

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2022-48-15>

УДК 531.011

Пастернак Роман Михайлович, к.ф.-м.н., доцент

<https://orcid.org/0000-0001-9668-9161>

Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна

КОНСТРУЮВАННЯ РЕЛЯТИВІСТСЬКОЇ МЕХАНІКИ ДИСКРЕТНОЇ МАТЕРІЇ В ЕВКЛІДОВОМУ 4-ПРОСТОРИ

Пастернак Р.М. Конструювання релятивістської механіки дискретної матерії в евклідовому 4-просторі.

У роботі запропоновано використовувати векторні об'єкти механіки в евклідовому 4-просторі замість скалярних у просторі-часі, що значно спрощує як апаратну, так і інтерпретаційну складові теорії. Виявлено, що простір релятивістської механіки містить два взаємодіючих класи об'єктів із різною вимірністю. Виходячи з гіпотези про детальну та інтегральну рівновагу матерії вироблено принципи взаємодії елементарних об'єктів. Введено поняття грубого об'єкта – маршруту – з прозорим фізичним змістом та отримано його рівняння. Подано фізичну інтерпретацію параметрів стану, понять часу та інерції. Досліджено способи вибору інерційних систем відліку у Всесвіті та на основі загальних міркувань розраховано сталу Хаббла.

Ключові слова: релятивістська механіка, елементарний об'єкт, час, простір, інерція.

Pasternak R. Construction of relativistic mechanics of discrete matter in Euclidean 4-space. In the work, it is proposed to use vector objects of mechanics in Euclidean 4 space instead of scalar ones in space-time, which greatly simplifies both the hardware and interpretive components of the theory. It was found that the space of relativistic mechanics contains two interacting classes of objects with different dimensions. Based on the hypothesis of the detailed and integral balance of matter, the principles of interaction of elementary objects were developed. The concept of a rough object - a route - with a transparent physical meaning was introduced and its equation was obtained. A physical interpretation of state parameters, concepts of time and inertia is provided. Methods of choosing inertial frames of reference in the universe were studied and the Hubble constant was calculated based on general considerations.

Keywords: relativistic mechanics, elementary object, time, space, inertia.

Вступ. Серед багатьох фізичних теорій механіка продовжує відігравати визначальну роль. На даний час співіснує ряд неоднакових за своїми можливостями та математичним апаратом теорій, в основі яких лежать поняття матерії, простору та часу. Так, релятивістська механіка Мінковського (РММ) моделює рух тіл у неоднорідному багатозв'язному просторі-часі, що містить три різних за своїми властивостями області: матерії, світла і тахіонів. Якщо світло не є об'єктом дослідження РММ (область світла нульова), то з областю тахіонів є проблеми, адже у цьому випадку може порушуватись закон збереження енергії – випромнене чи поглинуте в підсвіті тахіонів світло для підсвіту матеріальних об'єктів не матиме породжуючої причини. В природі такі процеси не зареєстровані, тому можна було б скористатись одним із пояснень: або підсвіт тахіонів порожній, або РММ у тій частині, що стосується тахіонів, неповна. Одну із вдалих паліативних спроб відійти від використання простору-часу Мінковського здійснив П. Дірак [1] при побудові релятивістського рівняння руху електрона.

Формулювання завдання. Метою даної роботи є спроба вибудувати конструкцію механіки дискретних об'єктів у евклідовому 4-просторі та подання інтерпретації основних понять і зв'язків лише на основі гіпотез про незнищимість та загальні властивості існування матерії.

1. Стохастична механіка елементарних об'єктів

1.1. Простір елементарних механічних об'єктів. Принципи рівноваги матерії.

Елементарні об'єкти механіки (ЕМО) означуватимемо N -вимірним вектором \vec{H} (параметром стану). Ще з часів І. Ньютона апарат механіки вибудовувався на основі векторної алгебри, а П. Дірак поширив цей підхід і на апарат релятивістської хвильової механіки, увівши 4-вимірну векторну Ψ -функцію (біспінор) [1] у гільбертовому просторі.

Приписування простору тих чи інших якостей – апаратна сторона виключно самої моделі. Ізотропність простору в межах орбіти Землі показали досліди Кеннеді і Торндайка [2], а його однорідність впливає з досліду Бредлі [2], адже ефект астрономічної аберації проявляє себе однаково як для зірок, що знаходяться на різних віддальх від Землі, так і під різними кутами на небесній сфері. Саме з цих міркувань при побудові механіки використовуватимемо евклідовий простір, усі координати якого рівноправні.

ЕМО – об'єкт елементарний. Він не має внутрішньої структури, тому виявити його можна лише в процесі взаємодії з іншим ЕМО. Місце взаємодії декількох ЕМО називатимемо вузлом

взаємодії. Вузли взаємодії об'єднані вітками у граф взаємодій. Метричні характеристики віток не залежать від параметра стану ЕМО.

В основу запропонованої механіки покладено наступні гіпотези:

А. Принцип детальної рівноваги матерії: не існує внутрішніх причин зміни параметра стану ЕМО.

Цей принцип поширюється і на вузли взаємодії, де його слід трактувати як незмінність векторної суми параметрів стану всіх ЕМО (до та після взаємодії):

$$\sum_i \vec{H}_i = 0. \quad (1)$$

Іншими словами: для довільної точки простору проекції результуючих векторів \vec{H} на будь-який напрям нерозривні, а вітки ЕМО прямолінійні.

В. Принцип інтегральної рівноваги матерії: параметри стану \vec{H} не мають ні стоків, ні витоків.

Даний принцип поширюється і на вузли взаємодії. Для спрощення викладу модуль вектора \vec{H} надалі називатимемо енергією ЕМО і позначатимемо H . Енергії ЕМО для віток, що входять у вузол взаємодії, умовно вважатимемо додатними, а для віток, що з вузла виходять – від'ємними. Принцип інтегральної рівноваги означає, що алгебрична сума енергій усіх ЕМО у довільному вузлі взаємодії дорівнює нулю:

$$\sum_i H_i = 0. \quad (2)$$

1.2. Види вузлів взаємодії. Розглянемо моделі різних вузлів взаємодії як наслідок наведених принципів.

А. Реалізація тривіткового вузла в евклідовому просторі неможлива. Дійсно, для випадку взаємодії двох ЕМО з параметрами стану \vec{H}_1 та \vec{H}_2 , результатом якої був би третій ЕМО з параметром стану \vec{H}_3 , повинні б виконуватися умови:

$$\vec{H}_1 + \vec{H}_2 = \vec{H}_3; \quad H_1 + H_2 = H_3. \quad (3)$$

Незалежно від значень \vec{H}_1 , \vec{H}_2 та \vec{H}_3 , сумісне виконання умов (3) в евклідовому просторі можливе лише у випадку, коли три вектори лежать на одній прямій. Беручи до уваги атомарність ЕМО доходимо висновку, що такий випадок не реалізується.

Більш важливими є зворотні висновки:

а) ЕМО стабільні. Розгалуження вітки можливе лише внаслідок дії інших ЕМО;

б) вузол утворюють не менше чотирьох ЕМО (віток).

В. Планарна реалізація чотиривіткового вузла неможлива. Без обмеження загальності розглянемо випадок, коли у вузол взаємодії входить два ортогональних ЕМО з параметрами стану \vec{H}_1 та \vec{H}_2 і покидає два ЕМО з параметрами стану \vec{H}_3 та \vec{H}_4 . Виходячи з принципів детальної та інтегральної рівноваг матерії можна показати, що вектори \vec{H}_3 та \vec{H}_4 лежать на твірних конусів із кутами розкриття α і β (рис. 1), де

$$1 - \cos \alpha = \frac{H_1(H_2 - H_4)}{H_2 H_4}. \quad (4)$$

Нагадаємо, що А. Комптон [2] вивів аналогічну до (4) формулу для кута розсіяння X-променів на нерухомих електронах, виходячи із законів збереження імпульсу та енергії.

С. Розглянемо п'ятивітковий вузол дисипативної взаємодії, зображений на рис. 2. Для нього $\vec{H}_3 = \vec{H}_1 + \vec{H}_2$. Увівши умову, що $\vec{H}_5 = -\vec{H}_4$, вибором величини H_4 можна добитися виконання умови інтегральної рівноваги матерії:

$$H_1 + H_2 = H_3 + 2H_4. \quad (5)$$

Тут $2H_4 = \sqrt{H_1^2 + H_2^2} - H_3$. Особливістю такого вузла взаємодії є недоозначеність вибору напрямів векторів \vec{H}_4 та \vec{H}_5 .

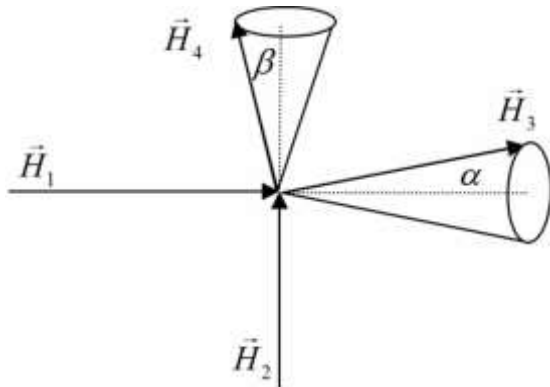


Рис. 1. Модель 4-віткового вузла

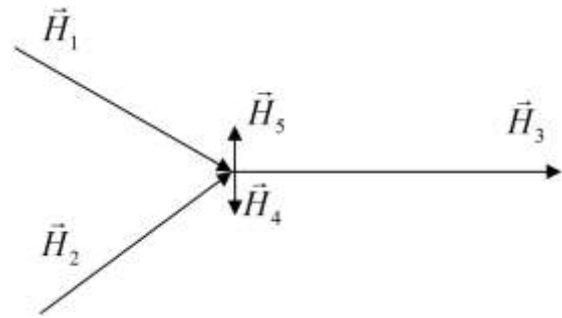


Рис. 2. Модель 5-віткового вузла

Незалежно від виду вузла взаємодії використання названих принципів породжує недетерміновану механіку з простором ЕМО, вимірність якого не менша трьох. Оскільки стохастичність елементарних процесів підтверджена експериментально і введена в ранг законів (II принцип термодинаміки чи II принцип квантування М. Борна), не варто шукати шляхів для її усунення. Основна проблема полягає у встановленні вимірності простору та виробленні механізму формування вузлів взаємодії ЕМО.

1.3. Опорний напрям. Квантування опорної складової ЕМО. При побудові механіки необхідно співвіднести параметри стану ЕМО зі світом реальних частинок та їхньою взаємодією. По-перше, у природі існує два суттєво різних класи частинок – ферміони та бозони. По-друге, речовину поділяють на матерію та антиматерію. По-третє, експериментально підтвердженням є факт існування власної енергії частинок, строго визначеної для кожного їхнього типу.

Викладені тези накладають додаткові обмеження на властивості ЕМО. Ми допускаємо, що крім трьох встановлених вище просторових координат у елементарних об'єктах існує четверта специфічна координата (пов'язана з властивостями матерії у Всесвіті), вісь якої \vec{L} ортогональна до трьох інших. Увівши поняття одиничного вектора $\vec{\pi}$ напрямку вздовж осі \vec{L} та одиничного вектора $\vec{\tau}$ напрямку параметра стану $\vec{H} = H\vec{\tau}$, усі ЕМО поділятимемо на три класи за знаком скалярного добутку цих векторів:

$$\text{sign}(\vec{\tau}, \vec{\pi}) = \begin{cases} +1 & \text{речовина;} \\ 0 & \text{нейтральний стан;} \\ -1 & \text{антиречовина.} \end{cases} \quad (6)$$

До нейтральних станів належать бозони (фотон та гіпотетичні глюони Стандартної моделі [1]). Важливо, що в ЕМО-бозонів відсутня складова уздовж опорного напрямку, натомість в ЕМО-ферміонів ця складова обов'язково присутня. (Слід зауважити, що бозонами можуть бути і зв'язані стани ферміонів, про які тут мова не іде, адже вони не є елементарними об'єктами).

Скалярний добуток $(\vec{\tau}, \vec{\pi}) = \cos \alpha$ задає косинус кута α (кут аберації) між напрямком параметра стану та віссю \vec{L} . Складову H_0 параметра стану \vec{H} уздовж опорного напрямку називатимемо власною (ферміонною) складовою енергії ЕМО:

$$H_0 = H(\vec{\tau}, \vec{\pi}). \quad (7)$$

Виходячи зі сказаного два перших принципи доповнюємо третім:

С. Принцип недисипативності: складові вектора \vec{H} уздовж опорного напрямку квантуються. У найпростішому випадку релятивістської механіки $H_0 = \text{const}$.

Принцип недисипативності не забороняє породження нових пар ЕМО, що представляють матерію, антиматерію чи нейтральні стани. На рис. 3 наведено схему шестивіткового вузла, що допускає породження додаткових пар ЕМО. Тут два ЕМО з параметрами стану \vec{H}_1 та \vec{H}_2 зіштовхуються, втрачають енергію до H_3 та H_4 , задовольняючи принцип інтегральної рівноваги $H_1 + H_2 = H_3 + H_4 + H_5 + H_6$ (принцип детальної рівноваги матерії теж виконується:

$\vec{H}_1 + \vec{H}_2 = \vec{H}_3 + \vec{H}_4$; $\vec{H}_5 + \vec{H}_6 = 0$). У вузлі породжується пара нових ЕМО \vec{H}_5 (антиречовина) та \vec{H}_6 (речовина). На приведеній схемі вважається, що опорний напрям проходить саме через новопороджені ЕМО. Оскільки реальні елементарні частинки характеризуються рядом інших параметрів стану, аналіз процесів їх породження та перетворення виходить далеко за межі простих механічних трактувань.

2. Грубі об'єкти механіки

2.1. Маршрут. Поняття часу. ЕМО унікальні та існують лише від одного вузла взаємодії до іншого; будувати ж розрахункову модель для направлено випадкового графа взаємодії багатьох ЕМО – задача непосильна. Особливістю матерії у Всесвіті є те, що ЕМО часто групуються в конгломерати, утворюючи самоузгоджені трубки ЕМО (атоми, тіла, зоряні системи, галактики). Якщо на умовно малій довжині $\Delta\eta$ в об'ємі трубки ЕМО знаходиться умовно велика кількість ЕМО, то шляхом усереднення (незалежно від типів вузлів взаємодії) можна представити елемент трубки грубим об'єктом. Як стверджував І.Р. Пригожін [3], для грубих об'єктів можна будувати оборотні та детерміновані моделі.

У випадку, коли площу поперечного перерізу трубки ЕМО вважають малою, саму трубку можна представити лінією. За наявності зовнішніх впливів ця лінія буде гладкою лише у випадку, коли на кожній довільній умовно малій ділянці $\Delta\eta$ трубки ЕМО сумарне значення H_3 зовнішніх впливів мале порівняно із сумарним значенням енергій елементів трубки ЕМО:

$$H_3 = \left| \sum_{\Delta\mu} \vec{H}_i^{\text{зовнішнє}} \right| \ll \left| \sum_{\Delta\mu} \vec{H}_j^{\text{трубки}} \right| = H. \quad (8)$$

Отже, виключаючи зовнішні впливи та не вдаючись у деталізацію процесів, що відбуваються на ділянках $\Delta\eta$ трубки ЕМО, введемо поняття домінуючого об'єкта – маршруту, який будемо моделювати гладкою кривою рис. 4. Маршрут, як одну з випадкових реалізацій трубки ЕМО, у кожній точці характеризуватимемо вектором $\vec{H} = H\vec{\tau}$, де $\vec{\tau}$ – одиничний вектор дотичної.

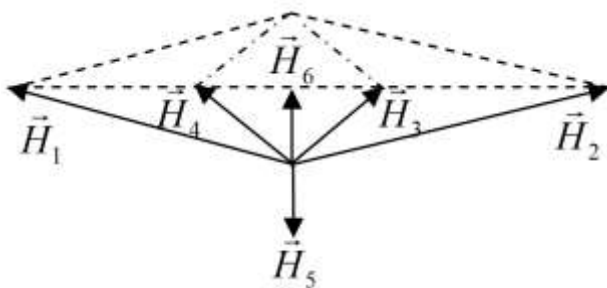


Рис. 3. Схема вузла з породженням частинок

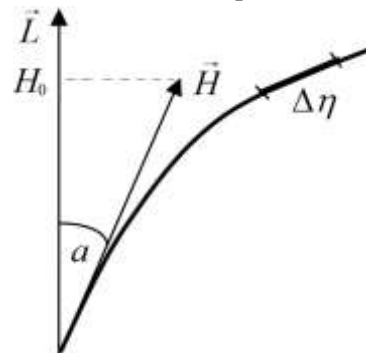


Рис. 4. Маршрут та опорний напрям

Парадигма кожної фізичної теорії опирається на інтерпретаційну складову, що розкриває внутрішню сутність моделі. Центральним поняттям механіки грубих об'єктів є час, що характеризує послідовність змін явищ та станів матерії. Для маршруту послідовність зміни явищ та станів зосереджені саме на його елементах, тому поняття проміжків часу $d\mathfrak{T}$, будемо кореспондувати саме їм пропорційно до довжини $d\eta$ маршруту:

$$d\eta = cd\mathfrak{T}. \quad (9)$$

За коефіцієнтом c зберігаємо звичну назву – фундаментальна швидкість. Оскільки ЕМО, що моделюють фотони, є бозонами (параметри стану бозонів ортогональні до опорного напрямку), тому фундаментальна швидкість c точно збігається зі швидкістю світла у вакуумі.

Маршрут – грубий об'єкт, для якого час оборотний та детермінований. Оскільки дві довільні точки 4-простору можна з'єднати маршрутами різної довжини, проміжки часу не є абсолютними. У малому, внаслідок випадковості елементарних процесів взаємодії ЕМО на елементах маршруту, хід часу напрямлений і незворотний.

2.2. Вимірність простору механіки. Фізичні міркування про те, що вимірність простору механіки повинна бути більшою двох та меншою чотирьох, можна знайти в [1]. З іншого боку, на

4-вимірність простору вказує лоренц-інваріантність рівнянь руху релятивістської механіки чи апарату квантової механіки П. Дірака, що використовує гіперкомплексні числа Кліффорда (вимагають парної вимірності простору). Наведені висновки щодо 3- та 4-вимірності простору механіки зовсім не суперечать один одному, – вони лише вказують на наявність у ньому двох класів об'єктів з різними властивостями.

Складові маршруту в підпросторі нейтральних станів можуть зазнавати неперервних змін. Ці зміни можна спостерігати, тому називатимемо ці складові спостережуваними. Зміни параметра стану уздовж опорного напрямку квантуються. У найпростішому випадку релятивістської механіки $H_0 = const$, тобто зміни уздовж опорного напрямку взагалі неможливі, отже вони будуть неспостережуваними.

Наголосимо, що поділ евклідового 4-простору на два підпростори – це наслідок виключно поділу ЕМО на класи ферміонів та бозонів. Включати четвертий вимір релятивістської механіки в уявну координату простору-часу Мінковського чи використовувати її як безпосередньо неспостережувану – не лише апаратне рішення. Використання евклідового 4-простору дозволяє спростити інтерпретацію фізичних понять, включити у розгляд світло та усунути вихолощені з фізичного змісту тахіони. Важливим експериментальним підтвердженням такого вибору вважаємо наявність поздовжньої поляризації зі ступенем $\sin \alpha$ у частинок, що породжуються в слабких взаємодіях [1] (цей результат можливий лише за умови, коли спіни частинок направлений уздовж їхнього маршруту в евклідовому 4-просторі).

2.3. Геометрія маршруту. Якщо на маршрут діють зовнішні впливи \vec{H}_3 з середньою лінійною густиною \vec{F} на одиницю його довжини, то зазнаватиме змін і вектор стану \vec{H} . За умови термодинамічної рівноваги

$$\frac{d\vec{H}}{d\eta} = -\frac{d\vec{H}_3}{d\eta} = \vec{F}. \quad (10)$$

4-вектор \vec{F} називатимемо силою. Оскільки змінюватися може як величина, так і напрям \vec{H} , перепишемо (10) із використанням формули Френе:

$$\vec{F} = \frac{d(H\vec{\tau})}{d\eta} = \frac{dH}{d\eta} \vec{\tau} + HK \vec{n}. \quad (11)$$

Тут K – головна кривина маршруту, а \vec{n} – одиничний вектор головної нормалі до маршруту.

Кожній ділянці маршруту можна приписати механічні змінні: постійну за величиною 4-вимірну швидкість

$$\vec{V} = \frac{d\eta}{d\mathfrak{S}} \vec{\tau} = c\vec{\tau} \quad (12)$$

та залежне від головної кривини K маршруту 4-вимірне пришвидження

$$\vec{A} = \frac{d\vec{V}}{d\mathfrak{S}} = c^2 K \vec{n}. \quad (13)$$

Із використанням позначень (12) та (13) перепишемо рівняння (11) маршруту в термінах механіки:

$$\vec{F} = \frac{dH}{c^2 d\mathfrak{S}} \vec{V} + \frac{H}{c^2} \vec{A}. \quad (14)$$

Домножуючи (скалярно) рівняння (14) на \vec{V} , отримуємо вираз для обчислення швидкості змін енергії елементів маршруту:

$$\frac{dH}{d\mathfrak{S}} = (\vec{F}, \vec{V}). \quad (15)$$

Тут враховано, що вектори \vec{V} та \vec{A} ортогональні, тому скалярний добуток 4-пришвидження та 4-швидкості завжди дорівнює нулю. Із врахуванням (15) рівняння (14) маршруту набуде вигляду:

$$\frac{H}{c^2} \vec{A} = \vec{F} - \frac{1}{c^2} (\vec{F}, \vec{V}) \vec{V}. \quad (16)$$

3. Системи відліку

3.1. Інтерпретація параметра стану маршруту. Основними характеристиками матеріальної точки в механіці вважають її енергію E та імпульс \vec{p} . Енергію матеріальної точки найчастіше пов'язують з її масою m , яка відповідно до гіпотези А. Айнштейна [2], пропорційна до енергії:

$$E = mc^2. \quad (17)$$

Для світла, а воно поширюється виключно у спостережуваному підпросторі, гіпотеза М. Планка [2] вказує, що енергія пропорційна до хвильового числа k

$$E = \hbar ck, \quad (18)$$

де \hbar – квант дії.

У позачасовому представленні маршрут будемо ототожнювати з поняттям матеріальна точка, а його спостережувану складову – із траєкторією матеріальної точки. Висунувши гіпотезу, що $E = H$, можна поширити формулу (18) і на параметр стану. Оскільки в загальному випадку вектор \vec{H} може мати і неспостережувані компоненти, гіпотезу М. Планка не можна застосовувати безпосередньо. У цьому випадку скористаємося формулою Л. де Бройля [1], що пов'язує імпульс \vec{p} частинки з хвильовим вектором \vec{k} . Оскільки 4-простір механіки евклідов, формула Л. де Бройля повинна виконуватися незалежно для кожної з його складових. Розширивши поняття імпульсу на 4-простір

$$\vec{P} = m\vec{V} = \frac{1}{c}\vec{H}, \quad (19)$$

поширимо на 4-простір формулу де Бройля:

$$\vec{H} = \hbar c\vec{k}. \quad (20)$$

Підкреслимо, що формула (19) вирішує також основну трудність релятивістської квантової механіки – лінійну залежність гамільтоніана Дірака від імпульсу; натомість для світла формула (20) є лише частковим випадком зв'язку (18).

У механіці маршрутів перелічені вище гіпотези А. Айнштейна, М. Планка та Л. де Бройля не вважають самостійними законами, а пов'язують лише з інтерпретацією показів вимірювальних приладів, включаючи і ефект А. Комптона [2] (різноманіття трактувань зумовлене лише історичним ходом розвитку технічних засобів вимірювань). При послідовному викладі $\hbar = c = 1$, тоді параметр стану, хвильове число та імпульс маршруту збігаються, маса та енергія стають тотожними, а умови (1) та (2) детальної та інтегральної рівноваги матерії відповідають експериментально встановленим законам збереження імпульсу та енергії замкненої системи тіл. Важливо підкреслити, що для вказування одиниць вимірювання усіх механічних величин достатньо лише метрики простору.

3.2. Інерційні системи відліку. Хоча поняття інерції використовував ще Й. Кеплер [2], воно і досі до кінця не розроблене. Із рівняння (14) маршруту випливає, що за відсутності зовнішніх впливів вектор \vec{V} не змінюється – маршрут є прямим. Тобто основною причиною класичного поняття інерції є векторний характер маршруту.

Вибір системи відліку Σ ми пов'язуємо з наявністю однорідного векторного поля $\vec{\tau}_\Sigma$, уздовж якого ніколи не діють жодні сили:

$$(\vec{F}, \vec{\tau}_\Sigma) = 0. \quad (21)$$

Тут $\vec{\tau}_\Sigma$ – 4-вимірний векторна одиниця. Умова (21) вказує, що серед компонент вектора стану в системі відліку є такі, що ніколи не змінюються. У спеціальній теорії відносності, де відсутні будь-які взаємодії, ця умова задовольняється завжди; у загальному випадку умова (21) накладає обмеження на перехід від однієї системи відліку до іншої.

Оскільки частина маршруту може містити неспостережувану компоненту, розроблено спеціальні пристрої для вимірювання елементів його довжини – годинники. Годинник є невід'ємною матеріальною складовою системи відліку і показує час t системи Σ . Зважаючи на однорідність та ізотропність простору ЕМО, відповідно до (9) темп ходу часу однаковий для довільного маршруту, тому в рівнянні (16) можна використовувати і хід часу t системи Σ . Якщо на годинник не діють жодні зовнішні сили, таку систему відліку називатимемо інерційною.

В інерційній системі відліку компоненти параметра стану та механічних змінних маршруту можна представити через спостережувані та неспостережувані складові:

$$\vec{F} = \begin{vmatrix} \vec{f} \\ 0 \end{vmatrix}; \vec{V} = \begin{vmatrix} \vec{v} \\ v_{\Sigma} \end{vmatrix}; \vec{A} = \begin{vmatrix} \vec{a} \\ a_{\Sigma} \end{vmatrix}. \quad (22)$$

Тут \vec{f} , \vec{v} , \vec{a} – спостережувані, v_{Σ} , a_{Σ} – неспостережувані компоненти. За такого розкладу вираз (15) отримує вигляд

$$dE = (\vec{f}, \vec{v}) dt, \quad (23)$$

що точно збігається зі старанно перевіреною формулою Ж. Понселе [2] для механічної роботи. У свою чергу, рівняння (16) маршруту можна розділити на складові відповідно для спостережуваного (простору Галілея) та неспостережуваного підпросторів:

$$m\vec{a} = \vec{f} - \frac{1}{c^2} (\vec{f}, \vec{v}) \vec{v} \quad (24)$$

$$ma_{\Sigma} = -\frac{1}{c^2} (\vec{f}, \vec{v}) v_{\Sigma}. \quad (25)$$

Рівняння (24) збігається з добре перевіреним експериментально релятивістським рівнянням руху матеріальної точки. Додамо, що закони релятивістської механіки матеріальних об'єктів можна записувати у будь-якій формі відносно довільних із перелічених у (17) - (20) змінних.

Оскільки уздовж напрямку $\vec{\tau}_{\Sigma}$ не діють жодні сили, складові будь-якого з параметрів стану на цей напрям не можуть змінюватися. Наприклад, для маси отримаємо старанно перевірене співвідношення:

$$m_{\Sigma} = m(\vec{\tau}, \vec{\tau}_{\Sigma}) = m\sqrt{1 - v^2/c^2} = const. \quad (26)$$

3.3. Локальність інерційних систем відліку у Всесвіті. Найпоширеніша теорія будови і розвитку Всесвіту базується на гіпотезі Великого Вибуху [2], відповідно до якої опорні напрями Всесвіту є сферично-симетричним у гіперпросторі.

Встановлена на основі астрономічних спостережень формула Хаббла [2]

$$v = H r, \quad (27)$$

де H – стала Хаббла, пов'язує швидкість v космологічного розбігання зоряних скупчень та галактик із відстанню r до них. Відповідно до вибраної системи відліку, коли поле $\vec{\tau}_{\Sigma}$ колінеарне \vec{L} , величина r має зміст просторово-часового інтервалу, а d – відстані до цих об'єктів у 3-просторі Галілея, що обчислюється так:

$$d = r \cos \alpha. \quad (28)$$

На рис. 5 подано графічну інтерпретацію відрізків r , d та кута α . (Побудова малюнка виконана з урахуванням правила ортогональності напрямку поширення фотонів відносно опорного напрямку випромінюючого об'єкта). Оскільки

$$\sin \alpha = \frac{r}{\ell} = \frac{v}{c}, \quad (29)$$

із порівняння (27) та (29) знаходимо:

$$H = \frac{c}{\ell}. \quad (30)$$

Підставляючи числові значення, отримуємо $H = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{М}}{\text{с}}}{4,05 \cdot 10^9 \text{ пс}} = 0,0746 \frac{\text{М/с}}{\text{пс}}$, що добре узгоджується з експериментально отриманим $H = (74,2 \pm 0,12) \text{ (км/с)/Мпа}$ [4].

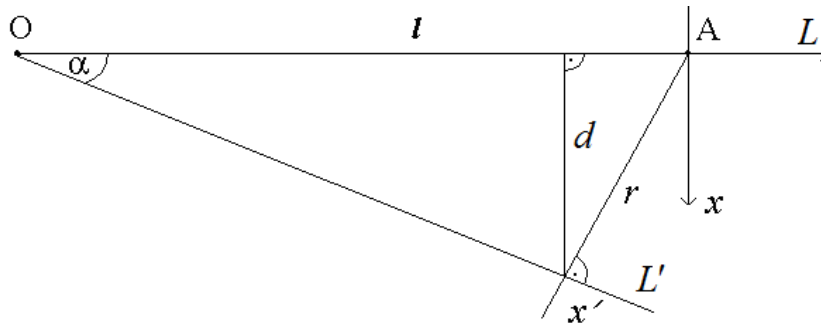


Рис. 5. Ілюстрація опорних напрямів у моделі Великого Вибуху

Відхилення порахованого значення H від експериментально знайденого може бути зумовлене як похибкою визначення відстані ℓ до центра симетрії Всесвіту, так і кривиною ліній опорних напрямів L . Проведене [5] спостереження метагалактичних джерел радіохвиль показало, що випромінювання останніх поляризоване по колу, причому перехід до спостереження протилежної частини небосхилу призводить до зміни правої поляризації на ліву. Автори [5] пояснюють такий результат обертанням Всесвіту з циклічною частотою $\omega_M = 10^{-13}$ рад/рік. У механіці маршрутів такий результат можна пояснити відхиленням зображених на рис. 5 опорних ліній L від прямих. Проведені обчислення показують, що радіус R їх кривини в околі нашої Галактики перевищує 10^{12} пс, тобто в тисячу разів більший інтервалу ℓ до центра симетрії Всесвіту [4]. Отже, використання прямих опорних ліній L на рис. 5 не викликає серйозних заперечень (по крайній мірі поза невеликим околom центра симетрії Всесвіту).

У 4-просторі Всесвіту існування однорідного векторного поля \vec{v}_Σ у принципі є неможливим. Однак, при паралельному перенесенні системи відліку у незначних межах (наприклад, уздовж нашої Галактики з поперечником у 30 кпс), кут відхилення опорних ліній L та L' не перевищуватиме 10^{-8} рад = $0'',002$. Хоча такою похибкою можна знехтувати, однак у принципі поняття інерційної системи відліку у Всесвіті носить локальний характер.

Висновки. Зосереджено увагу на розгляді поведінки та взаємодії двох різних типів механічних об'єктів – ферміонів та бозонів. Запропонований перехід до евклідового 4-простору з використанням векторних об'єктів замість скалярних у просторі-часі дозволив здійснити трактування понять інерції, часу, матерії і антиматерії. Експериментально підтвердженими є отримані аналітично рівняння руху, формула для обчислення змін енергії та значення сталої Хаббла. Особливо слід відзначити, що у пропонованій механіці замість трьох незалежних одиниць вимірювання (довжини, часу та маси) достатньо знання лише метрики простору.

Список бібліографічного опису

1. Вакарчук І. О. Квантова механіка. – Л.: ЛНУ ім. Івана Франка, 2012. – 872 с.
2. Кудрявцев П.С. История физики. М.: Просвещение, т.3, 1971. – 422 с.
3. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. М.: Прогресс, 1986. – 752 с.
4. Засов А. В., Постнов К. А. Общая астрофизика. – М.: ВЕК 2, 2006. – 496 с.
5. Birch P. Is the Universe rotating? Nature, 1982, v.298, p.451 - 454.

References

1. Vakarchuk I. O. Quantum Mechanics. - L.: LNU named after Ivan Franko, 2012. - 872 p.
2. Kudryavtsev P.S. History of physics. M.: Enlightenment, vol. 3, 1971. - 422 p.
3. Prigogine I., Stengers I. Order out of chaos. Moscow: Progress, 1986. – 752 p.
4. A. V. Zasov and K. A. Postnov, General Astrophysics. – M.: VEK 2, 2006. – 496 p.
5. Birch P. Is the Universe rotating? Nature, 1982, v.298, p.451 - 454.