

УДК 37.011.3

Максим Гальченко,
м. Київ

ПРИНЦИПИ НАУКОВОЇ ОСВІТИ

У статті представлено базові принципи науково-природничої освіти у контексті початкової та середньої освіти Європи. Підкреслено важливість застосування цих принципів до решти дисциплін.

Ключові слова: наукова освіта, науково-природнича освіта, початкова та середня освіта Європи, великі наукові ідеї.

The paper presents the basic principles of science education the way the Europe sees it in primary and secondary school. It also stresses the importance of application of those principles in other school disciplines.

Key words: science education, STEM, STEAM, primary and secondary education in Europe.

Попри те, що команди розробників різних національних навчальних програм, керівних принципів і стандартів долають проблеми вибору контенту для науково-природничого напрямку освіти, часто виявляється, що увага, приділена конкретним темам, часто затьмарює загальні ідеї («за деревами лісу не видно»). Те, чому навчає європейська середня освіта, – переважно данина історії, ніж представлення нового, сучасного мислення. Такі висновки можна зробити на основі аналізу змісту науково-природничої освіти у початковій та середній ланці, якій не вистачає узгодженості та будь-якого поняття прогресії до ідей, що важливі для навчання дітей. Тому спробуємо виявити ключові ідеї, з якими учні мають ознайомитися в природничо-науковій освіті, щоб досягнути їх, насолоджуватися та захоплюватися світом природи, а згодом переконатися у важливості такого підходу в освіті в цілому.

Від учнів ми часто чуємо, що їхня шкільна наука не пов'язана з життям, або не викликає у них зацікавлення. Це уявлення є незалежним від реальності. Їм не вистачає розуміння зв'язків між науковою діяльністю та навколишнім світом. Вони не вбачають сенсу у вивченні речей, поданих як непов'язані факти, які потрібно просто завчати. На практиці вони можуть застосувати такі знання лише для того, щоб вдало скласти іспити. Хоча тести та іспити відіграють певну роль у створенні нинішньої ситуації, однак вони не мають бути першопричиною.

Поточні програми, навіть ті, що розроблено протягом останніх двох десятиліть, мають певну історію становлення. Кожна реформа залежить від того, що було раніше: не так давно науково-природнича освіта була не обов'язковою для учнів у віці близько 14 років. У середніх навчальних закладах науково-природничу освіту розглядали як створену для тих, хто буде працювати за певною спеціалізацією в науці, а не для всіх учнів. На сучасному етапі наукову освіту визнано необхідною та обов'язковою, але традиційного іміджу позбутися важко. Виглядає дивно, що сьогоднішня середня освіта Європи залишає багато учнів неспроможними до

розвитку загальних ідей науки, які могли б допомогти розумінню речей навколо них і дали б їм змогу брати участь в ухваленні рішень у ролі обізнаних громадян у світі, де наука і технології набувають дедалі більшої значущості.

Частиною розв'язання цих проблем є розуміння того, що мета наукової освіти полягає не в пізнанні фактів і теорій, а у прогресії до ключових ідей, що надають можливість зрозуміти події та явища, які пов'язані з життям учнів під час та поза роками навчання. Опишемо їх як «великі ідеї» в науці та спробуємо пояснити як саме вони можуть стати обраними. Як краще їх представляти? Важливо також показати співвідношення між ідеями та ранніми дослідженнями дітей, щоб вчителі усвідомлювали внесок такої діяльності до загальної картини наукових аспектів навколишнього світу, що формується у дітей.

Та хіба лише науково-природнича освіта може бути поліпшена за рахунок закріплення фактів і цифр у теми що розгортаються? Історики закликають до вплетення конкретних подій у розповіді; так само, як підстави для об'єднання ідей у вивченні різних явищ з географії. Те ж саме можна сказати і про велику кількість областей знань, які існують як домени в силу наявності ядра знань, умінь та навичок, але в яких, як і у випадку науково-природничих дисциплін, природа цього ядра не подається явно. З метою обґрунтування підстав та меж для запровадження відповідних тем і видів навчання в рамках навчальної програми необхідно висловитися з точки зору розвитку «великих ідей».

Не викликає сумнівів те, що причину фрагментації досвіду навчання учнів у багатьох сферах можна знайти у вигляді використовуваного оцінювання. Звичайні тести та іспити містять незв'язані питання з можливого діапазону тих, що можуть бути точно обчисленими. Тому не дивно, що це заохочує до навчання незв'язаним елементам знань і, як надавати «правильні» відповіді. Окрім того, використання результатів оцінювання для рішень вищого порядку, що стосуються учнів і вчителів впливає на те, що оцінюється і як. Коли учнів і вчителів судять за результатами тестів або екзаменів, виникає бажання досягти вищих показників, що призводить до обмеження того, що включено до бажаних результатів навчання. Це, як правило, призводить до виключення небажаних результатів навчання, які важко однозначно судити як правильні чи неправильні, таких як застосування понять, міркування, розуміння (на відміну від фактичних знань) і установок, які з великою вірогідністю можуть вплинути на майбутнє навчання. Хоча деякі з результатів, які важко включити в офіційні письмові екзамени можна оцінити за допомогою проектів або курсової роботи, тиск рішень вищого порядку призводить до звуження спрямованості в такій роботі до аспектів, які відображено в критеріях оцінки. Ця «хвороба» поширюється на початкову школу у випадках частого тестування і використання результатів у якості вимірювання вчительської або шкільної продуктивності.

Це призводить до того, що те, що викладають, визначають тим, що оцінюють, на відміну від того, що має цінність у спонуканні до зростання у розумінні ключових ідей і розвитку навичок мислення і ставлення. Це змушує вчителів викладати таким чином, що не задовольняє ні їх, ні учнів.

Останні дії щодо подолання відсутності в учнів інтересу та задоволення від науки зосередилися на підході до навчання. Підхід науково-природничої освіти базованої на дослідженні

широко пропагується і впроваджується в багатьох країнах по всьому світу. Дослідження, грамотно виконане, призводить до розуміння і передбачає регулярну рефлексію на те що було вивчено таким чином, що нові ідеї розвиваються з попередніх. Діяльність учня стає подібною до діяльності вченого, розвиваючи його розуміння шляхом збору та використання доказів з метою перевірки способів пояснення явищ, що вивчаються. Існують докази того, що це позитивно впливає на ставлення до науки. Проте, оптимістично припускати, що зміна в педагогіці може бути викликана без зміни змісту або навчального плану. Викладання, що базується на дослідженні, є вимогливим щодо майстерності вчителів, часу для викладання і навчання. Навчання базоване на дослідженні може призвести до більшої глибини в розумінні, але оскільки воно займає більше часу, ширина повинна бути зменшена як наслідок. Таким чином, виявлення ідей в науці є природним та необхідним супроводом просування науково-природничої освіти базованої на дослідженні.

Існувало багато спроб встановити сет «великих ідей» в науці. Навіщо ж додавати до того, що вже є? Однією з причин є те, що жоден з наявних списків не відповідає нашій меті; інша полягає в тому, що важливо не лише висунути ідеї, а й надати логічне обґрунтування та мислення, вкладене в них. Окрім того, забезпечення того, що учні розвивають розуміння через дослідження посилює необхідність визначення курсу когнітивної прогресії.

Підґрунтя принципів необхідної науково-природничої освіти

1. Упродовж обов'язкових шкільних років навчальним закладам за допомогою науково-освітніх програм необхідно бути систематично спрямованими на розвиток та підтримку учнівської допитливості про світ, отримання задоволення від наукової діяльності та розуміння того, як може бути пояснено природні феномени.

Наукова освіта має підвищити рівень учнівської допитливості, здивування і питання, застосовуючи їх природну схильність шукати сенс і розуміння навколишнього світу. Наука повинна бути введена і зустрічатися учнями як діяльність, що здійснюється людьми, в тому числі ними самими. Їхній власний досвід з'ясування та знаходження зв'язків між новим і попереднім досвідом не лише принесе радість і задоволення, а й усвідомлення того, що можуть додати до власних знань за допомогою активного дослідження. І процес і продукт наукової діяльності можуть викликати позитивний емоційний відгук, який мотивує на подальше навчання.

У цьому контексті «науку» визначають як багатогранне, всеохоплююче знання про світ і процеси спостереження, питання, дослідження та міркування про дані, через які знання і теорії розробляються та змінюються. Наука відіграє ключову роль у навчанні з дошкільного віку і не заперечує важливості становлення базової грамотності в перші роки навчання. Мова є важливою для навчання, а наука відіграє особливу роль в забезпеченні контексту та мотивації для її розвитку. Спілкування та обговорення ідей від досвіду вимагають від учнів спроб передати сенс іншим та сприяють їх переформулюванню відповідно до досвіду інших. Таким чином, розвиток мови та уявлень про світ є природно пов'язаними. Аналогічно, наука надає ключовий контекст розвитку математичних навичок.

2. Основною метою наукової освіти має стати спроможність кожного індивіда до прийняття поінформованих рішень і відповідних дій, що впливатимуть як на їхнє персональне життя, так і на добробут суспільства та навколишнього середовища.

Шляхи вивчення науки, що призводять до розуміння можуть також сприяти розвитку навчальних навичок, необхідних упродовж життя для того, щоб ефективно працювати в світі, який стрімко змінюється.

3. Наукова освіта має багато цілей. Вона має бути спрямована на розвиток:

- розуміння сету «великих ідей» у науці, що містять наукові ідеї та ідеї про науку, її роль у суспільстві;
- наукових здібностей у збиранні та застосуванні доказів;
- наукових вражень і відчуттів.

У цьому контексті використовують термін «ідея» для позначення абстракції, що пояснює спостережувані відносини або властивості. Це відрізняється від повсякденного застосування поняття «ідея» як думка, що необов'язково базується на фактичних даних. А «велика» ідея в науці відноситься до ряду пов'язаних об'єктів або явищ, в той час як те, що ми могли б назвати меншою ідеєю, застосовується до конкретних спостережень або досвіду. Наприклад, черв'яки добре пристосовані до життя в ґрунті – мала ідея; відповідна велика ідея полягає в тому, що живі істоти розвивалися протягом тривалого періоду, щоб функціонувати за певних умов.

4. Має відбуватися чіткий прогрес у напрямку цілей наукової освіти, зазначаючи ідеї які потрібно досягнути у різних точках, базованих на ретельному аналізі концепцій та на сучасних дослідженнях і розумінні того, як здійснюється навчання.

Зрозумівши, як учні формулюють висновки з досвіду, можна забезпечити багатий опис змін у мисленні, що вказують на прогрес в досягненні цілей.

5. Прогрес у напрямку «великих ідей» має стати результатом вивчення тем цікавих для учнів та доцільних у їхньому житті.

Учням важко навчатися з розумінням, виконуючи завдання, що не мають очевидної для них значущості.

6. Навчальний досвід повинен відображати бачення наукового знання та наукової допитливості, котрі є чіткими та відповідають сучасному науковому та освітньому мисленню.

Наука, яку розглядають як створення розуміння про світ, швидше захопить учнів, ніж наука, що є набором механічних процедур та встановлених «правильних відповідей».

7. Науковий навчальний зміст має поглиблювати розуміння наукових ідей і, разом з тим, мати інші можливі цілі: «плекання» вражень, відчуттів та здібностей.

У початковій освіті, де «великі ідеї» можуть здатися віддаленими від розуміння дітьми, вчителі мають надати допомогу в усвідомленні важливості в прогресії до них, відштовхуючись від малих ідей попереднього досвіду.

8. Навчальні програми для учнів та початкове тренування і професійний розвиток вчителів має бути послідовним з викладацькими та навчальними методами необхідними для досягнення виконання цілей, поставлених у пункті 3.

Важливим моментом є не фізичне маніпулювання, а розумова діяльність, де учні є вдумливими учасниками під час отримання та використання доказів, обговорення тощо.

9. Оцінювання відіграє ключову роль у науковій освіті. Формативне оцінювання навчання учнів і сумативне оцінювання їхнього прогресу, має бути сумісним з усіма цілями.

Оцінювання, що використовується в якості складової частини викладання з метою допомоги навчанню учнів, описують як формативне. Його обґрунтування полягає в тому, що для учнів, щоб навчатися з розумінням, потрібно починати з ідей та навичок, які вони вже мають. Роль вчителя полягає в сприянні цьому навчанню шляхом забезпечення діяльності з правильною складністю завдань для розвитку ідей та навичок. Це означає, що потрібно знайти чого учні досягли в своєму розвитку і зрозуміти як перемістити їх вперед. Важливою частиною цього процесу є допомога учням у розпізнанні цілі діяльності та як оцінювати рівень їх досягнення цілей так щоб учні могли взяти на себе роль у спрямуванні власних зусиль. Використання оцінювання таким чином є поточним, а не тим, що відбувається після навчання, як підсумкове оцінювання, і, таким чином, повинно бути вбудовано в програми і посібники, які використовують викладачі. Очевидно, що формативне оцінювання має стосуватися всіх цілей, якщо вчителі прагнуть забезпечити найкращі шанси на їх досягнення.

Підсумкове оцінювання, на відміну від формативного, виконує іншу мету. Його використовують для підведення підсумків: чого учні досягли за певний час, для того, щоб повідомити про це батьків або опікунів, нових учителів і самих учнів. Як підсумкова, ця інформація має бути менш докладною, ніж потрібно для формативних цілей. Її можна отримати з інформації, зібраної та використаної з метою допомоги навчанню, якщо ця інформація розглядається щодо описів досягнення на різних рівнях. Її також можна зібрати шляхом перевірки того, що учень може зробити за певний час, тестуючи його чи даючи спеціальне завдання. Але в цьому випадку важко гарантувати, що всі цілі оцінюються по тому, що є обов'язково обмеженим набором тестових завдань або спеціальних завдань, в той час як вчителі можуть узагальнити інформацію, зібрану з широкого спектру діяльності та більш повно пов'язаного з цілями навчання. Поєднання оцінки вчителя і спеціальних завдань, де завдання використовуються для модерації судження вчителів, з більшою ймовірністю надасть дані з необхідним поєднанням достовірності та надійності.

Оцінювання і звітність, як передбачається, відображають те, чому дуже важливо навчитися, тому необхідно щоб вони не обмежувалися тим, що легше перевірити.

10. Для досягнення цілей шкільні наукові програми повинні заохочувати співпрацю між вчителями та задіяння спільноти включаючи залучення науковців.

У цьому випадку всі «будуть у виграші» від програм, що передбачають обмін досвідом між вчителями, доступ до порад учених, а також уявлення про втілення науки від місцевої промисловості чи спільноти, яка здійснює наукову діяльність [4].

Чотирнадцять «великих ідей» у науці

Наукові ідеї

1. Всі матеріали Всесвіту складаються з дуже маленьких частинок. Атоми є будівельними блоками матеріалів, живих і неживих. Поведінка атомів пояснює властивості різних матеріалів. Хімічні реакції передбачають перегрупування атомів у речовинах з утворенням нових речовин. Кожен атом має ядро, що містить нейтрони і протони, оточені електронами. Протилежні електричні заряди протонів та електронів притягуються один до одного, зберігаючи атоми разом і розраховуючи формування деяких з'єднань.

2. Об'єкти можуть впливати на інші об'єкти на відстані. Деякі об'єкти мають вплив на інші об'єкти на відстані (наприклад, звук і світло, ефект через випромінювання, що переміщується з джерела до приймача). В інших випадках дії на відстані пояснюються в термінах існування поля сили між об'єктами (магнітне поле або універсальне гравітаційне поле).

3. Зміна руху об'єкта вимагає сили впливу на нього. Об'єкти змінюють швидкість руху лише якщо є результуюча сила, що діє на них. Гравітація є універсальною силою тяжіння між об'єктами великими чи малими, тримаючи планети на орбіті навколо Сонця та спричиняючи падіння земних об'єктів у напрямку центру Землі.

4. Загальна кількість енергії у Всесвіті завжди однакова, але енергія може трансформуватись коли речі змінюються чи з ними виконують зміни. Багато процесів або подій призводять до змін та вимагають енергії. Енергія може передаватися від одного тіла до іншого по-різному. У цих процесах деяка енергія змінюється у таку форму, що менш проста у використанні. Енергія не може бути створена або знищена. Енергія, що видобувається з викопного палива, більше недоступна у зручній формі для використання.

5. Склад Землі, атмосфери та процеси, що виникають у них, формують поверхню Землі та її клімат. Випромінювання Сонця нагріває поверхню Землі та викликає конвекційні потоки в атмосфері, океанах, створюючи клімат. Під поверхнею Землі тепло з надр викликає рух у розплавленій породі. Тверда поверхня постійно змінюється за рахунок формування та вивітрювання гірських порід.

6. Сонячна система є малою частиною однієї з мільйонів галактик у Всесвіті. Сонце, вісім планет та інші дрібні об'єкти, що обертаються навколо нього, належать до складу Сонячної системи. День і ніч, пори року пояснюються орієнтацією та обертанням Землі навколо Сонця. Сонячна система є частиною галактики зірок, однією з багатьох мільйонів у Всесвіті, що перебувають на величезній відстані. Багато зірок мають планети.

7. Організми організовані на молекулярній основі. Всі організми складаються з однієї або декількох клітин. Багатоклітинні організми мають клітини, диференційовані залежно від їх функцій. Основні функції життя є результатом того, що відбувається всередині клітин, що містить організм. Зростання є результатом клітинних поділів.

8. Організмам потрібне постачання енергії та матеріалів, від яких вони часто залежать. Це також необхідно для конкуренції з іншими організмами. Харчування надає матеріали та енергію для організмів з метою виконання основних життєвих функцій та зростання. Деякі рослини та бактерії здатні використовувати енергію Сонця, щоб генерувати складні молекули їжі. Тварини отримують енергію, розбиваючи складні молекули їжі та залежать від зелених рослин. У будь-якій екосистемі існує конкуренція між видами за енергію та матеріали, що потрібні для життя та розмноження.

9. Генетична інформація передається від одного покоління організмів до наступного. Генетична інформація в клітині утримується в хімічному ДНК. Гени визначають розвиток і структуру організмів. У безстатевому розмноженні гени потомства походять від одного предка. Статеве розмноження передбачає отримання потомством половини генів від кожного з батьків.

10. Різноманітність організмів (живих і зниклих) є результатом еволюції. Сьогодні науково обґрунтованим є напрям, згідно з яким життя походить від універсального загального предка, який був простим одноклітинним організмом. Протягом незліченних поколінь зміни стали результатом природного розмаїття всередині виду, що робить можливим відбір тих осіб, які найкраще підходять для виживання за певних умов. Організми, які не спроможні реагувати на зміни в навколишньому середовищі, вимирають.

Ідеї про науку

11. Наука передбачає, що на кожний ефект є одна або більше причин. Наука є процесом пошуку пояснення і розуміння явищ в природному світі з точки зору причин. Пропоновані пояснення мають бути засновані на доказах зі спостережень та експериментів. Немає єдиного наукового методу для створення і тестування наукових пояснень.

12. Науковими поясненнями, теоріями та моделями є ті, що краще підпорядковуються фактам, про які є відомості за певний час. Наукова теорія або модель уявлення про відносин між змінними або компонентами системи мають відповідати спостереженням доступним у той час і приводити до передбачень, які можуть бути перевірені. Будь-яка теорія або модель є попередньою та підлягає перегляду з огляду на нові дані. Кожна модель має переваги та недоліки в обліку спостережень.

13. Знання, вироблене наукою, використовують в деяких технологіях з метою створення продуктів/продукції, що слугуватимуть людині. Використання наукових ідей у сфері технологій внесли значні зміни в людську діяльність. Досягнення в ній спонукають до подальшої наукової діяльності. Це розширює розуміння, що допомагає задовольнити людську допитливість про світ природи. У деяких сферах людської діяльності технології випереджають наукові ідеї, а в інших – наукові ідеї передують технологіям.

14. Застосування науки містить етичну, соціальну, економічну та політичну складову. Використання наукових знань в сфері технологій дає можливість нововведенням. Попри те, чи є конкретні застосування науки бажаними, наука самостійно не може це вирішити. Етичні та моральні судження можуть бути необхідні, адже ґрунтуються на основі таких факторів, як безпека людини і вплив на людей і навколишнє середовище [5].

Спеціальний Євробарометр Європейської Комісії зауважує, що наукова освіта допомагає нам вивчати та розуміти навколишній світ, для того, щоб контролювати ризики та перетворювати невизначеність у можливості, здійснювати управління процесом технологічного розвитку і розробки інноваційних рішень, а також прогнозувати і будувати плани на майбутнє. Це покращує перспективи професійної діяльності, розуміння культурних аспектів та нашу здатність діяти, як добре поінформовані громадяни, у співпраці з громадянами інших країн світу.

На думку деяких науковців, наука – це сукупність знань, що стосується фізичних та біологічних, земних і космічних систем, а також технологій. Іноді наука розглядається виключно у контексті дисциплін освітнього STEM-підходу (природничо-наукові дисципліни, технологія, інженерія та математика). Досить часто науку тлумачать як щось відокремлене від інших навчальних предметів або дисциплін, від життя людей за межами навчального закладу [7].

Проте наука впливає на усі сфери нашого життя та процеси прийняття рішень. Разом із навичками володіння мовою і художньою грамотністю, наукова і математична обізнаність є основою для досягнення особистого успіху та засвоєння принципів відповідального громадянства, соціального, економічного та інноваційного розвитку, а також розвитку підприємництва і підвищення показників конкурентоспроможності на глобальному рівні.

Отже, виникає необхідність використовувати в освітній сфері більш інтеграційний та міждисциплінарний підходи. Ми маємо поєднати науку або навчальні STEM-дисципліни з іншими дисциплінами на всіх рівнях освіти. Це передбачає прийняття інших дисциплін як відправної точки для розвитку навичок наукового мислення з акцентом на науковій освіті, а також використання знань, методів і підходів з більш ніж одного дисциплінарного контексту, щоб сприяти поширенню нових способів мислення і розв'язання проблем, що виходять за межі однієї навчальної дисципліни. Це вимагає застосування нових методів діяльності, зміцнення зв'язків та взаємодії між системами формальної, неформальної та інформальної наукової освіти.

Відповідно до цього експертна група з питань наукової освіти сформувала звіт для Європейської Комісії під назвою «Наукова освіта для відповідальних громадян», де наведено приклади дієвих практик втілення принципів наукової освіти в життя і, водночас, акцентовано, що фокус уваги має зміститися від використання STEM-підходу до STEAM-підходу (де літера «А» означає «всі» (All) інші навчальні дисципліни, разом з природничо-науковими дисциплінами, технологією, інженерією та математикою) [1].

Використані літературні джерела

1. Science Education for Responsible Citizenship [text] / Report to the European Commission of the Expert Group on Science Education. – Brussels: European Commission, 2015.
2. Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe [text] / Rocard Report). – Brussels: European Commission, 2007.
3. Special Eurobarometer 401. Responsible Research and Innovation (RRI), Science and Technology [text]. – Brussels: DG COMM Research and Speechwriting Unit, 2013.
4. La main a la pate [text] / Ten principles of teaching. – 1998.
5. *Lena P.* Big ideas, core ideas in science – some thoughts [text] / P. Lena // Paper prepared for the Loch Lomond Seminar. – 1999.
6. *Mishra P.* The 7 trans-disciplinary habits of mind: Extending the TPACK framework towards 21st Century Learning [text] / P. Mishra, M. J. Koehler and D. Henriksen // Educational Technology. – 2010. – March/April.
7. *Morin E.* Seven complex lessons in education for the future [text] / E. Morin. – Paris : Unesco, 2002.
8. *Wei Yu.* A Pilot program of “Learning by Doing” in China’s Science Education Reform [text] / Yu. Wei. – Nanjing : Research Centre of learning Science, Southeast University. – 2009.