

doi: 10.33842/22195203-2026-36-137-47-52

УДК: 37.016:53:001.1

СОЦІОКУЛЬТУРНІ ЧИННИКИ ФОРМУВАННЯ НАУКОВИХ ТЕОРІЙ У ФІЗИЦІ: ІСТОРИКО-ПЕДАГОГІЧНИЙ АНАЛІЗ

Віта Демкова

<https://orcid.org/0000-0001-8445-6520>*ПУ «Інститут прикладної педагогіки»*

У статті проаналізовано вплив соціокультурних світоглядних уявлень на формування, прийняття та інтерпретацію наукових теорій у фізиці. Науку розглянуто не лише як систему емпіричних і теоретичних знань, а як культурно зумовлену практику, що формується під впливом домінантних переконань, цінностей і когнітивних очікувань певної історичної епохи. На основі історичних і сучасних кейсів із фізики показано, що вибір пояснювальних моделей і тлумачення даних залежать від домінантних культурних очікувань, інституційних норм і комунікаційних практик науки. Обґрунтовано педагогічний потенціал аналізу історичних наукових помилок як ефективного інструменту формування критичного мислення та розуміння природи науки у навчанні фізики.

Ключові слова: історія фізики; соціокультурний контекст; епістемічні ідеали; наукова помилка; Nature of Science; критичне мислення; big science.

Demkova Vita. Sociocultural factors in the formation of scientific theories in physics: a historical and pedagogical analysis.

The article examines how sociocultural worldviews shape the formation, acceptance, and interpretation of scientific theories in physics, arguing that theoretical change cannot be reduced to a linear accumulation of facts. Science is approached not only as a system of empirical and theoretical knowledge, but also as a culturally conditioned practice embedded in historically variable expectations about what counts as a «good explanation» (e.g., visual-mechanistic plausibility, determinism, mathematical rigor, or aesthetic elegance). Drawing on a set of historical and contemporary case studies, the paper shows how dominant cultural intuitions and epistemic ideals influenced the selection of explanatory models, the assessment of anomalies, and the persistence of limited or erroneous frameworks. Classical examples (geocentrism, resistance to inertia, absolute space and time, the luminiferous ether, debates over determinism in early quantum theory, and the status of unobservable entities such as atoms) are interpreted as outcomes of shared assumptions about causality, order, and legitimacy of theoretical objects. Contemporary cases (LIGO's detection of gravitational waves, the OPERA neutrino anomaly, and the BICEP2-to-Planck reassessment) illustrate that sociocultural influences continue to operate through institutional regimes of proof, collective verification protocols, statistical standards, and the media ecology of «breakthrough» expectations. In the educational dimension, the article substantiates the pedagogical value of «error histories» as a resource for cultivating critical thinking and Nature of Science understanding: learners are guided to separate data from interpretation, uncover hidden assumptions, analyse model limits, and reason about uncertainty, replication, and systematic error. Integrating such cases into physics instruction is proposed as a practical strategy for developing a scientific worldview in which knowledge remains justified yet open to revision.

Keywords: history of physics; sociocultural context; epistemic ideals; scientific error; Nature of Science; critical thinking; big science.

Постановка проблеми. У сучасній освітній практиці фізика часто подається як цілісна й завершена системи об'єктивного знання. Такий підхід формує уявлення про науку як ціннісно нейтральну та незалежну від історичних і соціальних умов діяльність. Унаслідок цього здобувачі освіти нерідко сприймають наукові теорії як незмінні істини, а не як результат людської пізнавальної діяльності, що розвивається в конкретному культурному контексті.

Водночас дослідження з історії та філософії науки переконливо свідчать, що наукове знання формується в межах певних світоглядних рамок, які впливають на постановку проблем, вибір методів і способи інтерпретації результатів (Kuhn, 1962; Lakatos & Musgrave, 1970).

Домінантні соціокультурні уявлення можуть сприяти науковому поступу, але також здатні стабілізувати хибні теоретичні конструкції або гальмувати прийняття коректних ідей (Duhem, 1954; Koyre, 1957).

Актуальність дослідження визначається потребою відмови від репродуктивних моделей навчання на користь цілеспрямованого формування наукового світогляду. Усвідомлення науки як людського, культурно зумовленого проекту сприяє готовності майбутніх науковців до сприйняття нових ідей та розвитку здатності критично осмислювати усталені інтелектуальні тенденції (Kuhn, 1962).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання соціокультурної зумовленості

наукового знання має міцну традицію в історії та філософії науки. Парадигмальний підхід Т. Куна пояснює зміну теорій як зміну способів бачення й норм «нормальної науки», а не як просте накопичення фактів (Kuhn, 1962). Ідеї І. Лакатоса дозволяють описувати стійкість теорій через структуру дослідницьких програм із «жорстким ядром» і «захисним поясом» (Lakatos & Musgrave, 1970). У культурно-історичних реконструкціях фізики важливими є також підходи А. Койре та П. Дюгема, які показують роль філософських передумов у становленні фундаментальних понять (простір, час, причинність) (Duhem, 1954; Коурге, 1957). У XX–XXI ст. соціокультурний вимір стає ще виразнішим у працях про колективну природу доказу: П. Галісон описує, як наукові факти «виробляються» через протоколи, стандарти та інституційні процедури (Galison, 1987).

У науковій освіті ці ідеї інтегруються в межах підходів Nature of Science (NOS) та використання історико-філософських кейсів у навчанні (HPS/HPSSE): увага переноситься з «готових істин» на те, як виникає знання, чим відрізняються факт і інтерпретація, як працює перевірка, похибки й самокорекція науки (Ковальова, 2025). Паралельно розвивається напрям досліджень епістемічного мислення / епістемічних переконань (epistemic cognition) і критичного мислення в STEM: показано, що уявлення учнів про природу знання (як «незмінної істини» чи як моделі з межами застосування) напряму впливають на навчальні стратегії та здатність працювати з аргументами й невизначеністю; у фізичній освіті це пов'язують також із формуванням «фізичного стилю мислення» та метакогніцією (Ковальова, 2025).

В українському науково-педагогічному просторі немає широкої серійної традиції саме з соціокультурного аналізу історії фізичних теорій як окремого напрямку методики фізики; натомість наявне важливе методологічне підґрунтя у філософії освіти та філософії науки, а також інституційні майданчики для таких студій. Зокрема, на рівні НАПН України відповідні напрями фіксуються у переліках пріоритетної тематики досліджень (Національна академія педагогічних наук України, 2021).

Формулювання цілей статті. Метою цієї статті є аналіз впливу соціокультурних уявлень на формування наукових теорій у фізиці та обґрунтування педагогічної доцільності використання історичних наукових помилок у навчальному процесі.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження ґрунтується на інтеграції кількох взаємодоповнювальних методологічних підходів, що дозволяє комплексно розглянути наукове

знання як результат не лише внутрішньої логіки розвитку науки, а й ширших соціокультурних та світоглядних процесів.

Ключовою методологічною рамкою є парадигмальний підхід Т. Куна, відповідно до якого науковий розвиток інтерпретується як послідовність періодів «нормальної науки» та наукових революцій (Kuhn, 1962). У межах цього підходу зміна наукових теорій розглядається не лише як накопичення фактів або вдосконалення пояснювальних моделей, а як трансформація глибинних соціокультурних установок, цінностей і способів наукового мислення, притаманних певній історичній епосі (Kuhn, 1962).

Доповненням до нього виступає програмний підхід І. Лакатоса, який дає змогу більш детально проаналізувати внутрішню структуру наукових теорій. У цьому контексті теорії осмислюються як дослідницькі програми, що мають «жорстке ядро» – сукупність фундаментальних переконань і базових припущень, стійких до емпіричних спростувань, а також «захисний пояс» допоміжних гіпотез. Такий підхід дозволяє простежити, яким чином світоглядні та філософські переконання вчених впливають на напрям розвитку теоретичних побудов (Lakatos & Musgrave, 1970).

Важливу роль у дослідженні відіграє контекстуально-генетичний метод, спрямований на аналіз виникнення та еволюції наукових ідей у тісному зв'язку з філософськими, соціальними та культурними умовами відповідної історичної доби (Duhem, 1954; Коурге, 1957). Цей метод дає змогу уникнути анахронізмів у трактуванні наукових концепцій і розглядати їх як продукти конкретного інтелектуального середовища.

Зазначені методологічні підходи реалізуються через систему конкретних наукових методів. Зокрема, у роботі застосовано історико-науковий аналіз класичних фізичних і математичних теорій з метою реконструкції логіки їхнього становлення та розвитку (Duhem, 1954; Коурге, 1957). Порівняльний аналіз конкуруючих теоретичних підходів використовується для виявлення альтернативних шляхів наукового мислення та з'ясування причин утвердження певних концепцій як домінантних (Kuhn, 1962; Lakatos & Musgrave, 1970).

Окрему увагу приділено контекстуальному аналізу наукових ідей у межах домінантних світоглядних уявлень епохи, що дозволяє простежити взаємозв'язок між науковими відкриттями, філософськими концепціями та суспільними цінностями (Duhem, 1954; Коурге, 1957). У педагогічному вимірі дослідження застосовується педагогічний аналіз історичних наукових кейсів, спрямованих на оцінювання їхнього дидактичного потенціалу та можливостей

використання в освітньому процесі для формування критичного мислення і наукового світогляду здобувачів освіти (Ковальова, 2025).

Історичні кейси відбиралися за такими критеріями:

1. Теорія була широко визнана в науковій спільноті свого часу.
2. Згодом теорія була визнана хибною або принципово обмеженою.
3. Її прийняття або тривале збереження частково пояснюється соціокультурними уявленнями, а не лише емпіричними чинниками.
4. Кейс має чіткий педагогічний потенціал для сучасної освіти.

Відповідно до цих критеріїв було обрано ряд кейсів.

У всіх наведених прикладах ми бачимо повторювану схему: *культурна установка* → *епістемічне очікування* → *вибір «нормального» пояснення* → *інтерпретація фактів* → *опір змінам / зміна рамки* (Kuhn, 1962; Lakatos & Musgrave, 1970).

Геоцентризм: «космічний порядок» як світоглядна норма. Геоцентрична система Птолемея трималася століттями не лише завдяки обчислювальній пристосованості, а й тому, що вписувалася в уявлення про ієрархічний Всесвіт і «природне місце» людини. Аристотелівська фізика з її телеологією робила таку картину інтуїтивно «правильною»: небо – досконале, Земля – центр і межа «природного» порядку (Коуге, 1957).

Перехід до геліоцентризму виявився не просто корекцією астрономії – він вимагав зміни самої культурної інтуїції щодо космосу й місця людини в ньому. Це добре показано в історико-філософських реконструкціях, де наука описується як зміна «картини світу», а не лише формул (Duhem, 1954; Коуге, 1957).

Педагогічний сенс: зручно тренувати розрізнення *даних* і *картини світу*, а також показувати, як «очевидне» може бути культурною звичкою мислення.

Опір інерції: «рух потребує причини» як культурна інтуїція. Інерційний принцип довго не приймався, бо суперечив досвіду повсякденного світу: якщо не штовхати – зупиниться. Культура «очевидності» (наївний емпіризм) підштовхувала до висновку: причина має діяти постійно. Галілеєва абстракція інерції – це, по суті, зміна норми: від «бачу – отже істина» до «ідеалізую умови – отже розумію закон» (Kuhn, 1962).

Педагогічний сенс: це ідеальний кейс для завдань «де зрада інтуїції»: здобувачі освіти вчать бачити роль ідеалізації, моделі та меж застосування.

Абсолютний простір і час: культурний ідеал стабільності Нового часу. Ньютонівський «абсолютний час» і «абсолютний простір» звучать як технічні терміни, але історично це також культурний ідеал – віра в універсальний, стабільний порядок. Механістична картина світу добре узгоджувалася з дійсничною ідеєю закону: світ працює як годинник (Коуге, 1957).

Саме тому релятивістська революція була травматичною: вона «руйнувала підлогу» – те, що раніше вважалося нерухомим фоном реальності. У культурно-історичних описах це пов'язують із переходом від «закритого» до «відкритого» Всесвіту та новими уявленнями про вимірювання і спостерігача (Коуге, 1957).

Педагогічний сенс: показати, що наукові поняття мають «приховані» філософські припущення, і вчити виявляти ці припущення.

Світлоносний ефір: механістичне очікування «носія хвилі». У фізиці XIX століття ефір вводили як гіпотетичне середовище для поширення електромагнітних хвиль. Це виглядало логічно: хвиля має мати носій. Ефір був не випадковою гіпотезою, а продовженням механістичного стилю мислення (Duhem, 1954).

Навіть після експериментальних труднощів (включно з дослідом Майкельсона-Морлі) відмова від ефіру не була миттєвою: спільнота довго «рятувала» ідею, змінюючи захисний пояс пояснень (Lakatos & Musgrave, 1970). Відмова стала можлива після глибшої зміни уявлень про простір і час у теорії відносності (Kuhn, 1962).

Педагогічний сенс: навчати бачити різницю між «розумною гіпотезою свого часу» і «історичною помилкою», а також тренувати аналіз того, що саме в теорії є ядром, а що – пояснювальним «ремонт» (Lakatos & Musgrave, 1970).

Детермінізм і квантова механіка: страх випадковості як епістемічна норма. Класичний детермінізм тривалий час був не лише методологічним принципом фізики, а й важливим культурним уявленням про раціональність світу: вважалося, що кожна подія має чітку причину, а отже, за достатнього знання умов майбутній стан системи можна передбачити. Така установка формувала очікування повної пояснюваності й передбачуваності природних процесів (Kuhn, 1962).

У цьому контексті імовірнісний опис мікросвіту, запропонований квантовою механікою, сприймався як радикальний виклик усталеному стилю мислення. Опір новій теорії був зумовлений не лише складністю математичного апарату чи відсутністю класичних аналогій, а передусім небажанням прийняти випадковість як фундаментальну характеристику природи. Дискусії навколо квантової механіки

засвідчують, що наукові суперечки можуть торкатися не тільки формул і експериментів, а й глибинних уявлень про те, яким має бути «раціональний» світ і які межі прийнятні для наукового пояснення (Kuhn, 1962).

Педагогічний сенс: тренувати «епістемічну сміливість» – готовність працювати з невизначеністю та статистичним мисленням.

Енергетизм проти атомізму: позитивістська недовіра до неспостережуваного. У другій половині XIX століття частина вчених заперечувала реальність атомів як «метафізики». За цим стояла позитивістська установка: наука має говорити лише про те, що спостерігається прямо (Duhem, 1954).

Зміна стала можливою, коли статус теоретичних об'єктів (атомів, молекул) змістився: вони стали не «вигадками», а необхідними пояснювальними сутностями, що узгоджують різні типи даних (Duhem, 1954).

Педагогічний сенс: відпрацьовувати відмінність між «бачу» і «обґрунтовано виводжу», а також поняття непрямого доказу.

Естетичні критерії: симетрія, простота, «краса» як дороговказ теоретичної фізики. У XX столітті зростає роль естетичних критеріїв – симетрії, простоти, уніфікації. Наука не перестає бути емпіричною, але «гарна теорія» часто сприймається як та, що виглядає природно й елегантно. Системний аналіз того, як естетичні оцінки реально працюють у науці, представлено в дослідженнях Дж. Макаллістера (McAllister, 1996).

Педагогічний сенс: навчити здобувачів освіти користуватися естетикою як евристикою, але не плутати її з перевірюваністю.

«Холодний синтез» (1989): соціальний запит на прорив і ризик поспішної легітимації. Історія «холодного синтезу» показує, як сильне суспільне очікування енергетичного прориву може прискорювати медійну та інституційну легітимацію неперевіраних результатів. Первинна публікаційна хвиля (зокрема стаття в *Journal of Electroanalytical Chemistry*) стала точкою входу в дискусію, але подальші перевірки й проблеми з відтворюваністю зробили кейс класичним прикладом наукової самокорекції (Fleischmann & Pons, 1989).

Педагогічний сенс: відпрацьовувати поняття відтворюваності, систематичних похибок і наукової етики комунікації.

«Елегантність» і симетрія: коли теорія тримається на престижі стилю. У теоретичній фізиці XX–XXI ст. престиж уніфікації й математичної краси підтримує напрями, де емпіричні перевірки складні або відкладені. Це створює напругу між двома культурними

ідеалами науки: «бути красивою» і «бути перевірюваною». Питання активно обговорюється в літературі про сучасну теоретичну фізику та її методологічні труднощі (McAllister, 1996).

Педагогічний сенс: показати, як працюють евристики (краса / простота) і як вони можуть породжувати упередження.

Великі колаборації: LIGO і «режим доказу» у big science. У великих проєктах факт не просто «вимірюють» – його інституційно виробляють через протоколи, рев'ю, статистичні пороги, перевірки систематик. Виявлення гравітаційних хвиль LIGO стало не лише підтвердженням теорії, а демонстрацією того, як колективна наука формує епістемічну довіру (Abbott et al., 2016).

Методологічно такі процеси добре описані в роботах про те, як «закінчуються експерименти» і коли результат визнають достатнім (Galison, 1987).

Педагогічний сенс: навчити бачити «соціальну сторону доказу»: протоколи, стандарти, пороги значущості.

OPERA (2011): медійний ефект і уроки самокорекції. Помилковий «надсвітловий» політ нейтрино став кейсом, де сила можливого «перевороту» створила медійний резонанс, але внутрішня норма науки спрацювала як фільтр: реплікації, пошук систематик, технічна ревізія. Публічне визнання помилки й її технічні причини – цінний матеріал для пояснення наукової самокорекції (Reich, 2012).

Педагогічний сенс: тренувати вміння відрізнити «сенсаційне» від «підтвердженого», та читати повідомлення з урахуванням похибок.

ВІСЕР2 → Planck: очікування «підпису інфляції» і сила незалежної перевірки. Оголошення ВІСЕР2 про В-моди стало символічно важливим: воно ніби обіцяло прямий слід інфляції. Але подальший спільний аналіз з даними супутника Planck показав вагомий внесок пилу, і сигнал потребував переоцінки (Ade et al., 2014; Ade et al., 2015).

Педагогічний сенс: показати, як «очікування відкриття» може штовхати інтерпретацію вперед, і чому незалежні дані – основа надійності.

Темна матерія vs MOND: конкуренція програм і «екосистема» доказів. Цей кейс показує, що теорії конкурують не лише фактами, а й інфраструктурою: моделями, симуляціями, експериментальними програмами. Огляд М. Мілгрона спеціально підкреслює історичні паралелі й механізми боротьби парадигм (Milgrom, 2020).

Педагогічний сенс: навчати порівнювати альтернативні гіпотези та бачити, як «екосистема задач» підтримує дослідницьку програму.

Реалізм vs інструменталізм сьогодні: статус «непостережуваних» сутностей. Проблема, що колись виникала навколо атомів, повертається в нових формах: інтерпретації квантової механіки, онтологія моделей, статус інфляційних сценаріїв тощо. Тут доречна класична думка про те, що теорія – це не дзеркало фактів, а система пояснення зі своїми критеріями (Duhem, 1954).

Педагогічний сенс: навчати працювати з межами теорій, мовою моделей і критеріями науковості.

Педагогічний потенціал розглянутих кейсів проявляється тоді, коли вони не додаються до теми як «цікава історія», а вбудовуються в саму логіку вивчення фізики. Урок або заняття доцільно починати з короткого «провокативного» запитання, що відтворює історичну інтуїцію епохи: чому хвиля має мати носій, чому рух «повинен» потребувати сили, чому випадковість здається неприпустимою. Далі здобувачі освіти переходять до аналізу того, які саме припущення робили стару теорію раціональною: що вважалося очевидним, який ідеал пояснення домінував (наочність, детермінізм, строгість, елегантність), і де дані не «говорили самі», а вимагали інтерпретації (Kuhn, 1962; Lakatos & Musgrave, 1970). У такому форматі історична помилка перестає бути помилкою «через неосвіченість», а стає прикладом того, як працює наукова раціональність у межах культурної рамки (Kuhn, 1962).

Особливо продуктивним є порівняння історичних і сучасних сюжетів, бо воно робить видимою спадковість механізмів: сьогодні на рішення впливають не лише світоглядні установки, а й інституційні режими доказу (великі колаборації, протоколи перевірки, статистичні пороги) та медійна екологія науки (Galison, 1987). Кейс LIGO дозволяє показати, як «факт» формується через процедури довіри й верифікації (Abbott et al., 2016; Galison, 1987); OPERA і BICEP2 – як очікування прориву та публічний резонанс можуть підсилювати ранні інтерпретації, але механізми реплікації і перевірки повертають знання до надійних меж (Ade et al., 2015; Reich, 2012). У навчанні це можна перетворювати на практику роботи з похибками: відрізнити випадкову і систематичну помилку, розуміти роль відтворюваності, бачити різницю між «статистично значущим» і «достатньо надійним» (Galison, 1987).

Для оцінювання результатів важливо змістити акцент із «правильної відповіді» на якість

міркування. Доцільно фіксувати, чи відокремлено факт від інтерпретації, чи названо приховані припущення, чи запропоновано альтернативні пояснення, чи враховано межі застосування моделі та джерела похибок (Ковальова, 2025). Завершальна частина роботи з кейсом має бути рефлексивною: що саме стало переломним аргументом, які культурні або інституційні чинники підтримували попередню рамку, і де в сучасній науці чи суспільстві можна впізнати подібні механізми. Саме тоді кейси працюють як інструмент Nature of Science – формують не лише предметне знання, а й культуру наукового мислення (Ковальова, 2025).

Висновки. Порівняльний історико-науковий аналіз показує, що фізичні теорії формуються не у вакуумі «чистої раціональності», а в межах історично змінних культурних рамок. Домінантні уявлення про те, яким має бути «добре пояснення» – наочним, детермінованим, строгим чи елегантним – задають епістемічні очікування, які спрямовують пошук і водночас можуть стабілізувати обмежені або хибні моделі. Саме тому тривале існування геоцентризму, опір інерції, прихильність до абсолютного простору і часу чи до ефіру слід розуміти не як дефіцит фактів, а як наслідок сили культурних інтуїцій і прийнятих норм мислення.

Разом із тим сучасні кейси демонструють, що соціокультурний вплив не зникає: він переходить у складніші форми й проявляється через інституційні механізми довіри, стандарти доказовості, режим «великої науки», а також через публічні очікування сенсацій і комунікаційні практики. Події на кшталт OPERA чи BICEP2 показують напруження між швидкістю повідомлення та повільністю перевірки, тоді як приклад LIGO виразно підкреслює соціально-методологічну природу факту як результату колективних процедур контролю.

У педагогічному вимірі аналіз «історій помилок» постає ефективним ресурсом розвитку критичного мислення й епістемічної рефлексії. Він допомагає здобувачам освіти бачити різницю між даними та їх тлумаченням, усвідомлювати роль припущень і меж моделей, а також приймати невизначеність як нормальний компонент наукового знання. Отже, інтеграція історичних і сучасних кейсів у навчання фізики може розглядатися як практична стратегія формування наукового світогляду, у якому знання є водночас обґрунтованими і відкритими до перегляду.

Список використаних джерел

- Abbott, B. P., et al. (LIGO Scientific Collaboration & Virgo Collaboration). (2016). Observation of gravitational waves from a binary black hole merger. *Physical Review Letters*. Vol. 116, No. 6. Art. 061102. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.116.061102>
- Ade, P. A. R., et al. (BICEP2 Collaboration). (2014). Detection of B-mode polarization at degree angular scales by BICEP2. *Physical Review Letters*. Vol. 112, No. 24. Art. 241101. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.112.241101>

- Ade, P. A. R., et al. (BICEP2/Keck Array and Planck Collaborations). (2015). Joint analysis of BICEP2/Keck Array and Planck data. *Physical Review Letters*. Vol. 114, No. 10. Art. 101301. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.114.101301>
- Duhem, P. (1954). *The aim and structure of physical theory* (Trans). Princeton: Princeton University Press. (Original work published 1906).
- Fleischmann, M., Pons, S. (1989). Electrochemically induced nuclear fusion of deuterium. *Journal of Electroanalytical Chemistry and Interfacial Electrochemistry*. Vol. 261, No. 2. P. 301–308.
- Galison, P. (1987). *How experiments end*. Chicago: University of Chicago Press.
- Koyré, A. (1957). *From the closed world to the infinite universe*. Baltimore: Johns Hopkins Press.
- Kuhn, T. S. (1962). *The structure of scientific revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.
- Lakatos, I., Musgrave, A. (Eds.). (1970). *Criticism and the growth of knowledge*. Cambridge: Cambridge University Press.
- McAllister, J. W. (1996). *Beauty and revolution in science*. Ithaca: Cornell University Press.
- Milgrom, M. (2020). MOND vs. dark matter in light of historical parallels. *Studies in History and Philosophy of Science Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics*. Vol. 71. P. 170–195. <https://doi.org/10.1016/j.shpsb.2020.04.002>
- Reich, E. S. (2012). Error undoes faster-than-light neutrino results. *Science*. (News).
- Ковальова О. А., Бабійчук С. М., Бурлаєнко Т. І. Наукова освіта: ретроспектива, сучасність та перспектива: посібник / за передм. С. О. Довгого. Київ: Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2025. 126 с.
- Національна академія педагогічних наук України. Пріоритетні напрями (тематика) наукових досліджень та науково-технічних (експериментальних) розробок НАПН України на 2022–2026 рр. Київ, 2021. URL: <https://naps.gov.ua/ua/press/announcements/2519/>

References

- Abbott, B. P., et al. (LIGO Scientific Collaboration & Virgo Collaboration). (2016). Observation of gravitational waves from a binary black hole merger. *Physical Review Letters*, 116 (6), 061102. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.116.061102>
- Ade, P. A. R., et al. (BICEP2 Collaboration). (2014). Detection of B-mode polarization at degree angular scales by BICEP2. *Physical Review Letters*, 112 (24), 241101. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.112.241101>
- Ade, P. A. R., et al. (BICEP2/Keck Array and Planck Collaborations). (2015). Joint analysis of BICEP2/Keck Array and Planck data. *Physical Review Letters*, 114 (10), 101301. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.114.101301>
- Duhem, P. (1954). *The aim and structure of physical theory* (Trans.). Princeton University Press. (Original work published 1906)
- Fleischmann, M., & Pons, S. (1989). Electrochemically induced nuclear fusion of deuterium. *Journal of Electroanalytical Chemistry and Interfacial Electrochemistry*, 261 (2), 301–308.
- Galison, P. (1987). *How experiments end*. University of Chicago Press.
- Koyré, A. (1957). *From the closed world to the infinite universe*. Johns Hopkins University Press.
- Kuhn, T. S. (1962). *The structure of scientific revolutions*. University of Chicago Press.
- Lakatos, I., & Musgrave, A. (Eds.). (1970). *Criticism and the growth of knowledge*. Cambridge University Press.
- McAllister, J. W. (1996). *Beauty and revolution in science*. Cornell University Press.
- Milgrom, M. (2020). MOND vs. dark matter in light of historical parallels. *Studies in History and Philosophy of Science Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, 71, 170–195. <https://doi.org/10.1016/j.shpsb.2020.04.002>
- Reich, E. S. (2012). Error undoes faster-than-light neutrino results. *Science* (News).
- Kovalova, O. A., Babiichuk, S. M., & Burlaienko, T. I. (2025). *Scientific education: Retrospective, present, and prospects* (Foreword by S. O. Dovhyi). Institute of Gifted Child of the National Academy of Educational Sciences of Ukraine.
- National Academy of Educational Sciences of Ukraine. (2021, December 1). *Priority research areas and scientific-technical (experimental) developments of the National Academy of Educational Sciences of Ukraine for 2022–2026*. Retrieved from <https://naps.gov.ua/ua/press/announcements/2519/>

Відомості про автора:

Демкова Віта Олександрівна

vitademkova@gmail.com

Приватна установа «Інститут прикладної педагогіки»

вул. Генерала Алмазова, буд. 18/7 в,

офіс 408-1, м. Київ, 01133, Україна

Information about the author:

Demkova Vita Oleksandrivna

vitademkova@gmail.com

Private Institution «Institute of Applied Pedagogy»

18/7 V, Office 408-1, General Almazov Street,

Kyiv, 01133, Ukraine

Матеріал надійшов до редакції 01. 03. 2026 р.

Прийнято до друку 06. 04. 2026 р.

Received at the editorial office 01. 03. 2026.

Accepted for publishing 06. 04. 2026.