностей, що являють собою знання, уміння, досвід, цінності і ставлення, які цілісно реалізуються на практиці шляхом розв'язання навчальних задач. Проте, на наше глибоке переконання, конструювання навчального процесу з формування компетентностей недостатньо розглядати лише на рівні відбору методів навчання. Це пов'язано з тим, що компетентність учня включає не лише когнітивну або операційну складові (як при знаннєвому підході), а й мотиваційну, ціннісну, етичну тощо. Таких складових можна назвати безліч. Наприклад, Дж. Равен розробив модель із 143 елементів. За такої ситуації формування компетентностей є рівнянням з нескінченною кількістю невідомих. Для усунення цієї перешкоди пропонуємо розглядати формування компетентностей не з позиції відбору методів навчання, а спираючись на конструювання методичної системи із наперед відібраними освітніми технологіями.

Обґрунтуємо критерії для конструювання методичної системи навчання квантової теорії на засадах компетентнісного підходу. З цією метою окреслимо таксономію компетентностей, зокрема місце предметної компетенції з квантової фізики у системі ключових і навчально-пізнавальних компетентностей. Потім визначимо технологію проектування методичної системи, з якої виходитимуть концептуальні положення відбору методів навчання квантової фізики у старшій школі. Для цього:

- окреслимо змістову компоненту предметної компетентності в

частині квантової фізики;

- визначимо функції компетентностей у навчанні квантової фізики;
- визначимо структуру компетентності з квантової фізики (назва, тип, об'єкти відносно яких вводиться компетентність, способи діяльності у відношенні обраних об'єктів);
- окреслимо дерево компетентностей.

Аналіз останніх досліджень і публікацій щодо компетентнісного підходу дозволяє стверджувати, що його категоріальна база пов'язана:

- по-перше з ідеєю цілепокладання освітнього процесу, коли компетенції стають головною загальною метою (над-метою), що об'єднує отримання знань і умінь у новому контексті — застосування їх у комплексі для отримання нового досвіду;
- по-друге, зміст освіти у світлі компетентнісного підходу виражається чотирьох-компонентною моделлю: 1) знання; 2) уміння; 3) досвід розв'язування завдань (задач, проблемних ситуацій, творчих завдань тощо); 4) досвід ціннісного ставлення до отриманих знань і умінь та досвіду їх використання.

Формулювання цілей статті. Спираючись на ці висновки, розглянемо таксономію компетентностей, формування яких можливе при вивченні квантової фізики у старшій школі, що дозволить розробити конкретні методичні прийоми і методи з формування відповідних компетенцій.

Виклад основного матеріалу дослідження. Вказана таксономія заснована на існуючій на сьогодні ієрархії компетентностей у навчанні, що пов'язана з його змістом. Тобто ознакою класифікації компетентностей виступає зміст освіти. Традиційно зміст освіти поділяється на три рівні: загальнопредметний зміст (для усіх предметів); міжпредметний (для окремих циклів предметів) і предметний (для окремих навчальних предметів). Аналогічно вказаним рівням, склалась ієрархія компетентностей у навчанні відповідно до різних рівнів змісту освіти:

1. Ключові (базові або метапредметні) компетентності – відносяться до загальнопредметного змісту освіти.
2. Загальнопредметні компетентності – відносяться до певного циклу предметів, наприклад, природничо-математичного.
3. Предметні компетентності – часткові відносно ключових і загальнопредметних і які формуються в межах конкретного навчального предмету.

У нашому дослідженні ми спираємось на результати діяльності колективу українських науковців і практиків (кер. О. Савченко, Н. Бібік, Л. Ващенко, О. Локшиної, О. Овчарук, Л. Паращенко, О. Пометун, С. Трубачової), якою розроблялися теоретичні і прикладні питання запровадження компетентнісного підходу в освіту України. Цими дослідниками запропоновані наступні ключові компетентності у навчанні:

- навчальна (уміння вчитися);

- громадянська;
- загальнокультурна;
- інформаційна;
- соціальна;
- здоров'язберігаюча [3, с. 408].

Державним стандартом базової і повної загальної середньої освіти до ключових компетенцій віднесено: уміння вчитися, спілкуватися державною, рідною та іноземними мовами, математична і базові компетентності в галузі природознавства і техніки, інформаційно-комунікаційна, соціальна, громадянська, загальнокультурна, підприємницька та здоров'язбережувальна компетенції [2].

До загальнопредметних компетентностей нами віднесено знання і уміння, яких повинні набути учні згідно загальноприродничого компоненту державного стандарту : уміти застосовувати експериментальні та теоретичні методи пізнання фізичних явищ і процесів, набуті знання у різних сферах життєдіяльності людини та приймати екологічно виважені рішення, виявляти ставлення та оцінювати динаміку, історичний характер розвитку сучасної фізичної картини світу, гармонійну взаємодію людини з навколишнім природним середовищем, роль фізичного знання в різних галузях людської діяльності та екологічні наслідки її впливу на навколишнє природне середовище. Вказані загальнопредметні компетентності віддзеркалюють уявлення про фізику як фундаментальну науку, вивчення методів пізнання якої дозволить розкрити роль фізичних знань у житті суспільства, розвитку техніки і технологій (зокрема нанотехнологій), розв'язання екологічних проблем.

Предметною компетенцією відповідно до державного стандарту нами обрано інтегральне поєднання наступних знань і умінь: знання і розуміння учнями основних фізичних теорій (зокрема квантової теорії), що характеризують рух та взаємодію, їх вплив на наукову картину світу, природу фундаментальних взаємодій, фізичну суть явищ природи, фізичні основи техніки, виробництва, сучасних технологій; уміння застосовувати методи наукового пізнання, фізичні поняття, моделі, величини, рівняння та закони квантової фізики.

Функції компетенцій впливають із їх значимості та місця в освітньому процесі. Визначаючи їх відносно вивчення квантової фізики, ми виходили із уявлень про функції процесу освіти як педагогічної категорії, що має цілісну, поліфункціональну та полісмыслову структуру. З огляду на це, освіта як процес і водночас результат засвоєння системи наукових знань, практичних умінь і навичок, має три функції (за С. У. Гончаренком [1]): людино-творчу, технологічну та гуманістичну. Ці функції органічно поєднуються із функціями компетентностей у навчанні. Так, людино-творча функція забезпечує певний рівень знань в поєднанні із станом емоційно-вольової сфери, поведінкових орієнтацій, готовності до

виконання різних соціальних ролей та видів діяльності. Технологічна функція відзеркалює формування навичок з різних сфер діяльності (від господарської до професійної), розвиток комунікативності в різних видах діяльності (соціальній, науковій, професійній тощо). Нарешті, гуманістична функція освіти забезпечує виховання людей в дусі миру, високої моральності, уважного і бережливого ставлення до Природи (екологічне виховання), розуміння пріоритетності загальнолюдських цінностей (життя, праці, самої людини тощо) [3, с. 614–615]. Дослідження функцій освіти і компетентностей у навчанні слід розглядати в їх єдності та взаємозв'язку ще й тому, що освіта являє собою процес зовнішнього впливу на засвоєння індивідом узагальненого, об'єктивного, соціального досвіду та цінностей.

На основі аналізу літературних джерел [1–5], в межах пропонованої методичної системи нами виокремлено основні функції предметної компетенції з квантової фізики:

- поєднувати наукові поняття, що вивчаються в межах теми квантової фізики (квантова оптика, будова атома і атомного ядра, фізика елементарних частинок) та їх практичне застосування для розв'язування навчальних задач;

- визначати досвід предметної діяльності учня, необхідний для застосування законів квантової фізики у відношенні до реальних об'єктів;

- представляти фундаментальні дослідження з квантової фізики як об'єкти оточуючої дійсності для цільового комплексного застосування знань, умінь і способів діяльності;

- представляти собою інтегральні характеристики рівня навченості учнів як соціально затребуваних громадян здатних до застосування отриманих знань і набутих умінь з квантової фізики у повсякденному житті відносно питань екології, ставлення до сучасних інформаційних та нанотехнологій, глобальних проблем людства, викликаних техногенним впливом та шляхи їх подолання тощо;

- бути умовою успішної реалізації особистісних орієнтирів учня в навчанні, що дозволяє подолати його відчуження від освітнього процесу.

- забезпечувати процес зовнішнього впливу на засвоєння індивідом досвіду у навчанні квантової фізики, певних норм (у вигляді ключових компетенцій) та цінностей.

Спираючись на визначені зміст, ієрархію та функції предметної компетентності з квантової фізики, визначимо її структуру. Структурні компоненти містять наступний перелік:

1. Назва компетентності – предметна компетентність з квантової фізики.

2. Тип компетенції відносно розробленої вище ієрархії компетентностей – часткова або предметна.

3. Коло реальних об'єктів дійсності, у відношенні котрих вводиться дана компетенція – фундаментальні дослідження з квантової фізики (атомної і

ядерної фізики, фізики елементарних частинок).

4. Ціннісні орієнтації учня у відношенні вивчення об'єктів квантової фізики – фундаментальних законів (фотоефекту, ефекту Комптона, досліду Боте тощо).

5. Соціально-практична обумовленість та значимість предметної компетенції з квантової фізики – застосування отриманих знань для участі в соціально важливих подіях суспільства пов'язаних із питаннями застосування нанотехнологій, здобутків квантової фізики в сучасних інформаційно-комунікаційних технологіях, проблемами екології, питаннями здоров'язберігаючого трибу життя тощо.

6. Знання про дане коло реальних об'єктів – відомості про фотоефект, тиск світла, ефект Комптона, дослід Боте тощо.

7. Способи діяльності у відношенні до даного кола реальних об'єктів – обираються учителем залежно від застосованих методів навчання в межах відповідної освітньої технології (інтерактивні технології кооперативного навчання, технології розвитку критичного мислення та ін.).

8. Мінімально необхідний досвід діяльності учня у сфері даної компетенції.

Наведений перелік характеристик дозволяє здійснювати проектування та опис предметної компетенції з квантової фізики у пропонованій методичній системі, а також здійснювати відповідний контроль її сформованості.

Процесуально конструювання предметної компетенції з квантової фізики полягала в рефлексорному виявленні компетентнісного змісту у навчальному матеріалі з квантової фізики (розділи «Оптика і квантова оптика», «Атомна і ядерна фізика»). Для цього було здійснено:

- Пошук проявів ключових компетенцій в квантовій фізиці.
- Побудова ієрархічної систематики – дерева компетенцій.
- Проектування загальнопредметних освітніх компетенцій на вертикальному рівні для старшої школи.

Відповідно до першого пункту нами складено перелік ключових компетенцій, які можуть відноситись до вивчення квантової фізики. З'ясовано вклад навчального предмету в частині квантової фізики у формування відповідної ключової компетенції. Отже:

1. Ключова компетенція уміння навчатися. Оволодіння даною компетенцією означає, що учень опановує науковий стиль мислення і методи наукового пізнання природи (спостереження, порівняльний аналіз, аналіз результатів експерименту, висунення гіпотез); уміння користуватися різними джерелами інформації.

Із змісту даної ключової компетенції видно, що вона може успішно формуватися під час вивчення квантової фізики, оскільки остання має для цього значний потенціал, який може бути реалізованим при вивченні наступних питань: історія становлення квантової теорії, гіпотеза М.

Планка, закономірності випромінювання абсолютно чорного тіла (профільний рівень), пояснення явища фотоефекту за допомогою гіпотези М.Планка, корпускулярно-хвильовий дуалізм світла; постулати Бора, принцип Паулі (профільний рівень), протонно-нейтронна модель атомного ядра та ін.

2. Загальнокультурна компетентність. Оволодіння даною компетенцією означає здатність учня аналізувати та оцінювати досягнення національної та світової культури, орієнтуватися в культурному та духовному контексті сучасного суспільства, застосовувати методи самовиховання, орієнтовані на загальнолюдські цінності.

Для формування даної компетенції при вивченні квантової фізики ми звертали увагу на наступні питання: досягнення і внесок українських вчених-фізиків у розвиток фізичної науки; використання наукових досягнень в культурному та духовному надбанні суспільства (вплив науково-технічного прогресу на розвиток різних сфер культурного життя суспільства тощо).

3. Комунікативна компетентність передбачає здатність особистості застосовувати у конкретному виді спілкування знання мови, способи взаємодії з людьми, що оточують її, навички роботи у групі, володіння різними соціальними ролями.

Дана ключова компетенція може успішно формуватися в учнів під час вивчення квантової фізики при розгляді дискусійних питань, проблемних питань квантової теорії (в історичному аспекті) та сучасних проблем фізики елементарних частинок (пошук нейтрино, з'ясування механізму Хігса (профільний рівень) та ін.). Вказані проблемні ситуації успішно створюються і обговорюються учнями в ході використання учителем освітніх технологій на кшталт інтерактивних технологій кооперативного навчання, технологій розвитку критичного мислення тощо.

Висновки і перспективи: при формуванні переліку предметних компетентностей, яких набувають учні при вивченні квантової фізики, атомної і ядерної фізики, необхідно враховувати їх комплексний характер, що означає наявність в їх структурі наступних елементів:

- об'єктів реальної дійсності (елементарні частинки, фундаментальні досліди квантової оптики, атомної і ядерної фізики);
- соціально значимих знань, умінь, навичок і способів діяльності у відношенні вказаних об'єктів;
- особистісної значимості для учня формування даної компетенції (див.: табл. 1, 2.).

Побудова дерева компетенцій має на меті систематизацію усіх трьох рівнів компетенцій (ключових, загальнопредметних, предметних) та здійснення контролю за їх формуванням.

Аналіз дерева компетенцій дозволяє також узгодити дії учителів-предметників для впровадження міжпредметного зв'язку. Побудова

означеного дерева здійснювалась нами за допомогою графів і полягала в узагальненні вказаних класів компетенцій за а) спільними явищами, процесами, дослідами тощо (тобто реальними об'єктами пізнавальної дійсності) і б) спільними для різних предметів уміннями, навичками і способами діяльності.

Таблиця 1

**Структурні складові предметної компетенції при вивченні теми
«Квантова фізика»**

№	Назва компетенції	Объекты реальной действительности	Соціальна значимість компетенції	Особистісна значимість компетенції
1	2	3	4	5
1.	Уміння робити висновок про корпускулярно-хвильову природу світла	Світло	Дуалістичність соціальних явищ і процесів у суспільстві.	Уміння розрізняти обидва підходи в залежності від умов експерименту.
2.	Уміння оцінити історичний характер відкриття фотоефекту	Фотоефект, фотоелемент Столетова, електрон, фотон.	Історичні аспекти становлення квантової теорії.	Усвідомлення ролі особистості та її якостей (працьовитість, наполегливість тощо) в розвитку наукових досліджень.
2.	Уміння розв'язувати задачі на розрахунок фізичних величин, що характеризують фотон.	Фотон	Необхідність робити логічно вірні висновки.	Володіння математичним апаратом (формулами).
3.	Уміння використовувати рівняння Ейнштейна.	Фотоефект, фотоелементи.	Розуміння принципу роботи фотоелементів на виробництві.	Розв'язування задач на фотоефект.
4.	Уміння пояснювати досліди, спираючись на поняття «зовнішній фотоефект»	Дослід Гальвакса	Необхідність робити висновки на основі проведених спостережень.	Розвиток фізичного стилю мислення.
5.	Уміння пояснити ВАХ фотоелемента	Дослід Столетова	Необхідність застосування ВАХ для визначення характеристик елементів електричних кіл.	Аналіз даних графіка.
6.	Уміння пояснювати дослід	Дослід Боте	Використання на	Використання

Боте (профільний рівень)		виробництві сучасних рентгенівських спектрометрів – аналіз хімічного складу речовин, дослідження мінералів і руд.	XRF у побуті (портативні рентгенівські спектрометри).
--------------------------	--	---	---

Таблиця 2.

**Структурні складові предметної компетенції при вивченні теми
«Атомна та ядерна фізика»**

№	Назва компетенції	Об'єкти реальної дійсності (явища, процеси, предмети)	Соціальна значимість компетенції	Особистісна значимість компетенції
1	2	3	4	5
1.	Уміння оцінити історичний характер основних етапів розвитку ядерної фізики та історію про їх творців.	Атом, елементарні частинки	Вплив успіхів ядерної фізики на розвиток людської цивілізації.	Національна самосвідомість: внесок українських вчених у розвиток атомної енергетики.
2.	Уміння пояснити можливість вивільнення атомної енергії	Дослід Резерфорда	Необхідність врахування кількості атомної енергії для потреб суспільства.	Розуміння екологічних наслідків використання енергії атома.
3.	Пояснення природи радіоактивного випромінювання	Радіоактивне випромінювання	Історія відкриття радіоактивності.	Захист людини від радіоактивного випромінювання.
4.	Уміння представляти результати вимірювання радіоактивного фону.	Дозиметр. Радіологічна карта місцевості.	З'ясування радіоактивного фону місцевості у вигляді радіологічної карти місцевості.	Користування побутовим дозиметром. Створення радіологічної карти місцевості проживання.
5.	Здатність визначити масу, енергію й електричний заряд елементарних частинок.	Фотографії треків елементарних частинок	Необхідність робити висновки на основі аналізу даних, отриманих за допомогою трекових приладів.	Володіння математичним апаратом, необхідність робити логічні умовиводи, розраховувати

				фізичні величини за формулами.
6.	Здатність пояснити фізичні основи ядерної енергетики	Ядерний реактор.	Обізнаність про загальні параметри атомних електростанцій України. Екологічні наслідки вибуху на Чорнобильській АЕС.	Вплив радіації на організм людини.
7.	Уміння пояснити природу X-променів	Рентгенівське випромінювання	Необхідність використання рентгенівського випромінювання на виробництві.	Необхідність використання рентгенівського випромінювання в медицині (флюорографія, томографія та ін.).

Заключний етап – власне формування компетенцій у навчальному процесі. Для цього слід визначитись із технологіями навчання, які входять до відповідної методичної системи, що враховує змістове наповнення компетенцій, їх функції, способи діяльності, які мають опанувати учні, соціальну і особистісну значимість компетенцій для старшокласників.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гончаренко С. У. Український педагогічний словник / С. У. Гончаренко. – К. : Либідь, 1997. – 374 с.
2. Державний стандарт базової і повної загальної середньої освіти [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.mon.gov.ua/images/files/doshkilna-crednya/serednya/derzh-standart/post_derzh_stan.doc
3. Енциклопедія освіти / Акад. пед. наук України; головний ред. В. Г. Кремень. – К. : Юрінком Інтер, 2008. – 1040 с.
4. Компетентнісний підхід у сучасній освіті: світовий досвід та українські перспективи: Бібліотека з освітньої політики / Під заг. ред. О. В. Овчарук. – К. : «К.І.С.», 2004. – 112 с.
5. Пометун О. І. Енциклопедія інтерактивного навчання. – К., 2007. – 144 с.