

УДК 372.51

DOI <https://doi.org/10.32782/pet-2023-2-7>

Олена ТРИФОНОВА

доктор педагогічних наук, доцент, доцент кафедри природничих наук і методик їхнього навчання, Центральноукраїнський державний університет імені Володимира Винниченка, вул. Шевченко 1, м. Кропивницький, Україна, 25006, e-mail: olenatrifonova82@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6146-9844>

SCOPUS-AUTHOR ID: 57217117658

Микола САДОВИЙ

доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри технологічної та професійної освіти, Центральноукраїнський державний університет імені Володимира Винниченка, вул. Шевченко 1, м. Кропивницький, Україна, 25006, e-mail: smikdri@i.ua

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6582-6506>

SCOPUS-AUTHOR ID: 57217117696

Бібліографічний опис статті: Трифонова, О., Садовий, М. (2023). Методика формування просторово-часових уявлень та сучасних матеріалів у навчанні фахових дисциплін та інженерно-педагогічних дослідженнях. *Фізика та освітні технології*, 2, 49–56, doi: <https://doi.org/10.32782/pet-2023-2-7>

МЕТОДИКА ФОРМУВАННЯ УЯВЛЕНЬ ПРО ПРОСТОРОВО-ЧАСОВІ ПАРАМЕТРИ ТА СУЧАСНІ МАТЕРІАЛИ У НАВЧАННІ ФАХОВИХ ДИСЦИПЛІН ТА ІНЖЕНЕРНО-ПЕДАГОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

Стаття присвячена дослідженню науково-педагогічних детермінант становлення та розвитку світоглядної складової наукових досліджень в сфері природничих, технологічних та професійних галузей знань, обґрунтуванню наукового світорозуміння новітніх досягнень науки, шляхів впровадженню результатів дослідження в практику. Детально проаналізовано фундаментальні поняття часу та простору починаючи з часів Архімеда-Арістотеля, показана їхня еволюція у класичній фізиці Галілея-Ньютона, Фарадея-Максвелла. Зроблено акцент на ролі загальної теорії відносності та квантової фізики у перегляді сутності понять часу та простору, а відповідно перегляду світоглядної наукової картини світу.

Акцентовано увагу на тому, що суспільна свідомість не повинна пугати зворотні процеси у фізиці з ходом часу від минулого до нинішнього та до майбутнього з гносеологічної точки зору. Підкреслено, що починаючи з середини ХХ століття наукові дослідження дали можливість виготовляти вироби з новими властивостями, відмінними від традиційних, що в свою чергу впливає на формування наукового світогляду суспільства.

Мета дослідження: проаналізувати методологію розвитку та трансформації природничих знань, запропонувати методику формування уявлень про просторово-часові параметри та сучасні матеріали у навчанні фахових дисциплін та інженерно-педагогічних дослідженнях.

За результатами дослідження встановлено, що починаючи з середини ХХ століття наукові дослідження дали можливість виготовляти вироби з новими властивостями, відмінними від традиційних. У цьому випадку перед суб'єктами навчання постає завдання здійснити переворот у їхньому світогляді в частині психологічної готовності до сприйняття нових, відмінних від традиційних знань. Ці погляди нерідко можуть мати неймовірний світоглядний вектор близький до протилежного кута точки зору до давно впроваджених і перевіреною практикою наукових, філософських поглядів, які визначають ставлення людини до навколишньої дійсності, до себе, до Планети Земля, до Всесвіту, до Метагалактики.

Ключові слова: науковий світогляд, час, простір, матеріали з новими властивостями.

Olena TRYFONOVA

Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Department of Natural Sciences and their Teaching Methods of Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State University, St. Shevchenko 1, Kropyvnytskyi, Ukraine, 25006, e-mail: olenatrifonova82@gmail.com

ID ORCID: 0000-0002-6146-9844

SCOPUS-AUTHOR ID: 57217117658

Mykola SADOVYI

Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Head of the Department of Technological and Professional Education of Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State University, St. Shevchenko 1, Kropyvnytskyi, Ukraine, 25006, e-mail: smikdpu@i.ua

ORCID ID: 0000-0001-6582-6506

SCOPUS-AUTHOR ID: 57217117696

To cite this article: Sadovyi, M., Tryfonova, O. (2023). *Metodyka formuvannya uyavlen pro prostorovo-chasovi parametry ta suchasni materialy u navchanni fakhovykh dystsyplyn ta inzhenerno-pedahohichnykh doslidzhennyakh* [The method of forming ideas about space-time parameters and modern materials in the teaching of professional disciplines and engineering-pedagogical research]. *Physics and Educational Technology*, 2, 49–56, doi: <https://doi.org/10.32782/pet-2023-2-7>

THE METHOD OF FORMING IDEAS ABOUT SPACE-TIME PARAMETERS AND MODERN MATERIALS IN THE TEACHING OF PROFESSIONAL DISCIPLINES AND ENGINEERING-PEDAGOGICAL RESEARCH

The article is devoted to the study of the scientific and pedagogical determinants of the formation and development of the worldview component of scientific research in the field of natural, technological and professional fields of knowledge, the justification of the scientific worldview of the latest achievements of science, ways of implementing the research results into practice. The fundamental concepts of time and space are analyzed in detail starting from the time of Archimedes-Aristotle, their evolution in the classical physics of Galileo-Newton, Faraday-Maxwell is shown. Emphasis is placed on the role of the general theory of relativity and quantum physics in revising the essence of the concepts of time and space, and, accordingly, revising the global scientific picture of the world.

Attention is focused on the fact that public consciousness should not confuse reverse processes in physics with the passage of time from the past to the present and to the future from an epistemological point of view. It is emphasized that starting from the middle of the 20th century, scientific research made it possible to manufacture products with new properties, different from traditional ones, which in turn affects the formation of the scientific worldview of society.

The purpose of the research: to analyze the methodology of development and transformation of natural science knowledge, to propose a method of forming ideas about space-time parameters and modern materials in the teaching of professional disciplines and engineering-pedagogical research.

The results of the study showed the following. Starting from the middle of the 20th century, scientific research made it possible to manufacture products with new properties, different from traditional ones. In this case, the subjects of training face the task of making a revolution in their worldview in terms of psychological readiness to perceive new, different from traditional knowledge. These views can often have an incredible worldview vector. This vector is close to the opposite point of view to the scientific and philosophical views long established and proven by practice, which determine the attitude of a person to the surrounding reality, to himself, to Planet Earth, to the Universe, to the Metagalaxy.

Key words: *scientific outlook, time, space, materials with new properties.*

Актуальність проблеми. Кожної історичної епохи природознавство виконувало функцію реалізації на практиці тієї чи іншої частини об'єктивної реальності, що виділялася наявними на той час емпіричними і теоретичними засобами. У науково-узагальнюючому аспекті така реальність сконцентрувалася науковцями в науковій картині світу (НКС). Аналіз досліджень П. С. Атаманчука, О. В. Бугайова, М. В. Головка, С. У. Гончаренка, Л. Р. Ігнатова, І. К. Лебедева, О. І. Ляшенка, А. І. Махінько, М. І. Садового, О. М. Трифонові, В. Д. Шарко, М. І. Шута та ін. (Головка М.В., 2020; Гончаренко С.У., 2010; Лебедев І.К., Ігнатова Л.Р., Махінько А.І., 2021; Садовий М.І., Трифо-

нова О.М., 2013) показав, що були закладені загальні основи формування світоглядної складової НКС, проте недостатньо приділено уваги світоглядній сутності явищ і процесів, що розглядаються в природничій галузі. Нині має місце нове осмислення природничої науки, де фізика постає як фундамент загальнолюдської культури та методологія з реалізації особистості у плином у світі. Світоглядний потенціал природознавства ще не в повній мірі знаходить своє місце в освітньому процесі. Це пояснюється тим, що в теорії та структурі природничої наукової картини світу ця проблема майже не розглядається. Її тривалий час намагаються замінити загальнонауковою картиною світу, що значно обмежує нинішні погляди на

проблему.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

В історії природознавства В. С. Стюпін здійснив філософське обґрунтування зміни наукових картин світу і розглядав цей процес як глобальні революції.

Засоби, що несуть ефективну світоглядну функцію у методах навчання розглянули Н. В. Шаронова та Н. Є. Важеєвська.

С. В. Каламбет, С. І. Іванов, Ю. В. Півняк досліджували методологічні проблеми обґрунтування суперечливих їх результатів.

В. А. Вершина, О. В. Михайлюк дослідили такі функції наукових досягнень як описування, пояснення, розуміння і передбачення.

В. С. Антонюк, Н. І. Бурау, Д. О. Півторак розглянули основи сучасної методології науки, сукупності методів і технологій спрямованих на розробку нових і вдосконалення існуючих засобів і технологій автоматизації.

Високо оцінюючи здобутки вказаних дослідників виокремлюється проблема подальшого розгляду світоглядного обґрунтування наукових здобутків, які нерідко діаметрально протилежні традиційним.

Мета дослідження: проаналізувати методологію розвитку та трансформації природничих знань, запропонувати методику формування уявлень про просторово-часові параметри та сучасні матеріали у навчанні фахових дисциплін та інженерно-педагогічних дослідженнях.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Природничі науки і, зокрема фізика, складають фундамент класичної науки і ґрунтуються на механіці Галілея-Ньютона та електродинаміці Фарадея-Максвелла. За законами класичної фізики створено все, що є на нашій Планеті: будівлі, космічні кораблі, військова техніка та ін. Лише у другій половині ХХ ст. почала зароджуватися технологія використання мікропроцесів, а відповідно покладено початок переходу до реалізації квантової наукової картини світу, яка надзвичайно пов'язана з методологічною світоглядністю.

Загальновідомо, що будь-яка теорія, НКС будується з відправної точки. У класичній механіці такою точкою є світоглядні абсолютні та відносні поняття. Простір, час, маса визначені абсолютними, а швидкість, імпульс – відносними. Особливостями є те, що абсолютні та відносні величинами вводилися без взаємо-

зв'язку. Не передбачалося зв'язку простору та часу і з рухом матеріальних тіл. Передача взаємодії відбувається миттєво. Виходячи з цих постулатів будувалися картини світу: теплороду, механістична, молекулярно-кінетична, електромагнітна, фізична, хімічна, біологічна та ін. (Садовий М.І., Трифонова О.М., 2013). Такий підхід однобічно сприйняв теоретичні побудови Анаксагора-Арістотеля, а також теорію імпетуса. Впродовж тривалого часу задовольнялися філософські потреби механістичного світогляду. Світоглядну складову основ класичної механіки досліджували О. І. Бугайов, С. І. Вавілов, С. У. Гончаренко, М. В. Головкин, В. В. Мултановський, В. Ф. Заболотний та ін.

Значна частина їхнього доробку реалізована у сучасних підручниках для закладів загальної середньої освіти Т. М. Засекіною, В. Д. Сиротком, В. Я. Гайдою, М. В. Головкин, М. Т. Мартинюком, О. І. Ляшенком та ін. Наші спостереження за реальним використанням результатів їхніх досліджень за наслідками виконання завдань ЗНО чи національного мультипредметного тесту з природничих наук показали, що в здобутках домінує безвідносність, як до простору і часу, так і до руху тіл. Є фактом обмежена нестача методологічної світоглядності. Крім цього, має місце суперечність у розвитку фізичних процесів та явищ, де має місце теорема додавання швидкостей, і де та межа, коли втрачається зміст цієї теореми в зв'язку з обмеженістю швидкості світла. Світоглядна складова не розкрита.

Важливе місце у природничих науках має узагальнення їхнього змісту у вигляді шкали пружних, гравітаційно-капілярних та електромагнітних хвиль (рис. 1). Звернемо увагу на поведінку швидкості, на її поведінку при переході до величини $3 \cdot 10^8$ м/с, та як із розмірами вібраторів змінюються властивості випромінювання. Тут простежуються світоглядні закономірності, які слід пояснити при формуванні НКС.

Таким чином, виникає методологічна трудність, що впливала з факту неможливості пояснити явища максимальної швидкості передачі руху від одного тіла до іншого обмеженого величиною швидкості світла, розв'язання якої сприяло створенню спеціальної теорії відносності (СТВ).

У посібниках і діючих підручниках не розглядається світоглядне значення СТВ, яка від-

| Вид хвиль | Механіка Ньютона | | | Теорія Максвелла | Термодинаміка | Квантова теорія | | | |
|----------------------|--|---------------------|-----------------|---|---|-----------------------------------|---|---|--|
| | Інфра-звук | Звук | Ультразвук | | | Електромагнітні хвилі, радіохвилі | Інфрачервоні промені | Видиме світло | Ультрафіолетові |
| Швидкість | Неперервне наростання починаючи з нуля | | | Постійне значення $3 \cdot 10^8$ м/с | | | | | |
| Частота (Гц) | 0 - 16 | 16 - $2 \cdot 10^4$ | 10^4 - 10^7 | 10^4 - 10^{12} | 10^{12} - 10^{14} | 10^{14} | 10^{14} - 10^{16} | 10^{16} - 10^{19} | 10^{18} - 10^{30} |
| Ширина смуги, Гц | 16 | 10^4 | 10^3 | 10^8 | 10^2 | 10 | 10^2 | 10^3 | 10^{12} |
| Енергія квантів (Дж) | | | | $2 \cdot 10^{-21}$ - $2 \cdot 10^{-29}$ | $2 \cdot 10^{-21}$ - $2,6 \cdot 10^{-19}$ | 2,6 - $5,3 \cdot 10^{-19}$ | $5,3 \cdot 10^{-19}$ - $4 \cdot 10^{-17}$ | $4 \cdot 10^{-17}$ - $2 \cdot 10^{-14}$ | $1,5 \cdot 10^{-15}$ - $2 \cdot 10^{-3}$ |
| Імпульс (Дж/с) | | | | $6,6 \cdot 10^{-34}$ | $6,6 \cdot 10^{-28}$ | $1,3 \cdot 10^{-27}$ | $6,6 \cdot 10^{-27}$ | $6,6 \cdot 10^{-25}$ | $6,6 \cdot 10^{-20}$ |
| Маса (кг) | Макротіло | | Кристал | $2,2 \cdot 10^{-42}$ | $2,2 \cdot 10^{-36}$ | $4,4 \cdot 10^{-36}$ | $2,2 \cdot 10^{-35}$ | $2,2 \cdot 10^{-33}$ | $2,2 \cdot 10^{-28}$ |
| Вібратор | Розміри і маса зменшуються | | | Рухомі заряди, змінні струми. | Заряджені частинки, кристал | Електрони верхні шари атом | Електрони атом | Електронні нижні шари атом | Елементарні частинки ядро |
| Поширення | Поширюються в середовищі | | | Поширюються в середовищах та вакуумі | | | | | |

Рис. 1. Шкала пружних, гравітаційно-капілярних та електромагнітних хвиль

носиться до класичної фізики, але де, образно кажучи, абсолютні та відносні величини помінялися місцями.

Можна зробити висновок, що абсолютного часу й абсолютного простору, тобто безвідносності їх до руху матеріальних тіл не існує. Простір і час є формами існування рухомої матерії. Викладене має безпосереднє відношення до формування будь-якої світоглядної складової НКС.

Важливим поняттям кожної НКС є поняття часу, визначальною характеристикою якого є спрямованість від минулого до нинішнього, а далі до майбутнього. Ця проблема до цього часу достатньо не вивчена й у фізиці, й у філософії, а відповідно й її світоглядна спрямованість. Незаперечно, СТВ є світоглядною сучасною фізичною теорією простору і часу. Швидкість світла є граничною швидкістю передачі взаємодії. Ця постійність показує, що причинний зв'язок між явищами не може існувати без певної координатії цих явищ у просторі та часі. Причинно пов'язаними є лише ті явища, які знаходяться у певній просторовій і часовій

залежності.

Світоглядне значення СТВ полягає в тому, що вона теоретично доводить граничність швидкості світла крім експериментально встановленого.

Таке доведення полягає у наступному. Маємо дві події *A* та *B*. Вони будуть зв'язані між собою, коли промінь світла за проміжок часу Δt між цими подіями проходить відстань $l = c \cdot \Delta t$ більшу чи рівну між цими подіями. Інакше такі події не можуть бути пов'язаними між собою через великі відстані між ними та малі проміжки часу між подіями. Тобто якщо просторова відстань *L* між подіями *A* та *B* буде більшою за відстань $l = c \cdot \Delta t$, то існують системи відліку, в яких *A* передре *B* чи *A* та *B* існують одночасно. Якщо припустити, що об'єкт *A* рухається швидше за *c* відносно деякої інерційної системи координат (червона), то в іншій системі координат (зелена) він би рухався назад у часі, що порушує принцип причинності (Каку Michio, 2023).

Так як наукові дослідження вийшли за межі нашої Планети доцільно окреслити властивості

того, що за її межами. В дослідженнях нерідко ототожнюють поняття Метагалактики та Всесвіту. Розглядається поняття розширення, але що саме розширюється Мегагалактика чи Всесвіт? У цьому плані слід уточнити, що таке Всесвіт (видима, досяжна для астрономічних досліджень частина всього), а що таке Метагалактика (містить декілька мільярдів галактик). В. О. Амбарцумян та його послідовники зробили висновок, що в наукових колах нерідко ототожнюється поняття Всесвіту та Метагалактики і заміняють розширення Метагалактики розширенням Всесвіту. Така неоднозначність пояснюється різними поглядами на методи використання математичного апарату теорії тяжіння Ейнштейна. Деякі дослідники зробили теоретично спрощені схеми з розширення «моделі Всесвіту Фрідмана» (а не Метагалактики). Також прийшли до висновку, що близько 10 млрд. років тому Всесвіт мав радіус рівний нулю. Проте дослідженнями доведено, що початковий момент еволюції Метагалактики не є якимось абсолютним нулем початку всього, а є моментом виникнення проторечовини, з якої виникли відомі нам форми матерії, як це видно з моделі Великого вибуху (Fock V.A., 2004).

Ми розглянули гносеологічний зміст поняття часу та простору Архімеда, якою користуються і нині. Проте вчені ввели і поняття фізичного часу та простору, тобто руху від теперішнього до минулого. У цьому плані актуальною є думка В. О. Фока як автора квантової механіки, та його послідовників, які вважають, що до наукового фізичного поняття простору і часу можна підійти, виділивши, шляхом абстракції, співвідношення між подіями матеріального світу просторово-часових сторін.

У загальній теорії відносності час також

є відносним і динамічним пов'язаним із просторовими змінами, що в результаті приводить до чотиримірному простору-часу. Такий простір викривляється при взаємодії з речовиною, сповільнюючи хід часу. Хід часу в різних гравітаційних полях може бути різним. Це означає, що на поверхні Землі час протікає повільніше, ніж та на високій горі, на орбіті. В теоретичній механіці, як і у класичній фізиці час є універсальним і абсолютним, але квантові системи можуть рухатися в різні сторони як вперед, так і назад в часі (рис. 3) (Wong Henry, 2020).

У цьому зв'язку новітні відкриття у природничих дисциплінах ХХ ст. привели вчених до висновку про існування від'ємних фізичних величин, коли процес здійснюється у зворотному напрямку. Започаткував поняття оберненість часу Р. Фейнман. Вчений оперував станами з від'ємною енергією в теорії електронів Дірака, де рух електронів носить зворотній характер за часом подібно позитрону, для якого такий рух є природним (Fock V.A., 2004).

Досить ґрунтовно поняттям від'ємного часу та енергії оперував І. Є. Тамм.

О. О. Соколов, досліджуючи не збереженість парності при слабких взаємодіях, також користувався поняттям зворотності часу.

Таким чином, незаперечно, що інверсія часу в фізичних процесах має місце. Постає проблема більш детально в методиці навчання природничих дисциплін уточнити дане світоглядне поняття, зокрема, під час навчання НКС. Цю проблему в значній мірі можна розкрити здійснивши аналіз структурної моделі стріли часу (рис. 4) (Садовий М.І., Трифонова О.М., 2017). Важливо акцентувати увагу на те, що суспільна свідомість не повинна плутати зворотні процеси у фізиці з ходом часу від минулого до

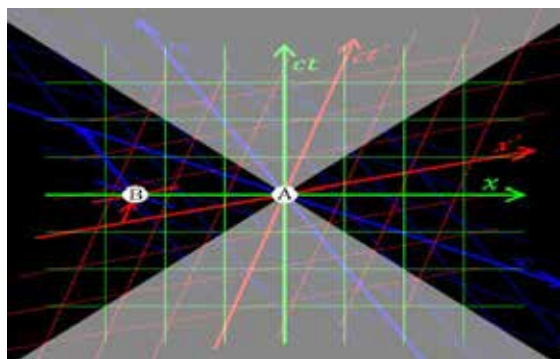


Рис. 2. Обмеженість швидкості світла

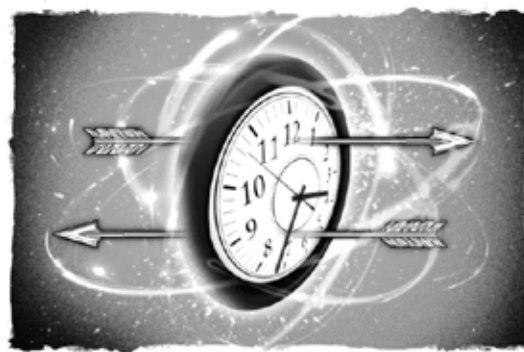


Рис. 3. Напрямки часу в квантовій теорії

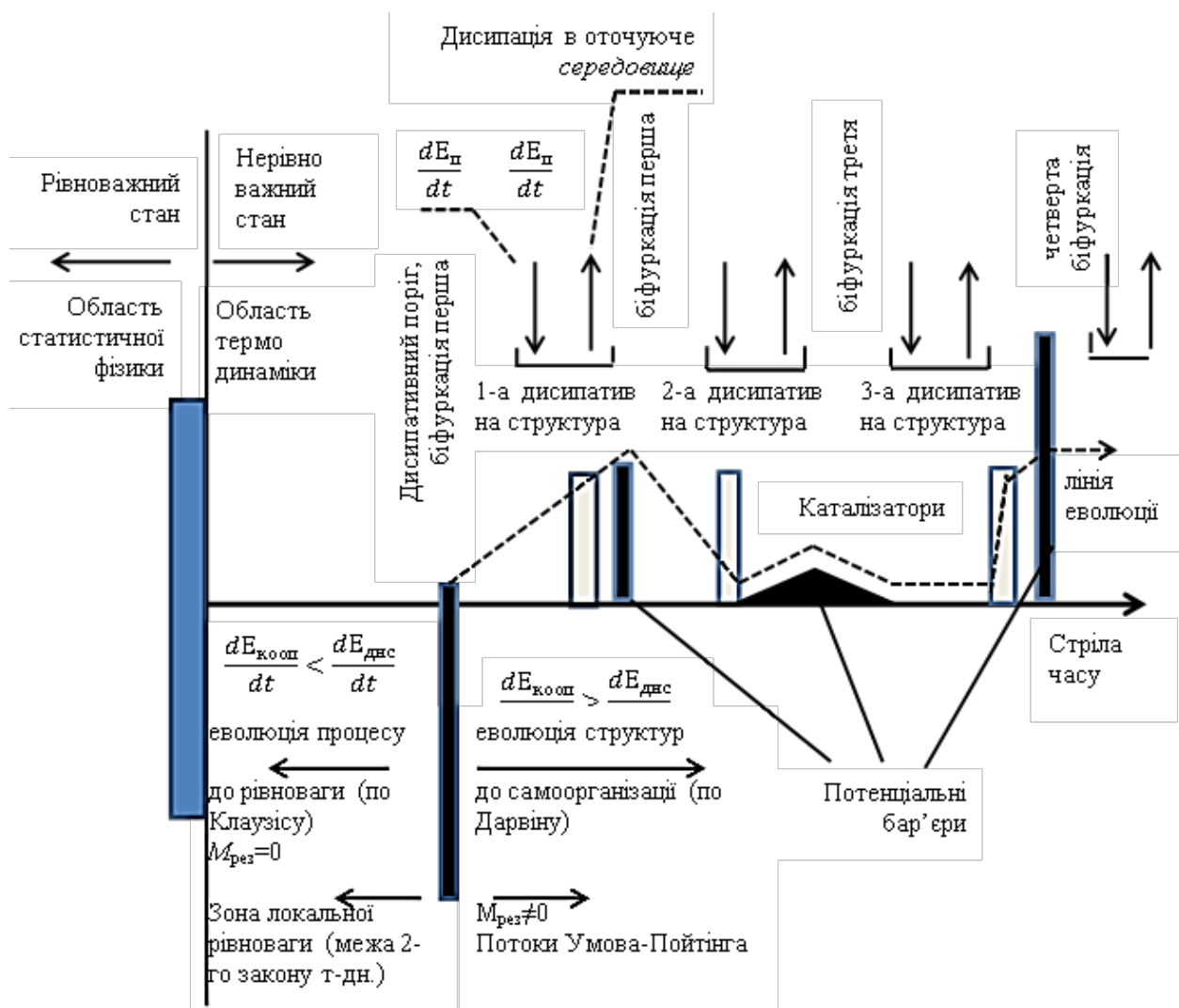


Рис. 4. Структурна схема стріли часу

нинішнього та до майбутнього з гносеологічної точки зору. Якщо при розв'язках рівнянь фізичних моделей заміна t на $-t$ можлива, але тут слід звертати увагу на задання початкових умов.

Поняття зворотності властиве і для фізичних процесів у різних галузях. Фізика та хімія матеріалознавства здавна покликані створювати нові та поліпшувати звичні у практиці матеріали, вдосконалюючи їхні властивості. Таке удосконалення варте увазі, коли воно здійснюється за рахунок знайдення нового результату як у теоретичному, так і у практичному ракурсах.

Для прикладу розглянемо поняття форми пам'яті відкрите у 1949 р. Г. В. Курдюмовим. Сутність процесу в тому, що для деяких сплавів при литті чи гарячому куванні виготовляється певний виріб. Цю форму виріб зберігає за низьких температур. При цьому є характерною критична температура для кожного

сплаву, нижче якої сплав легко деформується. Але якщо деформований виріб дещо нагріти, то він самостійно повертається до попередньої форми (Ефект пам'яті форми, 2017).

Перше промислове впровадження такого матеріалу кріофітінгу для з'єднання трубопроводів військових літаків здійснено у США (Ефект пам'яті форми, 2017).

Нині США, Японія, Бельгія, Німеччина, Франція та ін. впродовж року накопичують близько 5 тонн напівфабрикатів і готових виробів, що виготовлені з металевих сплавів, які володіють ефектом пам'яті форми. Найбільш поширеним є сплавів типу NiTi (Ефект пам'яті форми, 2017).

У 1957 р. Д. В. Сивухін за результатами дослідження поширення електромагнітної хвилі у диспергуючому середовищі з від'ємним значенням діелектричної та магнітної проникності встановив хвильовий вектор розповсюдження

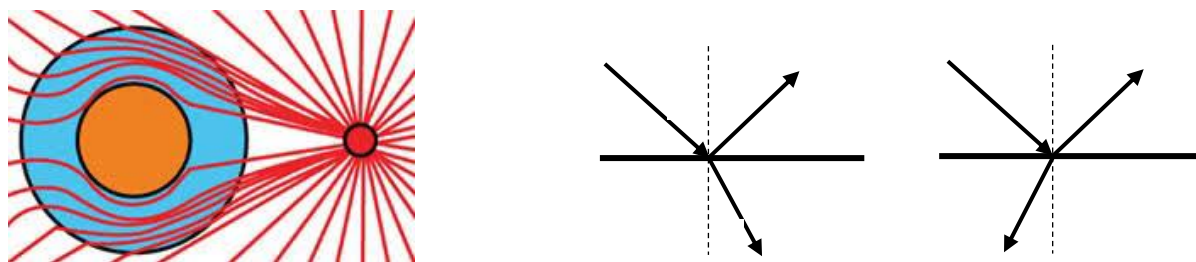


Рис. 5. Модель поведінки речовини з від'ємним показником заломлення

спрямований до межі розподілу протилежно вектору групової швидкості. Отже, у випадку від'ємного заломлення двох променів має бути від'ємна фазова швидкість відносно групової (Fock V.A., 2004; Kaku M., 2004).

Дослідник В. Г. Веселаго у 1967 р. відійшов від традиційно встановленого факту, що діелектрична проникність набуває лише додатніх значень. Із появи антимагнетиків стала відомою від'ємна магнітна проникність. Вчений припустив можливість від'ємної діелектричної проникності, створив схему лінзи для об'ємного зображення великою роздільною здатністю (порядку 200 нанометрів). Плоска плівка речовини з $\epsilon = -1$ та $\mu = -1$ названа лінзою. Вона переносить зображення з однієї точки простору в іншу. В ній немає фокальної площини. Реакція середовища на хвильове збурення складає 1. В цьому випадку від поверхні відсутнє відбиття. Вся енергія падаючої хвилі переходить у заломлюючу хвилю (Veselago V., Braginsky L., Shklover V., Hafner C., 2006).

У підручниках і посібниках при вивченні поширення світла у різних середовищах фазову та групову швидкості описують поверхово без акценту на їхню сутність. Варто звернути увагу на те, що енергія завжди передається в одну сторону від випромінювача. Важливо наголосити, що тиск випромінювання може передаватися по-різному. У вакуумі в одному напрямку. Коли маємо речовину, то може мати місце, що приймач має відчуття притягання випромінювання до нього. Тоді логічно має місце від'ємне заломлення. Раз має місце притягання, то швидкість глянутих проблем.

має зворотній напрямок.

Таким чином, коли речовина має від'ємний показник заломлення, то заломлений промінь буде відхилятися за зворотнім напрямком відносно до звичайного випадку. Тривалий час теоретичні доведення В. Г. Веселаго залишалися незатребуваними. Речовини з від'ємним показником заломлення створили лише у 2000 р. Нині є зразки виробів, коли світло обходить предмет і він стає невидимим (рис. 5).

Канадська компанія «Hyperstealth Biotechnology» запатентувала матеріал Quantum Stealth, який має від'ємний показник заломлення і в результаті перетворює світло так, що предмети, люди стають невидимими (Fock V., 2004).

Висновки і перспективи подальших досліджень. Таким чином, починаючи з середини ХХ століття наукові дослідження дали можливість виготовляти вироби з новими властивостями, відмінними від традиційних. У цьому випадку перед суб'єктами навчання постає завдання здійснити переворот у їхньому світогляді в частині психологічної готовності до сприйняття нових, відмінних від традиційних знань. Ці погляди нерідко можуть мати неймовірний світоглядний вектор близький до протилежного кута точки зору до давно впроваджених і перевіреною практикою наукових, філософських поглядів, які визначають ставлення людини до навколишньої дійсності, до себе, до Планети Земля, до Всесвіту, до Метагалактики. Дослідження варто продовжити в частині більш глибокого вивчення роз-

ЛІТЕРАТУРА:

1. Головка М.В. Становлення та розвиток теорії і методики навчання фізиків України (40-і роки ХVІІ ст. – 30-і роки ХХ ст.): монографія. Київ: Педагогічна думка, 2020. 480 с.
2. Гончаренко С.У. Актуальні проблеми методики фізики. *Наукові записки (КДПУ ім. В. Винниченка)*. Кіровоград, 2010. Вип. 90. С. 76–81.

3. Ефект пам'яті форми. 2017. URL: <https://vikant.com.ua/ua/news/epf> (дата звернення: 27.06.2023).
4. Лебедєв І.К., Ігнатова Л.Р., Махін'ко А.І. Історія науки і техніки. Київ: вид-во КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 128 с.
5. Садовий М.І., Трифонова О.М. Теорія самоорганізації та синергетики у навчанні студентів педагогічних ВНЗ. Кропивницький: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2017. 184 с.
6. Садовий М.І., Трифонова О.М. Історія фізики з перших етапів становлення до початку XXI століття: навчальний посібник для студ. ф.-м. фак. вищ. пед. навч. закл. Вид. 2-ге. Кіровоград: Авангард, 2013. 436 с.
7. Wong Henry. At subatomic level, the past can be the future: quantum researchers URL: <https://www.scmp.com/news/china/science/article/3157459/subatomic-level-past-can-be-future-quantum-researchers> (дата звернення: 27.06.2023)
8. Fock V.A. Selected Works: Quantum Mechanics and Quantum Field Theory 1st Edition by: L.D. Faddeev, L.A. Khal'fin, I.V. Komarov. London, New York, Washington: CRC Press, 2004. 580 p.
9. Kaku Michio Quantum Supremacy: How the Quantum Computer Revolution Will Change Everything. Random House Audio, 2023 (Audiobook)
10. Veselago Victor, Braginsky Leonid, Shklover Valery and Hafner Christian. Negative Refractive Index Materials. *Journal of Computational and Theoretical Nanoscience*, 2006. Vol. 3, p. 1–30.

REFERENCES:

1. Holovko, M.V. (2020) Stanovlennya ta rozvytok teorii i metodyky navchannya fizykyv Ukraini (40-i roky XVII st. – 30-i roky KHKH st.) [*Formation and development of the theory and methodology of teaching physicists in Ukraine (40s of the 17th century – 30s of the 20th century)*]: monohrafiya. Kyiv: Pedahohichna dumka [in Ukrainian].
2. Honcharenko, S.U. (2010) Aktual'ni problemy metodyky fizyky [Actual problems of physics methodology]. *Naukovi zapysky (KDPU im. V. Vynnychenka)*. Kirovohrad, 2010. 90. 76–81 [in Ukrainian].
3. Efekt pam"yati formy [Shape memory effect]. 2017. URL: <https://vikant.com.ua/ua/news/epf> (data zvernennia: 27.06.2023) [in Ukrainian].
4. Lebedyev, I.K., Ihnatova, L.R., Makhin'ko, A.I. (2021) Istoriya nauky i tekhniky [*History of science and technology*]. Kyiv: vyd-vo KPI im. Ihorya Sikors'koho [in Ukrainian].
5. Sadovyi, M.I., Tryfonova, O.M. (2017) Teoriya samoorganizatsiyi ta synerhetyky u navchanni studentiv pedahohichnykh VNZ [*The theory of self-organization and synergy in teaching students of pedagogical universities*]. Kropyvnyts'ky: RVV KDPU im. V. Vynnychenka [in Ukrainian].
6. Sadovyi, M.I., Tryfonova, O.M. (2013) Istoriya fizyky z pershykh etapiv stanovlennya do pochatku KHKHI stolittya [*The history of physics from the first stages of development to the beginning of the 21st century*]: navchal'nyy posibnyk dlya stud. f.-m. fak. vyshch. ped. navch. zakl. Vyd. 2-he. Kirovohrad: Avanhard [in Ukrainian].
7. Wong Henry. At subatomic level, the past can be the future: quantum researchers URL: <https://www.scmp.com/news/china/science/article/3157459/subatomic-level-past-can-be-future-quantum-researchers> (data zvernennia: 27.06.2023) [in English].
8. Fock V.A. Selected Works: Quantum Mechanics and Quantum Field Theory 1st Edition by: L.D. Faddeev, L.A. Khal'fin, I.V. Komarov. London, New York, Washington: CRC Press, 2004. 580 p. [in English].
9. Kaku Michio Quantum Supremacy: How the Quantum Computer Revolution Will Change Everything. Random House Audio, 2023 (Audiobook) [in English].
10. Veselago Victor, Braginsky Leonid, Shklover Valery and Hafner Christian. Negative Refractive Index Materials. *Journal of Computational and Theoretical Nanoscience*, 2006. Vol. 3, p. 1–30 [in English].