DOI: https://doi.org/10.31874/2309-1606-2022-28-2-9
УДК 1: [167.5+ 167.7+165.18+164.053]

Руслан Мироненко

Мисленнєві експерименти: філософсько-освітній аспект

Останні роки можна спостерігати велику зацікавленість в такому феномені як мисленнєві експерименти в різних царинах науки та філософії. Під час дослідження їх зазвичай розглядають як інструменти аргументації або презентації якоїсь теорії. Автор цієї статті мисленнєві експерименти розглядатиме радше з позиції використання в освітньому процесі. Також мисленнєві експерименти буде проаналізовано як один з варіантів перевірки на рівень розуміння якогось матеріалу з навчального курсу, що додає креативу і творчості в навчальний процес не лише для викладача, а й для інших учасників навчального процесу (учнів, студентів, аспірантів). Запропонована класифікація мисленнєвих експериментів допоможе покращити навчальний процес та зацікавити навчальним предметом. У статті наведено приклади з історії філософії та науки, які не лише унаочнюють важливість мисленнєвих експериментів для навчання, але й акцентують увагу на їхньому використанні в якості інструментарію (або навички) під час роботи в певній галузі науки. Було наведено приклади застосування мисленнєвих експериментів у навчальному процесі різних країн, рекомендації від міжнародних освітніх організацій та надання певного алгоритму для їхнього застосування. Запропоновано вдосконалення цього процесу, який здебільшого апелює до повсякденного досвіду. Наведені деякі рекомендації з напрацювань з сучасної логіки для більш чіткішого і строгого використання такого міркування, як міркування за аналогією. Було проведено порівняння щодо ставлення до мисленнєвих експериментів таких вчених як Томаса Куна, Карла Попера, Георга Ліхтенберґа. Акцентовано увагу на необхідності використання мисленнєвих експериментів для покращення розуміння концепцій, теорій та збільшення творчої складової і інтерактивності під час усіх типів занять.

Ключові слова: *мисленнєві експерименти, філософія, наука, методологія, філософія освіти, філософія науки, аргументація, мислення, філософська аргументація.*

Вступ

Сьогодні вже складно уявити собі філософію та науку без мисленнєвих експериментів: Чорно-біла Мері, філософський зомбі, китайська кімната, ліфт Айнштайна, мізки у діжці, уявлення про простір без тертя, –

© Руслан Мироненко, 2022

без цього всього майже неможливо уявити собі сучасні дискусії в науці. Деякі мисленнєві експерименти навіть створюють цілі нові напрямки у філософії: «вагонеткологія» – від назви знаменитого мисленнєвого експерименту британської філософині Філіпи Фут, у якому «безумний професор філософії» створює уявну ситуацію, коли скажена вагонетка летить рейками з крутої гори, а внизу піддослідний стоїть на залізничному перемикачі шляхів і має вирішити, на яку з двох колій спрямувати вагонетку (на ту де прив'язана до рейок одна людина, чи на ту, до якої прив'язано кілька людей) і тим самим – прийняти рішення про вбивство [Foot 1967]. Саме завдяки «вагонеткології» ми можемо глибше зрозуміти ті моральні принципи, які допомагають нам краще розібратись у собі та вибудувати зрозумілі пояснення під час критичних і не стандартних обставинах.

Феномен мисленнєвих експериментів складно розкрити у всьому його розмаїтті, тому в цій статі ми зосередимось саме на тій частині, яка присвячена освіті та ролі мисленнєвих експериментів у ній. Важливим видається також висвітлити роль людини, яка вперше почала застосовувати мисленнєві експерименти у навчальній практиці, а також простежити співзвучність його досліджень з напрацюваннями видатних науковців сучасності, які також присвячували мисленнєвим експериментам важливу роль у своїх працях. Наприклад, Томас Кун буде нам цікавий саме тим, що він використовує мисленнєві експерименти для пояснення парадигмальних зсувів у науці, здебільшого як ілюстрацію тих або інших уявлень про світ.

Деякі аспекти розвитку мисленнєвих експериментів

Насамперед розглянемо визначення чим саме є мисленнєві експерименти (далі – МЕ):

«Мисленнєвий експеримент – спосіб теоретичного пізнання, що полягає в побудові концептуальних моделей явищ, процесів, станів, які вивчаються, та в дослідженні поведінки цих моделей в ідеалізованих умовах, що імітують реальний експеримент. На відміну від експерименту як чуттєво-предметної діяльності з реальними об'єктами, м.е. є сукупністю ідеальних дій та операцій, що можливі з точки зору наявних наукових теорій. Проте вони або зовсім практично нездійсненні, або нездійсненні в даний час через відсутність технічних засобів їхньої реалізації. Пізнавальне значення м.е. пов'язане з інтерпретацією теоретичних понять і положень, з перевіркою узгодженості припущень, законів і принципів, з прогнозом результатів реального експерименту тощо» [Шинкарук 2002: 378].

Як ми бачимо з вищенаведеної цитати, МЕ має максимальну схожість з експериментом в лабораторії природничих наук [Sorensen 1992: 205].

Історія мисленнєвих експериментів цікава та заплутана.

МЕ – це в основному засоби уяви. Їх використовують для різних цілей, таких як розвага, освіта, концептуальний аналіз, дослідження, висунення гіпотез, вибір теорії, реалізація теорії тощо. Деякі МЕ викликають більше суперечок, ніж інші. Мало хто буде заперечувати проти МЕ, які служать для ілюстрації складних станів речей, або тих, які використовуються в освітніх контекстах. Однак, ситуація інша щодо наведення уявних сценаріїв для дослідження реальності (у дуже широкому розумінні вони включають такі речі, як електрони, столи, дощ, вірування, мораль, люди, числа, всесвіти та навіть божественні істоти). Важливим тут є збіг з багатьма іншими центральними філософськими темами, такими як природа уяви, важливість розуміння, роль інтуїції в людському пізнанні та зв'язок між вигадкою та правдою. Крім того, мисленнєві експерименти є міждисциплінарними у двох важливих аспектах. По-перше, не лише філософи вивчають їх як тему дослідження, а й історики, когнітологи, психологи тощо. По-друге, вони використовуються в багатьох дисциплінах, включаючи біологію, економіку, історію, математику, філософію та фізику. Звісно вплив на дослідження і освіту в кожній окремій дисципліні різний: наприклад, МЕ не зустрічається в такій науці як хімія.

Георг Крістоф Ліхтенберґ – німецький вчений, сатирик та англофіл. Він був першим вченим, який обіймав посаду професора в Німеччині присвячену експериментальній фізиці. Саме він почав використовувати МЕ як метод під час навчання та наукової діяльності [Fehige 2014: 181] (більш детально про постать вченого можна переглянути тут [Stern 1963]).

Ліхтенберґ поділяє експерименти на два великих види за їхнім застосуванням. По-перше, експерименти в реальному світі важливі для виключення помилок у міркуваннях. По-друге, експерименти з думками та ідеями мають значення для гіпотетичних міркувань, які, на думку Ліхтенберґа, становлять важливу частину наукової практики. Ці два види експериментів йдуть пліч-о-пліч. Ліхтенберґ розумів, що наука повинна пояснювати явища природи, і припускав, що ці пояснення можуть з'явитися під час використання реальних експериментів. Це не означає, що експерименти в реальному світі просто демонструють істинність теоретичних знань, як припускали деякі з його сучасників (наприклад, Йоган-Ґеорґ Вальх у його впливовому філософському словнику). Навпаки, вони допомагають усунути помилки. Але жодного наукового прогресу не буде, якщо ми не видумаємо нових помилок.

Ми вигадуємо нові помилки у вигляді гіпотетичних міркувань. Таким чином, хоча гіпотеза може бути чимось іншим, наприклад, сміливою спекуляцією, яка анулюється в той момент, коли ми дізнаємось, що вона суперечить феномену, без неї нічого фальсифікувати. А для Ліхтенберґа ми «вигадуємо нові помилки» через експерименти з думками та ідеями.

Без системи інтелектуальних припущень ми не можемо зрозуміти, що відбувається навколо нас. МЕ, ймовірно, лежать в основі описаної вище наукової творчості. Вони не є методом у строгому розумінні шляху до знання, але використання МЕ – це найкраще, що ми можемо зробити без методу наукової творчості, щоб уникнути звичок мислення, або того, що Френсіс Бейкон назвав «ідолами розуму». У випадку Ліхтенберґа найогиднішим Ідолом Розуму є застій інтелекту через негнучкі, статичні поняття. МЕ працюють «розморожуючи» наші концепції, і як такі вони роблять значний внесок у надбання знань.

«Заморожування» образів у поняттях – це побічний продукт асоціацій і категоризацій встановлених розумом, які дозволяють робити осмислені спостереження. Хоча це «заморожування» зображень неминуче, цей процес можна повернути в інше русло. Його можна направити назад, уявляючи собі різні ситуації та фантазуючи щодо тих понять, з якими ми працюємо: використовуючи в різних нестандартних ситуаціях, пробуючи застосувати їх в інших практиках, де раніше вони не зустрічались. Як раз це допоможе розширити чи уточнити семантику концепцій та надати поштовх для наукового прогресу. Таким чином, згідно з Ліхтенберґом, використання складних МЕ дозволяє нам усунути перешкоди на шляху наукового прогресу, допомагаючи нам подолати межі раціональних категоризацій. Насправді Ліхтенберґ використовував складні МЕ, щоб дослідити те, що лежить поза сферою, визначеною загальноприйнятими теоріями. Вони навіть допомагали йому у розробці нових наукових інструментів та процедур.

За словами Ліхтенберґа, експериментування з думками та ідеями – це те, що потрібно, щоб зламати звички мислення та знайти нові і, можливо, найкращі способи наведення ладу в науці. Під цим він розумів зведення докупи того, що здається несумісним, або роз'єднувати те, що природним чином об'єднується. Речі не даються нам без понять, а це означає, що ми повинні час від часу форсувати поняття в нових напрямках, переосмислюючи їх, щоб вивільнити образи, які в них містяться. Мета експериментів з думками та ідеями – створити нові образи, що допомагають позбутися звичок мислення, що гальмують науковий прогрес. Експерименти з думками та ідеями допомагають нам побачити те, що ніхто раніше не бачив і не думав.

Сила комбінаторики

Як ми бачили вище, Ліхтенберґ стверджує, що МЕ дозволяють нам примусово комбінувати ідеї та думки, які зазвичай не поєднуються. У фізичних експериментах також «одного дня зводять докупи явища, які, якщо їх пасивно чекати, потребувало б тисячі років ретельного

спостереження» [Stern 1963: 90]. Щодо «сили комбінаторики», мисленнєві та фізичні експерименти аналогічні. Однак це не прирівнює МЕ до експериментів у лабораторних умовах. Хоча і у реальних, і в уявних експериментах використовується сила комбінаторики, вони реалізують це в різний спосіб. Реальні експерименти використовують комбінаторику для фальсифікації – для виявлення наукової помилки. А чи можемо ми сказати теж саме і про МЕ?

Якщо МЕ не фальсифікують (а це основна функція експериментів у реальному світі), то як МЕ можуть бути експериментальними та мати якусь доказову силу?

Наша відповідь полягає в тому, що фальсифікаційність узгоджується з цією ідеєю. Декілька причин так думати дає батько-засновник цього методу, – Карл Поппер, який наполягає на здатності МЕ надавати справжні докази на користь або проти теорії (і, отже, грати роль у виборі теорії), нічого не фальсифікуючи. Побіжний погляд на роботи Поппера на цю тему прояснить зв'язок між МЕ та методом фальсифікації, що стане в нагоді для розуміння тієї ролі, яку Ліхтенберґ відводить для них.

Карл Попер [Popper 1959] стверджує, що МЕ плідні в науці і наводить наступну класифікацію МЕ:

- евристичні (для ілюстрації теорії);
- критичні (проти теорії);
- апологетичні (на користь теорії).

Апологетичне використання МЕ для захисту теорії допустиме в науці тільки тоді, коли вона використовує інтуїції, які є або допустимі для того, хто оскаржує теорію, або принаймні прийнятні для опонента. У будь-якому випадку ніяких подібних обмежень немає у тих МЕ, які використовуються евристично або критично. Критичні МЕ надають докази проти теорії, виявляючи той факт, що автор теорії не врахував/упустив певні можливості. Такі розширення умов реалізації та опису феноменів можуть фальсифікувати теорії, які намагаються пояснити явища за допомогою звернення до єдиного (або найімовірнішого) механізму. Ця роль дозволяє мисленнєвим експериментам бути гіпотетичними припущеннями про результати фізичних експериментів, але водночас надавати докази, що фальсифікують, проти теорії. Це може продемонструвати читачеві цієї статті нерелевантність тези, що МЕ втрачають свою експериментальність, якщо не можуть фальсифікувати безпосередньо.

На думку автора даної статті є доцільним далі порівняти позиції Георга Ліхтенберґа та Томаса Куна і провести відповідні паралелі між їхніми поглядами.

Як і Ліхтенберґ, Кун прихильний до концептуального конструктивізму. Відповідно, Кун стверджує, що мисленнєві експерименти в науці до-

зволяють нам одночасно дізнаватися про світ та наші концепції [Kuhn 1964/1977: 253]. Він підтримує це твердження чотирма аргументами, з яких ми наведемо три, які найбільш доречні для нашої теми.

По-перше, мисленнєві експерименти репрезентують нам парадокси. Ці парадокси виникають, коли ми намагаємося застосувати знайому нам концепцію в контексті деякої ідеалізації, якоїсь типової ситуації, представленої у думці. Ці сценарії мисленнєвих експериментів призначені для виявлення суперечностей в умовах, які мають спрямовувати компетентне використання наших концепцій. Отже, мисленнєвий експеримент тим ефективніший, чим ясніше він проливає світло на цей конфлікт шляхом уявлення ситуації, коли на перший погляд кілька несуперечливих критеріїв застосовані одночасно. Мисленнєвий експеримент використовує силу, призначену «давати суперечливі відповіді одне й те ж питання» [Kuhn 1964/1977: 254].

По-друге, уявні експерименти не лише виявляють заплутані концепції, адже концепції не мають незалежних від контексту стандартів якості. Якість поняття – це питання застосування, яке частково визначається теорією, в якій поняття відіграє роль. Отже, те, що виявляється у мисленнєвому експерименті, є не внутрішнім чи логічним дефектом самого поняття, а суперечливістю, властивою комбінації багатьох понять та їхньому зв'язку з теорією.

Нарешті, переосмислення внаслідок проведення мисленнєвого експерименту може бути таким самим, як переосмислення в результаті повторюваної та стійкої аномалії, що веде до наукової революції. Наукові революції пов'язані не з новими даними, й не зі зміною парадигми. Науковий прогрес – це питання переосмислення. Таким чином, переосмислення означає прогрес у нашому розумінні світу, тому що «коли змінюються парадигми, змінюється і сам світ» [Kuhn 1962/1996: 111]. Цей погляд перегукується з думкою Ліхтенберґа у тому, що ментальний доступ до світу можливий лише через сформульовані нами поняття. Або, інакше кажучи, поняття мають відбиток наших парадигм. За відомим виразом Куна, «прихильники конкуруючих парадигм займаються своїми дослідженнями у різних світах» [Kuhn 1962/1996: 150]. Отже, як для Ліхтенберґа, так і для Куна, реконцептуалізація, яка виникає в результаті мисленнєвих експериментів, може покращити наше розуміння світу. Хочу також зазначити, що є критична позиція стосовно позицій Ліхтенберґа та Куна щодо дієвості мисленнєвого експерименту [Sorensen 1992: 111-131], але саме для цієї статті важливим є саме можливе використання мисленнєвого експерименту у освіті та його значна пізнавальна роль у науковій діяльності. Варто відзначити, що експерименти Ліхтенберґа з думками та ідеями є значним і цінним внеском у філософське дослідження уявних експериментів, що триває і в наш час.

В результаті попереднього обговорення ми можемо проаналізувати те, чому саме експерименти Ліхтенберґа з думками та ідеями не зіграли тієї ролі, яку вони, ймовірно, повинні були зіграти в нинішніх спробах створити всеосяжну теорію мисленнєвих експериментів. Швидше за все це результат кількох факторів. По-перше, афоризми стали «розглядатися як парадигма літературного декадансу та естетизму» [Stern 1963: 126]. По-друге, кілька досліджень англійською мовою в поточній дискусії спиралися на німецьку літературу, присвячену мисленнєвим експериментам. Посилання на Ліхтенберґа можна знайти то тут, то там, але важко стверджувати про серйозну зацікавленість його розвідками. По-третє, майже не було написано робіт з літературного характеру мисленнєвих експериментів.

Історія нинішніх дебатів з приводу мисленнєвих експериментів ускладнила виділення їхньої літературної складової.

Більш уважне звернення до розробок Ліхтенберґа може виявитися перспективним та плідним для вивчення мисленнєвих експериментів. Ліхтенберґ має раціоналістичні тенденції без ідеалізованих елементів, але він також явно виступає проти ідеї зведення мисленнєвих експериментів до аргументів.

До того ж напрацювання Ліхтенберґа могли б виявитися корисними у проясненні зв'язку між мисленнєвими експериментами та літературною вигадкою, а також у розгляді історичного питання, чому так мало досліджень присвячено взаємозв'язку між мисленнєвими експериментами та фантастикою. Це питання є тим паче актуальним, оскільки на нашу думку, існує безліч свідчень на підтримку ідеї, що перші мислителі, які розглядали мисленнєві експерименти з філософської точки зору, працювали на межі науки та художньої літератури. Ця інтуїція підтверджується ще тим, що з огляду на останні дослідження когнітивна ефективність мисленнєвих експериментів краще розуміється при ретельному аналізі їхнього естетичного характеру [Davies 2007].

Найбільш цікавим моментом є те, що зараз провідні освітні організації займаються впровадженням МЕ у навчальний процес.

Сучасний стан

В останні роки виникла велика зацікавленість серед викладачів вищих навчальних закладів та шкіл у використанні мисленнєвих експериментів в освітньому процесі. Наприклад, у Туреччині використовують МЕ для покращення викладання фізики, щоб студенти займались моделюванням з задіянням уяви для демонстрації різних наукових теорій та законів фізики [Ince, Acar, &Atakan 2016]. Викладачі стимулювали студентів до здійснення самостійних досліджень з метою пошуку слаб-

ких місць в тій або іншій теорії та подальшої презентації власних напрацювань. Цікаво, що зацікавленість студентами питаннями з фізики була спричинені зокрема і залученням в якості інструментарію різноманітних МЕ, які часто використовуються серед популяризаторів наук: кіт Шредингера, демон Лапласа, ліфт Айнштайна тощо.

Також на сайті міжнародної освітньої організації ASCD є рекомендації стосовно використання мисленнєвих експериментів, а також запропоновано алгоритм у вигляді 4 фаз, які допоможуть ввести слухачів до навчання через МЕ:

Уявити;

Дослідити;

Описати;

Підтвердити чи спростувати [Robert 2011].

Варто відзначити й збільшення обсягу робіт, присвячених необхідності використання МЕ у науковому процесі. Наприклад, деякі вчені відносять МЕ до такої наукової діяльності як моделювання (в широкому сенсі цього слова) [Asikainen 2013; Arfini 2018; Velentzas 2013].

Позаяк більшість дослідників фокусують увагу на тому, що студенти часто посилаються на свій буденний досвід для побудови власних МЕ для демонстрації та критики теорій, автор цієї статті вважає за потрібне навести ще кілька рекомендацій, яких немає у зазначених дослідженнях.

Для більш чіткого проведення аналогій необхідно використовувати поради з курсу «Традиційна логіка».

Міркування за аналогією – це правдоподібне міркування, в якому висновок про наявність ознаки в предмета роблять на підставі його подібності в суттєвих рисах до іншого предмета.

Розрізняють такі види аналогії:

аналогію властивостей;

аналогію відношень.

Аналогія властивостей – це міркування за аналогією, в якому об'єктом уподібнювання є два схожих предмети, а ознакою, що переноситься, – властивості цих предметів.

Аналогія відношень – це міркування, в якому об'єктом уподібнювання є схожі відношення між предметами, а ознакою, що переноситься, – властивості цих відношень [Хоменко 2010].

Варто відзначити, що інструментарій сучасний логіки може стати дуже корисним для імплементації МЕ в навчальний процес.

Висновок

Як вже було зазначено на початку статті, МЕ використовується у багатьох науках: філософія, фізика, біологія, психологія. Саме така

застосовність у межах міждисциплінарного дискурсу підкреслює високий потенціал МЕ для подальших розвідок у філософії освіти. В цій статі було наведено кілька практичних варіантів застосування МЕ у навчальному процесі, перелічено найбільш поширені класифікації та наведено практичні рекомендації, як використовувати МЕ у навчанні. Звісно, це далеко не остаточний перелік порад щодо застосування МЕ: використання цього методу у різних дисциплінах потребує різнопланових досліджень. Окрім того, уточнення, які були наведені з інструментарію сучасної логіки, підсилюють спроможність МЕ зайняти важливе місце у навчальному процесі. Дослідження та розробка МЕ як навчального методу потребує розширення за рахунок сучасних досліджень в логіці, теорії аргументації, когнітивістиці тощо.

Посилання:

Хоменко, І. В. (2010). *Логіка: теорія і практика: підручник*. Київ: Центр учбової літератури.

Шинкарук, В. І. (ред.). (2002). *Філософський енциклопедичний словник*. Київ: Абрис.

Arfini, S., Casadio, C., & Magnani, L. (2018). Ignorance-Preserving Mental Models Thought Experiments as Abductive Metaphors. *Foundations of Science 24*, 391–409. https://doi.org/10.1007/s10699-018-9564-0

Asikainen, M. A., & Hirvonen, P. E. (2013). Thought Experiments in Science and in Science Education. In: Matthews, M. (eds). *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*. (Pp. 1235–1256). Dordrecht: Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7654-8_38

Davies, D. (2007). Thought Experiments and Fictional Narratives. *Croatian Journal of Philosophy 7*(1): 29–45.

Duhem, P. (1990). Logical examination of physical theory. *Synthese 83*(2), 183–188. https://doi.org/10.1007/bf00413755

Fehige, Y., & Stuart, M. T. (2014). On the Origins of the Philosophy of Thought Experiments: The Forerun. *Perspectives on Science 22*(2), 179-220. https://doi.org/10.1162/posc_a_00127

Foot, P. (1967). The Problem of Abortion and the Doctrine of Double Effect. *Oxford Review* (5), 5–15.

Gilbert, J. K., & Reiner, M. (2000). Thought experiments in science education: potential and current realization. *International Journal of Science Education 22*(3), 265-283. https://doi.org/10.1080/095006900289877

Ince, E., Acar, Y., & Atakan, M. (2016). Investigation of physics thought experiments' effects on students' logical problem solving skills. *SHS Web of Conferences 26*, 01038. https://doi.org/10.1051/shsconf/20162601038

Klassen, S. (2006). The Science Thought Experiment: How Might it be Used Profitably in the Classroom? *Interchange 37*(1-2), 77–96. https://doi.org/10.1007/s10780-006-8401-5

Kösem, Ş. D., & Özdemir, Ö. F. (2013). The Nature and Role of Thought Experiments in Solving Conceptual Physics Problems. *Science & Education 23*(4), 865–895. https://doi.org/10.1007/s11191-013-9635-0

Kuhn, T. S. (1962/1996). *The Structure of Scientiac Revolutions*. 3rd ed. Chicago; London: University of Chicago Press.

Kuhn, T. (1964/1977). A Function for Thought Experiments. In: Kuhn, T. *The Essential Tension: Selected Studies in Scientific Tradition and Change*. (Pp. 240–265). Chicago: University of Chicago Press.

Matthews, M. R. (1988). Ernst mach and thought experiments in science education. *Research in Science Education 18*(1), 251-257. https://doi.org/10.1007/bf02356602.

Popper, K. (1959). On the Use and Misuse of Imaginary Experiments, especially in Quantum Theory. *The Logic of Scientific Discovery.* (Pp. 442–456). London: Hutchinson.

Reiner, M., & Burko, L. M. (2003). On the Limitations of Thought Experiments in Physics and the Consequences for Physics Education. *Science & Education 12*(4), 365–385.

Reiner, M., & Gilbert, J. K. (2004). The symbiotic roles of empirical experimentation and thought experimentation in the learning of physics. *International Journal of Science Education 26*(15), 1819-1834. https://doi.org/10.1080/0950069042000205440

Robert M. J. (2011). *Art and Science of Teaching / Thought Experiments in the Classroom*. November 1, 2011. https://www.ascd.org/el/articles/thought-experiments-in-the-classroom

Sorensen, R. (1992). *Thought Experiments*. New York: Oxford University Press.

Stern, J. P. (1963). *Lichtenberg: A Doctrine of Scattered Occasions*. London: Thames and Hudson.

Velentzas, A., & Halkia, K. (2013). The Use of Thought Experiments in Teaching Physics to Upper Secondary-Level Students: Two examples from the theory of relativity. *International Journal of Science Education 35*(18), 3026-3049. doi:10.1080/09500693.2012.682182 (https://doi.org/10.1080/09500693.2012.682182)

Velentzas, A., Halkia, K., & Skordoulis, C. (2006). Thought Experiments in the Theory of Relativity and in Quantum Mechanics: Their Presence in Textbooks and in Popular Science Books. *Science & Education 16*(3-5), 353-370. doi:10.1007/s11191-006-9030-1 (https://doi.org/10.1007/s11191-006-9030-1)

Weisman, D. L. (2012). An essay on the art and science of teaching. *The American Economist 57*(1), 111–125.

References:

Arfini, S., Casadio, C., & Magnani, L. (2018). Ignorance-Preserving Mental Models Thought Experiments as Abductive Metaphors. *Foundations of Science 24*, 391-409. https://doi.org/10.1007/s10699-018-9564-0

Asikainen, M. A., & Hirvonen, P. E. (2013). Thought Experiments in Science and in Science Education. In: Matthews, M. (eds). *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*. (Pp. 1235-1256). Dordrecht: Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7654-8_38

Davies, D. (2007). Thought Experiments and Fictional Narratives. *Croatian Journal of Philosophy 7*(1): 29–45.

Duhem, P. (1990). Logical examination of physical theory. *Synthese 83*(2), 183-188. https://doi.org/10.1007/bf00413755

Fehige, Y., & Stuart, M. T. (2014). On the Origins of the Philosophy of Thought Experiments: The Forerun. *Perspectives on Science 22*(2), 179-220. https://doi.org/10.1162/posc_a_00127

Foot, P. (1967). The Problem of Abortion and the Doctrine of Double Effect. *Oxford Review* (5), 5–15.

Gilbert, J. K., & Reiner, M. (2000). Thought experiments in science education: potential and current realization. *International Journal of Science Education 22*(3), 265–283. https://doi.org/10.1080/095006900289877

Ince, E., Acar, Y., & Atakan, M. (2016). Investigation of physics thought experiments' effects on students' logical problem solving skills. *SHS Web of Conferences 26*, 01038. https://doi.org/10.1051/shsconf/20162601038

Khomenko, I. V. (2010). *Logic: theory and practice: textbook*. Kyiv: Center for Educational Literature.

Klassen, S. (2006). The Science Thought Experiment: How Might it be Used Profitably in the Classroom? *Interchange 37*(1–2), 77-96. https://doi.org/10.1007/s10780-006-8401-5

Kösem, Ş. D., & Özdemir, Ö. F. (2013). The Nature and Role of Thought Experiments in Solving Conceptual Physics Problems. *Science & Education 23*(4), 865–895. https://doi.org/10.1007/s11191-013-9635-0

Kuhn, T. S. (1962/1996). *The Structure of Scientiac Revolutions*. 3rd ed. Chicago; London: University of Chicago Press.

Kuhn, T. (1964/1977). A Function for Thought Experiments. In: Kuhn, T. *The Essential Tension: Selected Studies in Scientific Tradition and Change*. (Pp. 240–265). Chicago: University of Chicago Press.

Matthews, M. R. (1988). Ernst mach and thought experiments in science education. *Research in Science Education 18*(1), 251–257. https://doi.org/10.1007/bf02356602

Popper, K. (1959). On the Use and Misuse of Imaginary Experiments, especially in Quantum Theory. *The Logic of Scientific Discovery.* (Pp. 442–456). London: Hutchinson.

Reiner, M., & Burko, L. M. (2003). On the Limitations of Thought Experiments in Physics and the Consequences for Physics Education. *Science & Education 12*(4), 365–385.

Reiner, M., & Gilbert, J. K. (2004). The symbiotic roles of empirical experimentation and thought experimentation in the learning of physics. *International Journal of Science Education 26*(15), 1819–1834. https://doi.org/10.1080/0950069042000205440

Robert M. J. (2011). *Art and Science of Teaching / Thought Experiments in the Classroom*. November 1, 2011. https://www.ascd.org/el/articles/thought-experiments-in-the-classroom

Shinkaruk, V. I. (ed.). (2002). *Philosophical encyclopedic dictionary*. Kyiv: Abrys.

Sorensen, R. (1992). *Thought Experiments*. New York: Oxford University Press.

Stern, J. P. (1963). *Lichtenberg: A Doctrine of Scattered Occasions*. London: Thames and Hudson.

Velentzas, A., & Halkia, K. (2013). The Use of Thought Experiments in Teaching Physics to Upper Secondary-Level Students: Two examples from the theory of relativity. *International Journal of Science Education 35*(18), 3026–3049. doi:10.1080/09500693.2012.682182 (https://doi.org/10.1080/09500693.2012.682182)

Velentzas, A., Halkia, K., & Skordoulis, C. (2006). Thought Experiments in the Theory of Relativity and in Quantum Mechanics: Their Presence in Textbooks and in Popular Science Books. *Science & Education 16*(3–5), 353–370. doi:10.1007/s11191-006-9030-1 (https://doi.org/10.1007/s11191-006-9030-1)

Weisman, D. L. (2012). An essay on the art and science of teaching. *The American Economist 57*(1), 111–125.

Ruslan Myronenko. **Thought experiments: the philosophical and educational aspect**

In recent years, one can observe great interest in such a phenomenon as thought experiments in various fields of science and philosophy. In research, they are usually seen as tools for argumentation or presentation of some theory. The author of this article will consider thought experiments instead from the point of view of use in the educational process. Also, thought experiments will be analyzed as one of the options for checking the level of understanding of some material from the educational course, which adds creativity and creativity to the educational process not only for the teacher but also for other participants of the educational process (pupils, students, graduate students). The proposed classification of thought experiments will help improve the educational process and interest in the subject. The article provides examples from the history of philosophy and science, which illustrate the importance of thought experiments for learning and emphasize their use as a tool (or skill) when working in a specific field of science. Examples of the use of thought experiments in the educational process of different countries, recommendations from international educational organizations, and the provision of a specific algorithm for their application were given. An improvement of this process, which primarily appeals to everyday experience, is proposed. Some recommendations from the work of modern logic are given for a clearer and stricter use of such reasoning as reasoning by analogy. A comparison was made regarding the attitude to the thought experiments of such scientists as Thomas Kuhn, Karl Popper, and Georg Lichtenberg. Attention is focused on using thought experiments to improve understanding of concepts and theories and increase the creative component and interactivity during all types of classes.

Key words: *thought experiments, philosophy, science, methodology, philosophy of education, philosophy of science, argumentation, thinking, philosophical argumentation.*

Мироненко Руслан – аспірант кафедри логіки Київського національного університету імені Тараса Шевченка, засновник філософського дискусійного клубу «Печера Платона» (м. Київ).

E-mail: mironrus@gmail.com

ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4058-9772

Scopus-Author ID: 57206845047

Myronenko Ruslan, PhD Student, department of logic, Taras Shevchenko National University of Kyiv, founder of the philosophical discussion club «Plato's Cave» (Kyiv-city).

E-mail: mironrus@gmail.com

ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4058-9772

Scopus-Author ID: 57206845047