

Р. Пастернак

Луцький національний технічний університет

ПЕРЕВІРКА СУМІСНОСТІ ПРИНЦИПІВ СПЕЦІАЛЬНОЇ ТЕОРІЇ ВІДНОСНОСТІ

Апарат спеціальної теорії відносності (СТВ) є основою досліджень як мікро-, так і мегасвіту [1]. Астрономічні спостереження останніх років та розрахунки відповідно до Λ CDM-моделі Всесвіту [2] виявили нові різновиди матерії – темні, засоби опису яких в апараті простору-часу відсутні. Шляхом прецизійних вимірювань анізотропії космічного мікрохвильового фону (КМФ) Дж. Смут [3] надійно зареєстрував у Галактиці виділений напрям [4]. Додаткового вивчення вимагає порушення в ньютоніподібній СТВ принципу А. Ейнштейна еквівалентності маси та енергії частинок. Результати названих досліджень можуть вказувати на надлишковість (чи розширене трактування) окремих постулатів СТВ. Перевірка названих розбіжностей і є основною метою даної роботи.

У роботі [5] представлено порівняння апарату СТВ з тестовими теоріями (включаючи теорії Робертсона та Мансурі-Секста), що допускають розширення перетворень Лоренца [1] додатковими параметрами. Виявилось, що використані ними теорії нічим не відрізняються від СТВ. При побудові релятивістської хвильової механіки П. Дірак показав [6], що адекватним релятивістській механіці є 4-вимірний простір імпульсів частинок, тому в [7] запропоновано іншу методику тестування СТВ – в евклідовому 4-просторі, що має засоби опису як темних різновидів матерії так і виділеного напрямку.

Причиною несумісності апарату СТВ з принципом еквівалентності маси та енергії виявилась низька вимірність простору імпульсів частинок. Для обґрунтування такого висновку розвинуто апарат релятивістської механіки в 4-просторі. Виявлено обмеження, що накладаються законом збереження енергії на принцип суперпозиції імпульсів частинок та звернено увагу на недетермінованість взаємодії частинок. Введено поняття непланарного дисипативного вузла взаємодії, без використання якого неможливо будувати апарат динаміки в евклідовому просторі. Враховано унікальність в релятивістській механіці виділеної системи відліку та властивостей темних частинок матерії і енергії. Встановлено, що використання принципу загальної коваріантності призводить до різного ходу часу в різних системах відліку.

Ключові слова: принцип відносності, ранг частинок, непланарність взаємодії частинок.

R. Pasternak

CHECKING THE COMPATIBILITY OF THE PRINCIPLES OF THE SPECIAL THEORY OF RELATIVITY

The apparatus of the special theory of relativity (SR) is the basis for the study of both micro- and mega-world [1]. Astronomical observations and calculations, including the Λ CDM-model of the Universe [2], have revealed new types of matter - dark matter, which have no means of description in space-time. By means of precision measurements of the anisotropy of the cosmic microwave background (CMB), J. Smoot [3] reliably registered an unobservable directly distinguished direction in the Galaxy [4]. Additional study requires the violation of the principle of equivalence of by A. Einstein of the mass and energy particles in SR. Based on the results of these studies, one can assume the redundancy (or a broader interpretation) of some of the postulates of the SR, the re-verification of which is the purpose of this work.

The paper [5] presents a comparison between the SR apparatus and test theories (including the Robertson and Mansouri-Sext theories), which are an extended Lorentz transformation [1] with additional parameters. It turned out that the theories used did not in any way dispute the SR. With the help of relativistic wave mechanics, P. Dirac showed [6] that the 4 momentum space of particles is adequate to relativistic mechanics. In [7], the approach proposed by P. Dirac was extended to another method for checking SR – in Euclidean 4 space, in which directly unobservable particles can also be described. It is shown that the reason for the discrepancy between the SR apparatus and the equivalence principle is the low dimension of the momentum space. Restrictions imposed by the law of conservation of energy on the principle of superposition of particle momentum are revealed, and the indeterminacy of particle interaction is pointed out. The uniqueness in relativistic mechanics of the selected reference system and the properties of dark particles of matter and energy is taken into account. It is shown that the use of the principle of general covariance leads to a different course of time in different frames of reference. The concept of a non-planar dissipative interaction node is introduced, without which it is impossible to build a dynamic apparatus in Euclidean space.

Key words: principle of relativity, rank of particles, non-planar interactions.

1. Простір 4-імпульсів.

1.1. Принцип Дірака. Основною характеристикою частинок у механіці є їхні імпульси, питання вимірності яких досі дискутується [1]. При побудові апарату релятивістської хвильової механіки П. Дірак запропонував замість 3-імпульсу \vec{P} частинок використовувати такий вектор імпульсу $\vec{\bar{P}}$ (кватерніон), норма P якого пропорційна енергії E частинки [6] (принцип Дірака)

$$E = cP, \quad (1)$$

де c – постійний коефіцієнт (швидкість), що узгоджує хід параметричного часу t релятивістської механіки з астрономічним ефемерним часом [2]. Принцип Дірака еквівалентний гамільтоніану [1]

$$\mathcal{H} = c\sqrt{p_0^2 + (\vec{p}, \vec{p})} = cP = E, \text{ де} \quad (2)$$

$$p_0^2 = (\vec{p}_0, \vec{p}_0) = (cm_0)^2 = const. \quad (3)$$

Тут m_0 – маса частинки при $p=0$ [1]. Вектор $\vec{p}_0 = p_0\vec{\zeta}$ нульової складової 4-імпульсу, де $\vec{\zeta}$ – одиничний вектор (орт) базису $(\vec{\zeta}, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ евклідового (відповідно до властивостей гамільтоніану) простору \mathbb{P}^4 4-імпульсів, називатимемо **власним** (виділеним). П. Дірак показав, що четвертий вимір реально існує і пов'язаний, зокрема, зі спіном частинок та наявністю антиматерії [6]. Побудований на узгоджених між собою фізичних принципах тестовий апарат релятивістської механіки частинок змінної маси [7] з 4-імпульсами $\vec{P} = (p_0, \vec{p})$ супроводжуватимемо префіксом 4D, а його відповідник у просторі-часі з тензором енергії-імпульсу $(E/c, \vec{p}) = (P, \vec{p})$ [1] – 3D.

1.2. Космічні системи відліку. Всесвіт ієрархічно структурований – тіла, зоряні системи, галактики, космічні комірки [2]. В основу апарату тестової 4-вимірної релятивістської механіки [7] покладено гіпотезу існування структуроутворюючого фактора, яким може бути радіальний потік частинок темної матерії (DaM) у 4-вимірному центральносиметричному Всесвіті [2].

Відповідно до властивостей гамільтоніану поняття системи відліку відноситься лише до обмежених кластерів S частинок, напрям власних векторів \vec{p}_0 яких спільний, виділений 4-вектором $\vec{\zeta}_S$. Системи відліку з виділеним напрямом $\vec{\zeta}_S$ називатимемо космічними (КСВ). Існування виділеного напрямку для кластеру S частинок називатимемо принципом Лоренца. Саме Г. А. Лоренц вперше звернув увагу на особливість виділеного напрямку при розгляді умов поширення світла [5] (фотонів, для яких $p_0=0$). Шляхом прецизійних вимірювань анізотропії КМФ у [3] вперше надійно зареєстровано виділений напрям в Галактиці. Зважаючи на важливість отриманих результатів, Дж. Смут у своїй Нобелівській лекції назвав їх «новим дослідом Майкельсона-Морлі» [3].

Відповідно до (3) та принципу Лоренца, для кожної з частинок кластеру S :

$$\vec{p}_0 = p_0\vec{\zeta}_S = const \quad \forall t. \quad (4)$$

У [7] показано, що система відліку S з умовою (4) є інерційною. Надалі розглядатимемо лише КСВ. Перемноживши скалярно \vec{P} та $\vec{\zeta}_S$

$$p_0 = (\vec{P}, \vec{\zeta}_S) = P \cos \alpha = const, \quad (5)$$

отримаємо значення кута α аберації (відхилення напрямку 4-імпульсу \vec{P} частинки від виділеного $\vec{\zeta}_S$ КСВ). Умову (5) можна переписати у вигляді $E(\alpha) = cP = cp_0(\cos \alpha)^{-1}$, що подає залежність енергії частинки від кута α . У центральносиметричному Всесвіті [2] існує безліч розділених потенціальними бар'єрами КСВ – систем відліку, де енергія довільної частинки при $p=0$ є мінімальною поряд з її значенням в інших інерційних системах відліку. Відповідно до принципу Лоренца в 4D-механіці вводять поняття внутрішніх (нативних) станів частинок, що належать кластеру S (у яких $\vec{\zeta} = \vec{\zeta}_S$). Частинки з інших КСВ, для яких $\vec{\zeta} \neq \vec{\zeta}_S$, називатимемо зовнішніми по відношенню до КСВ з виділеним напрямом $\vec{\zeta}_S$.

За даними астрономічних спостережень [2] у межах космічної комірки кут Θ між напрямками вектора $\vec{\zeta}_S$ для різних КСВ (у перерахунку) може змінюватися в межах $\Delta\Theta < 0,01$ рад. Дж. Смут показав, що тіла, нерухомі в системі відліку М. Коперника, мають кут аберації біля $\alpha = 0,001$ рад [3]. Оскільки при малих α залежність $E(\alpha)$ квадратична, точність таких вимірювань повинна перевищувати 10^{-6} (при меншій точності вимірювань практично неможливо зареєструвати відхилення від принципу відносності Г. Галілея).

В апараті 3D-механіки четвертий просторовий вимір відсутній, тому властивості інерційних систем відліку формулюють іншими засобами за виконання трьох умов:

- а) для кожної з частинок $m_0 = const$ (не змінюється в часі);
- б) система відліку не зазнає пришвидшень;
- в) виконується принцип відносності Г. Галілея.

Із викладеного вище випливає, що умова в) вимагає розширення умови а) до $m = m_0 = const$.

1.3. Класи та ранги частинок у КСВ. Принцип Лоренца (4) робить власний напрям неспостережуваним у динаміці та ділить простір \mathbb{P}^4 на два незалежні підпростори – одновимірний \mathbb{P}^1 та тривимірний \mathbb{P}^3 . Якщо в хвильовій механіці розрізняють класи частинок відповідно до спіну – скалярні, векторні, спінорні [6], то в 4D-механіці – додатково за рангом матриці коефіцієнтів можливих станів 4-імпульсів частинок:

- \mathbb{P}^1 – підпростір частинок першого рангу (скалярних), 4-імпульси яких $\vec{P}_S = (p_S, 0) = P_S \vec{\zeta}_S$;
- \mathbb{P}^3 – підпростір частинок третього рангу (векторних), 4-імпульси яких $\vec{P}_O = (0, \vec{p}) = P_O \vec{\zeta}_O$.

Фундаментальним частинкам першого рангу можуть відповідати гіпотетичні частинки DaM, єдиним проявом яких є гравітаційна взаємодія [2], а фундаментальним частинкам третього рангу (темній енергії) – фотони [8]. Із умови поділу частинок першого та третього рангів на підпростори \mathbb{P}^1 та \mathbb{P}^3 випливає, що

$$(\vec{\zeta}_S, \vec{\zeta}_O) = 0, \quad (6)$$

тобто в КСВ нативні фотони належать виключно підпростору \mathbb{P}^3 і не можуть безпосередньо взаємодіяти з частинками DaM. Відповідно до Стандартної космологічної моделі (Λ CDM), на частинки першого та третього рангів сумісно припадає 95 % Всесвіту [2] (в енергетичному вимірі).

Крім названих, існують частинки четвертого рангу (спінорні), з 4-імпульсами $\vec{P} = (p_0, \vec{p}) = P \vec{\chi}$, що є зв'язаним (гібридним) станом частинок першого та третього рангів (тут $\vec{\chi}$ – одиничний вектор напряму 4-імпульсу \vec{P}). За означенням, гібридні частинки ніколи не можуть перебувати виключно в підпросторах \mathbb{P}^1 чи \mathbb{P}^3 . Навіть при $p = 0$ вони містять 4-імпульси частинок третього рангу, тому $\vec{\chi} \neq \vec{\zeta}_S$ (що підтверджують вимірювання спіральності гібридних частинок [8]). За знаком скалярного добутку $(\vec{\zeta}_S, \vec{\chi})$ розрізняють гібридні частинки матерії та антиматерії. Так, умова $(\vec{\zeta}_S, \vec{\chi}) > 0$ характеризує речовину, а $(\vec{\zeta}_S, \vec{\chi}) < 0$ – антиматерію [8].

У Стандартній моделі частинок використовують також поняття партонів [8] – частинок другого рангу. Гіпотетично партони утворюються в результаті дисоціації фотона, двовимірний фрагмент якого є глюоном, а гібридна частинка другого рангу, що містить одновимірний фрагмент фотона та частинку першого рангу є кварком [8]. Замість поділу партонів за кольорами [8], у 4D-механіці їх розрізняють відповідно до координатних осей підпростору \mathbb{P}^3 , які вони представляють. Партони нестабільні і не можуть існувати самостійно – об'єднуючись, вони або повертаються до фундаментальних частинок, або утворюють більш стійкі адрони чи ядра атомів [8].

2. Простір 4-переміщень.

Доступними спостереженню є лише вузли взаємодії частинок. Для запису їхніх позицій у 4D-механіці використано простір \mathbb{R}^4 векторів \vec{R} 4-переміщень [7], де усе розмаїття частинок представлено сукупністю графів взаємодій. Такі графи містять точкові вузли, що характеризують розташування актів взаємодій частинок, та орієнтовані прямолінійні вітки між вузлами, які відповідають вільним частинкам. У 4D-механіці частинки протяжні (векторні криві). Стабільні частинки, що охоплюють багато вузлів взаємодій, виділяємо ламаними лініями (4-траєкторіями). Вимірювання підтверджують, що межах похибки Всесвіт плоский (за даними [3] його кривина $\Omega_K = 0,001 \pm 0,002$), тому надалі прийматимемо простір \mathbb{R}^4 евклідовим.

Зважаючи на наявність у кластерів частинок опорного напряму, серед складових векторів 4-переміщень $\vec{R} = (s, \vec{r})$ частинок виділяємо підпростір \mathbb{R}^1 неспостережуваної компоненти s та підпростір \mathbb{R}^3 спостережуваних складових \vec{r} . Гіпотезою 4D-механіки є порівняння потоку частинок першого рангу з нерухомим ефіром Г. А. Лоренца.

2.1. Час КСВ. 4-швидкість. Поширивши принцип Л. Ейлера $\vec{p} = m\vec{v}$ [1] на простір 4-імпульсів $\vec{P} = m\vec{V}$, де m – маса частинки, а \vec{V} – гіпотетичний вектор її 4-швидкості, отримуємо висновок про колінеарність векторів \vec{P} та \vec{V} . Отже, орти (інтегральної КСВ) простору \mathbb{R}^4 колінеарні аналогічним КСВ у просторі \mathbb{P}^4 .

При параметризації 4-траєкторій будемо використовувати єдиний для усіх частинок Всесвіту параметр t

$$dR = c dt, \quad (7)$$

© П. Пастернак

де c – швидкість розширення Всесвіту. Необхідність використання в механіці параметра t продиктована неспостережуваністю переміщень уздовж власного напрямку. Практично для вимірювання dR використовують параметр t 4-траєкторії спеціально градуйованої системи тіл – годинника [1]. Зважаючи, що дві точки в підпросторі \mathbb{R}^3 можна поєднати 4-траєкторіями різної довжини, поняття проміжків параметричного часу потрібно уточнити – відповідно до показів годинника, кут аберації якого $\alpha_C = 0$ (час КСВ).

Введемо поняття 4-швидкості та розкладемо її вектор на складові по підпросторах \mathbb{R}^1 та \mathbb{R}^3 :

$$\vec{V} = \frac{d\vec{R}}{dt} = \frac{ds}{dt} \vec{\zeta}_s + \frac{d\vec{r}}{dt} = (v_0, \vec{v}) = c\vec{\chi}. \quad (8)$$

Тут v_0 – нульова (неспостережувана) компонента, а \vec{v} – вектор пекулярної (спостережуваної) швидкості. Дж. Смут показав [3], що пекулярна швидкість частинок практично збігається з класичною в системі відліку, що пов'язана з Галактикою.

2.2. Спостережувані прояви власного напрямку. Відповідно до (5), неспостережуваний кут аберації α та величина спостережуваної (пекулярної) швидкості v частинок пов'язані

$$v = c \sin \alpha = c\beta; v_0 = c \cos \alpha = c\sqrt{1 - \beta^2}, \quad (9)$$

де β – зведена (безрозмірна) пекулярна швидкість, а $\gamma = (1 - \beta^2)^{-2}$ – Лоренц-фактор [1]. Лише для нативних фотонів, для яких $(\vec{\zeta}_s, \vec{P}_0) = 0$, спостережувана швидкість максимальна (дорівнює c) та однакова по всіх напрямках підпростору \mathbb{R}^3 .

Враховуючи (1) та (8), енергія і маса частинки пропорційні величині її 4-імпульсу:

$$E = cP = c^2 m. \quad (10)$$

(У 4D-механіці зв'язок (10) є наслідком принципів Ейлера та Дірака.) Із (5) та (10) отримуємо формули залежності енергії та маси частинки від Лоренц-фактора:

$$E = E_0 (\cos \alpha)^{-1} = E_0 \gamma; m = m_0 \gamma. \quad (11)$$

Мінімальні значення $E_0 = cp_0$ і $m_0 = c^{-1} p_0$ енергії та маси в КСВ, що пов'язані з величиною p_0 власного імпульсу частинки, називатимемо власними.

2.3. Хід часу в СТВ. У [7] показано, що основними маркерами релятивістської механіки є система відліку з виділеним напрямом та означення ходу часу t . Оскільки в СТВ пряме означення часу відсутнє, для порівняння його ходу з ходом часу t в 4D-механіці використаємо непрямий спосіб, для чого розглянемо елемент довжини dR дуги 4-траєкторії частинки у виразі (7) з поділом простору \mathbb{R}^4 на підпростори:

$$dR^2 = dr^2 + ds^2 = c^2 dt^2. \quad (12)$$

Зважаючи, що в КСВ величина неспостережуваної складової ds переміщення dR пов'язана зі змінними t , r та v , які можна поміряти, запишемо її у вигляді:

$$ds^2 = c^2 dt^2 - dr^2 = (c^2 - v^2) dt^2 = c^2 d\tau^2. \quad (13)$$

Таку конструкцію зі спостережуваних змінних Г. Мінковський назвав простір-час, а величину ds (скаляр Лоренца) – його метричною мірою [4]. (тут замість псевдоевклідового використано простір кватерніонів [6]).

Слід наголосити на суттєвій відмінності трактувань величини ds у 4D-механіці та тривимірній СТВ. Якщо в 4D-механіці $d\vec{s} = ds\vec{\zeta}_s$ є вектором і умова (13) виконується виключно для напрямку $\vec{\zeta}_s$, то в СТВ ds є скаляром, що необґрунтовано поширює умову (13) на довільний напрям вектора $d\vec{s}$. Порівнявши вираз (12) зі способом Г. Мінковського параметризації інтервалу ds світової лінії у просторі-часі координатним часом τ [1] з'ясуємо, що лише у виділеній системі відліку за умови $\tau = \gamma^{-1} t$, хід часу в 3D та 4D-механіках однаковий.

Розглянемо властивості фотона з 4-імпульсом \vec{P}_0 у двох різних інерційних системах відліку: в КСВ₁, з виділеним напрямом $\vec{\zeta}_{s1}$, та в КСВ₂, з виділеним напрямом $\vec{\zeta}_{s2}$, який не колінеарний з $\vec{\zeta}_{s1}$. Нехай у КСВ₁ фотон внутрішній (нативний), для якого $(\vec{\zeta}_{s1}, \vec{P}_0) = 0$, тобто величина його

спостережуваної швидкості поширення однакова в усіх напрямках та дорівнює c . Натомість для системи відліку KCB_2 цей фотон зовнішній, де $(\vec{\zeta}_{S2}, \vec{P}_0) \neq 0$, тому тут величина його спостережуваної швидкості поширення буде

$$v_F = c(\vec{\zeta}_{S1}, \vec{\zeta}_{S2}) = c \cos \Theta, \quad (14)$$

де Θ – кут між напрямками виділених векторів $\vec{\zeta}_{S1}$ та $\vec{\zeta}_{S2}$ двох КСВ. У загальному випадку (в рухомих системах відліку відносно виділеної) замість c в (13) необхідно використовувати зв'язок (14), тому поряд з τ появиться додатковий множник $\tau = \gamma^{-1} \cos \Theta t$. Внаслідок різного ходу часу СТВ $t' = \cos \Theta t$, порівняно з його ходом у 4D-механіці, фізичне трактування процесів відрізнятиметься від аналогічного в 4D-механіці. Математично бездоганний апарат простору-часу з не менш елегантними перетвореннями Лоренца в ньому [1] є необхідними, але не достатніми для побудови апарату релятивістської механіки. Фізичне трактування самого поняття виділена інерційна система відліку стало можливими лише після розширення вимірності апарату механіки до чотирьох і доповнення його частинками першого та третього рангів.

3. Взаємодія частинок.

Поширимо класичні закони збереження сумарної енергії та імпульсу частинок [1] у точковому вузлі взаємодії на простір 4-імпульсів (доповнивши їх умовами збереження результуючих власного імпульсу та спінового числа).

3.1. Непланарний дисипативний вузол взаємодії. Запишемо сумісно закони збереження імпульсу та енергії для вузла взаємодії двох частинок з 4-імпульсами \vec{P}_1 та \vec{P}_2 , результатом якої могла б бути частинка з 4-імпульсом \vec{P}_3 :

$$\vec{P}_3 = \vec{P}_1 + \vec{P}_2; \quad P_3 = P_1 + P_2. \quad (15)$$

Незалежно від значень векторів \vec{P}_1 та \vec{P}_2 забезпечити виконання умов (15) в евклідовому просторі \mathbb{P}^4 неможливо, оскільки відсутня частинка-акцептор надлишку сумарної енергії взаємодії:

$$E_A = c \left(P_1 + P_2 - \sqrt{P_1^2 + P_2^2 + 2(\vec{P}_1, \vec{P}_2)} \right). \quad (16)$$

Для реалізації умов (15) у [7] запропоновано використовувати непланарний дисипативний середньостатистичний п'ятивітковий вузол взаємодії (НДВ), де $\vec{P}_{O2} = -\vec{P}_{O1}$ – симетричні вітки частинок-акцепторів третього рангу (схема подана на рис. 1). У середньостатистичному НДВ буде виконуватися закон збереження імпульсу $\vec{P}_3 = \vec{P}_1 + \vec{P}_2$ двох частинок, а енергія, пов'язана з вітками \vec{P}_{O1} та \vec{P}_{O2} , у середньому відповідатиме (16). Саме випадковий характер елементарних взаємодій робить перебіг фізичних процесів у НДВ незворотним (стріла часу).

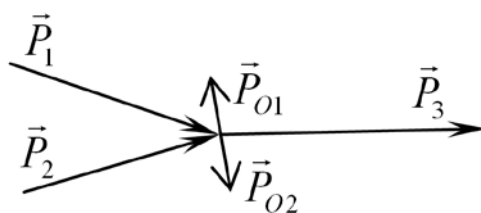


Рис. 1. Схема середньостатистичного вузла взаємодії.

Використання п'ятивіткового середньостатистичного НДВ є наріжним в апараті 4D-механіки. Саме він дає можливість зберегти умову (4) інерційності системи відліку, поширити на механіку апарат математичного аналізу і використовувати в механіці евклідовий простір імпульсів частинок.

3.2. Силовий підхід. Основа динаміки частинок – закон руху Р. Декарта [1] – базується (за замовчуванням) саме на використанні НДВ. Приріст 4-імпульсу матеріальної точки на ділянці $d\vec{R}$ траєкторії, яку називатимемо лінійним вузлом (подією), запишемо у вигляді

$$d\vec{P}_0 = \vec{J}_0 dR = \vec{J}_0 c dt = \vec{F} dt, \quad (17)$$

де \vec{J}_0 – середня лінійна густина впливів частинок третього рангу в лінійному вузлі. Отже, відповідно до (4), у вектора $\vec{F} = c\vec{J}_0$ 4-сили, відсутня нульова компонента: $\vec{F} = (0, \vec{f})$.

Деталізуючи умову (17) для події з урахуванням змін маси m частинки, одержимо:

$$\vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt} = \frac{dm}{dt}\vec{V} + m\frac{d\vec{V}}{dt} = \frac{dm}{dt}\vec{V} + m\vec{A}. \quad (18)$$

Перемноживши (18) скалярно на вектор \vec{V} і враховуючи ортогональність векторів 4-пришвидження \vec{A} та 4-швидкості \vec{V} (базис Серре-Френе [1]), отримуємо експериментально встановлену формулу Ж. Понселе [1]:

$$(\vec{F}, \vec{V}) = (\vec{f}, \vec{v}) = c^2 \frac{dm}{dt} = \frac{dE}{dt}. \quad (19)$$

Разом із (19), рівняння (18) отримає вигляд:

$$m\vec{A} = \vec{F} - \frac{1}{c^2}(\vec{F}, \vec{\chi})\vec{V}. \quad (20)$$

На основі (20) та зв'язку $\vec{A} = c^2 K \vec{n}$ [7], де \vec{n} – одиничний вектор головної нормалі до 4-траєкторії, отримуємо вираз для кривини K 4-траєкторії частинки:

$$EK\vec{n} = \vec{F} - (\vec{F}, \vec{\chi})\vec{\chi}. \quad (21)$$

Тобто, при відсутності силових взаємодій, 4-траєкторія частинки є прямою.

Нульова складова векторів у (20) відповідає за зміну маси частинки, тому при редукції нульового виміру запис рівняння (20) формально збігається з рівнянням руху матеріальної точки в 3D-механіці [1]. Відповідно до (11) величина $p_0 = m_0 c = m v_0$, тому запис спостережуваної складової \vec{p} 4-імпульсу формально однаковий як в 4D $\vec{p}_{4D} = (m_0 \gamma) \vec{v}$, так і в 3D-механіці $\vec{p}_{3D} = m_0 (\gamma \vec{v})$. За формою \vec{p}_{4D} та \vec{p}_{3D} збігаються з виразом, вперше отриманим незалежно А. Айнштайном та А. Пуанкаре [1], однак, внаслідок різного ходу часів t та t' , в імпульсів \vec{p}_{4D} та \vec{p}_{3D} зовсім різне фізичне трактування – апарат СТВ несумісний з принципом еквівалентності маси та енергії.

3.3. Балістичний принцип. Застосуємо поняття середньостатистичного НДВ до аналізу процесу випромінювання потоку фотонів. Нехай випромінювач, що нерухомий ($p_R = 0$) в КСВ, породжує фотони з 4-імпульсами $\vec{P}_R(0) = P_R(0)\vec{\chi}$. Якщо випромінювач рухомий ($p_R \neq 0$), зв'язані з ним фотони нестимуть додатковий імпульс $\Delta\vec{P}_R = P_R(0)\sin\alpha_R\vec{\tau}$, де $\vec{\tau}$ – формально розширений до 4-простору одиничний вектор напрямку класичної швидкості $\vec{v}_R = v_R\vec{\tau}$ випромінювача [1] (обидва вектори ($\vec{\chi}$ та $\vec{\tau}$) належать підпростору \mathbb{R}^3).

Якщо випромінювання фотонів відбувається під кутом φ до напрямку $\vec{\tau}$ руху випромінювача, де $\cos\varphi = (\vec{\tau}, \vec{\chi})$, кожен фотон винесе додатковий імпульс $\Delta\vec{P}_\chi = \Delta P_R(\vec{\tau}, \vec{\chi})\vec{\chi}$, величина якого залежить від напрямку $\vec{\chi}$ випромінювання. Відповідно до закону збереження, величина імпульсу випроміненого фотона буде:

$$P'_R = P_R(0)(1 + \sin\alpha_R \cos\varphi). \quad (22)$$

Дослід Майкельсона-Морлі [1] показав, що балістичний принцип виконується також і при поглинанні світла, тобто названий дослід не має жодного відношення до принципу відносності [1].

3.4. Космологічна натуралізація фотонів. Перейдемо до розгляду середньостатистичного НДВ для фотона, що може почергово перебувати в двох локальних КСВ з різними опорними напрямками $\vec{\zeta}_R$ та $\vec{\zeta}_A$, як наведено на рис. 2. Нехай випромінювач, що перебуває у КСВ_R (з опорним напрямом $\vec{\zeta}_R$), породжує фотони з 4-імпульсами \vec{P}_R , для яких $(\vec{P}_R, \vec{\zeta}_R) = 0$. Оскільки фотони не підпорядковані принципу Лоренца, вони можуть вільно та без змін переходити від однієї локальної КСВ до іншої. Поширившись до КСВ_A (з опорним напрямом $\vec{\zeta}_A$), напрям 4-імпульсу \vec{P}_R фотона-мігранта не задовольнятиме умову (6) нативності.

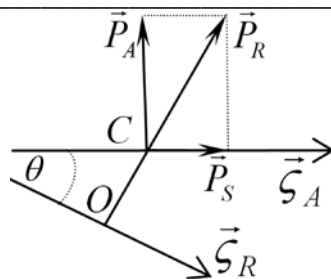


Рис. 2. Схема вузла КНФ

Для подолання цього протиріччя, в 4D-механіці запропоновано гіпотезу космологічної натуралізації фотонів (КНФ). Остання зводиться до дисоціації в КСВ_A фотона-мігранта (в присутності гібридної частинки, що є донором енергії), на фотон з 4-імпульсом \vec{P}_A та частинку першого рангу з 4-імпульсом \vec{P}_S (на рис. 2 вектор імпульсу частинки-донора не наведено). Для нерухомого ($p_A = 0$) в КСВ_A реєстратора отримаємо:

$$P_A = P_R(\vec{\zeta}_R, \vec{\zeta}_A) = P_R \cos \theta. \quad (23)$$

Оскільки основна маса речовини зосереджена в газопилових хмарах галактик, частинки першого рангу будуть генеруватися переважно тут, що підтверджено астрономічними спостереженнями [2]. Існування процесу КНФ підтверджено астрономічними спостереженнями як червоного космологічного зсуву спектру, так і вивченням розподілу DaM в галактиках – концентрованого в її центральній частині та дифузного в газопилових хмарах на периферії [2].

Гіпотезу КНФ введено на заміну формулі Х. Доплера [1], що порушує закони збереження та породжує парадокси. Наприклад, відповідно до хвильового підходу [2], фотони у Всесвіті, що розширюється, змінюють довжину хвилі, тобто енергію [8], тоді як енергія решти вільних частинок залишається незмінною.

Список використаних джерел.

1. Ландау Л. Д. Лифшиц Е. М. Теория поля (Наука, М., 1988).
2. Weinberg S. Cosmology (Oxford University Press, 2008).
3. Lämmerzahl C, Braxmaier C. at all. Kinematical Test Theories for Special Relativity: a comparison. International Journal of Modern Physics D. 11 (7): (2002), pp. 1109–1136. doi:10.1142/S021827180200261X
4. Смут Дж. Ф. Анизотропия реликтового излучения, УФН. 177, 12 (2007). doi.org/10.3367/UFNr.0177.200712d.1294.
5. Эйнштейн А. Принцип относительности и его следствия в современной физике. // Эйнштейн А. Сборник научных трудов. Наука, М., 1965. Т. 1, с. 138-164.
6. Дирак П. А. М. Принципы квантовой механики (Наука, М., 1979).
7. Pasternak R. Means of the restrictions elimination of the space-time apparatus in relativistic mechanics. Вісник ТНТУ, № 1 (89), 2018, с. 64-71.
8. Окунь Л. Б. Физика элементарных частиц (Наука, М., 1988).