

УДК 53.01

к.т.н., доцент Клапченко В.І.,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ПСЕВДОРЕЛЯТИВІЗМ

Ймовірнісний підхід до описання поступального руху макротіл відкриває цілу область застосувань релятивістських формул, де швидкості надзвичайно далекі від світлових. Мова йде про область класичної фізики, в якій вивчається течія рідин та газів. Цю область знань, таким чином, можна називати псевдорелятивізмом.

Вступ. Успішність застосування ймовірнісного підходу до описання механічного руху [1,2] дає можливість привернути увагу на додаткову умову (чи обставину), при якій релятивістські співвідношення з'являться обов'язково та матимуть логічне обґрунтування. Мова йде ось про що. При розгляді релятивістських рухів [1,2] в явній чи неявній формах використані як необхідні та достатні умови обидва постулати Ейнштейна [3] спеціальної теорії відносності. Цих умов достатньо, щоб в результаті отримати релятивістське співвідношення про зростання потужності множини орієнтованих в напрямі руху подій:

$$i = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}} . \quad (1)$$

Таке зростання можливе аж до нескінченності, а тому розумне тлумачення цьому можна дати лише за умови, коли буде вказано джерело, звідки тіло залучає аналогічні події. Таким джерелом, яке завжди присутнє, може бути фізичний вакуум.

Тобто, інтерпретація результатів [1,2] змушує нас розглядати фізичний вакуум як величезну сукупність таких же універсальних подій, якими ми представляли будь-яке тіло на глибинному рівні будови в роботі [1]. Та це навіть на краще, бо такий погляд на фізичний вакуум тільки підсилює нашу впевненість в єдності матеріального світу. Але при цьому розгляд механічного руху тіл дещо змінюється. Ми вже не можемо вважати тіло ізольованим. Тепер ми повинні розглядати механічний рух тіл, особливо в релятивістській області, як переміщення *виділеної множини подій, яка занурена в необмежену множину інших аналогічних подій.*

Виділена курсивом додаткова умова, насправді, нічого не обмежує. Скоріше це додаткова обставина, яка завжди супроводжує появу

релятивістських співвідношень. І справа зовсім не в тому, що в [1,2] вибрано специфічну модель структури тіл. Висновок залишиться в силі, якщо використати будь-які інші уявлення. В квантовій теорії поля (зокрема в квантовій електродинаміці [4]), де уявлення про фізичний вакуум максимально формалізовані, виникне аналогічна картина. Наприклад, електрон представляє собою не ізольовану частинку («голий» електрон [4]), а частинку, оточену «шубою» аналогічних віртуальних частинок – електронно-позитронних пар. Тому розгляд механічного руху електрона слід проводити з урахуванням того, що він відбувається в «товаристві» нескінченної множини аналогічних частинок.

Попередньо необхідно впевнитись, що запропонована зміна погляду на фізичний вакуум не вплине на кінцеві результати, отримані в [1,2]. Нехай фізичний вакуум є ізотропною сукупністю множин елементарних подій, причому, потужності множин цих подій в будь-якому з напрямів у просторі дорівнюють 0,5 з масовим множником $C_{\text{фв}}$, фактично рівним нескінченності. Якщо навіть допустити, що при рухах тіл відбувається часткове залучення подій з фізичного вакууму, це не вплине на фактичну нескінченність цього множника та не порушить ізотропію фізичного вакууму. Легко бачити, що за схемою розрахунків, прийнятою в [1,2], ймовірність переміщення фізичного вакууму як тіла $p_{\text{фв}}$ в будь-якому напрямі завжди рівна 0,5. Тоді швидкість довільного тіла відносно вакууму, визначена через відносну ймовірність [1,2]:

$$p_{A\text{фв}} = \frac{p_A(1 - p_{\text{фв}})}{p_A(1 - p_{\text{фв}}) + p_{\text{фв}}(1 - p_A)} = p_A, \quad (2)$$

залишиться такою ж, як і відносно нерухомого спостерігача, тому що врахування наявності фізичного вакууму не змінило відповідної ймовірності. Таким чином, фізичний вакуум має всі ознаки абсолютної системи відліку, та разом з тим врахування його наявності не ставить під сумнів принцип відносності.

Таким чином, якщо підмічена обставина насправді важлива, то ми повинні від неї отримати користь. Зокрема спробувати перенести її на інші рівні будови тіл та застосувати до розгляду систем, що рухаються з класичними швидкостями. Наприклад, до течій молекулярних систем – рідин та газів. Звідси виникла гіпотеза про псевдорелятивізм.

Псевдорелятивізм. В основу гіпотези покладено, з одного боку, описану вище додаткову обставину, а з другого – наші знання про те, наскільки відмінною є поведінка рідин та газів, якщо вони рухаються в вигляді необмеженого потоку, або в вигляді частини, обмеженої жорсткою оболонкою. Наприклад, в випадку газу, обмеженого жорсткою оболонкою, до якої б

швидкості в ізотермічних умовах ми не розганяли цю систему, термодинамічні параметри газу залишаються сталими. Але якщо в необмеженій (частково необмеженій) газовій системі організувати локальний потік, відразу змінюються і параметри газу (тиск на стінку і т.п.). Гіпотеза якраз і передбачає, що для таких випадків течій поведінка системи описується релятивістськими співвідношеннями.

Такі течії повинні задовольняти всього кільком вимогам: існувати як необмежене (умовно або частково необмежене) середовище, складатись з ідентичних елементів (однакові атоми чи молекули). Подібні області застосувань релятивістських формул пропонується називати *псевдорелятивізмом*, враховуючи те, що елементарні події в них ідентичні, але не універсальні, як це було в випадку істинного релятивізму.

Нехай маємо нерухомий ідеальний газ. Газ займає необмежену область, або ця область є частково необмеженою, тобто такою, що має хоч один нескінченний розмір. Іноді приходится мати справу з умовно необмеженою областю, якщо лінійні масштаби явища значно менші розмірів середовища. Маса елемента структури газу (молекули) m_{el0} , швидкість елемента структури V_{el0} визначається для нерухомого газу за процедурою, запропонованою в [1]:

$$V_{el0} = \sqrt{(v_{с.кв.}^2 + 0^2) / 2} = v_{с.кв.} / \sqrt{2} \approx v_{н.й.} \quad (3)$$

Таким чином, елементарною подією в такій необмеженій системі буде імпульс молекули, визначений через найбільш імовірну швидкість. Якщо гіпотеза про псевдорелятивізм справедлива, то, надавши газові напрямлений рух зі швидкістю u при незмінній його концентрації, можемо очікувати зміни потужності множини орієнтованих в напрямі руху подій за законом, аналогічним (1), тільки β буде визначений через найбільш імовірну швидкість молекул (3):

$$i = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{u^2}{v_{н.й.}^2}}} \quad (4)$$

При цьому потужність множини поперечних до напрямі руху подій змінюється інакше [1]:

$$i_y = \sqrt{1-\beta^2} = \sqrt{1-\frac{u^2}{v_{н.й.}^2}} \quad (5)$$

Що ж саме зростатиме за подібними законами в потоці газу?

Нагадаємо [5], що тиск в нерухомому газі пропорційний квадрату його найбільш імовірної швидкості:

$$p_0 = nkT_0 = \rho \frac{v_{\text{н.й.}}^2}{2}, \quad (6)$$

тобто, пропорційний квадрату імпульсу, а ще інакше, квадрату потужності множини елементарних подій. Тоді очевидно, що зростання i по (4) матиме наслідком появу додаткового тиску газу на стінку, на яку набігає потік:

$$p = \rho \frac{v_{\text{н.й.}}^2}{2} i^2 = \rho \frac{v_{\text{н.й.}}^2}{2} \frac{1}{1 - \frac{u^2}{v_{\text{н.й.}}^2}} \square p_0 + \rho \frac{u^2}{2}, \quad (7)$$

відомого як динамічний тиск потоку [5]. В (7) враховано умову $\beta \ll 1$, що виконується найчастіше. Тоді, з урахуванням (5), тиск на бічну поверхню буде рівним:

$$p_y = \rho \frac{v_{\text{н.й.}}^2}{2} i_y^2 = \rho \frac{v_{\text{н.й.}}^2}{2} \left(1 - \frac{u^2}{v_{\text{н.й.}}^2} \right) = p_0 - \rho \frac{u^2}{2}, \quad (8)$$

в повній відповідності з рівнянням Бернуллі [5].

До цього результату можна прийти і іншим шляхом, якщо скористатись одним з релятивістських наслідків про сповільнення плину часу в системах відліку, пов'язаних з рухомим тілом [3]. Звичайно, про реальне сповільнення плину часу тут зовсім не йде мова. Ми можемо говорити лише про псевдо ефект, аналогічний сповільненню, тобто про реальне зростання проміжків часу протікання фізичних процесів в рухомому тілі. Причому, такий ефект здатний зареєструвати як спостерігач нерухомої системи відліку, так і спостерігач, зв'язаний з рухомим тілом, бо насправді їх годинники працюють однаково.

Єдиний інтервал, який відповідає реальним фізичним процесам в газі, це середній час між зіткненнями молекул. Враховуючи незмінність концентрації газу, довжина вільного пробігу молекул λ залишається сталою. В нерухомому газі середній час між зіткненнями молекул є

$$\tau_0 = \frac{\lambda}{V_{el0}}. \quad (9)$$

Тоді для спостерігача, який рухається разом з газом, повинно спостерігатись його зростання за відомим релятивістським законом:

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \beta^2}} = \frac{\lambda}{V_{el}}, \quad (10)$$

яке може бути забезпечене лише зменшенням швидкості руху елементів структури в його системі відліку.

Таким чином, для рухомого спостерігача

$$V_{el} = V_{el0} \sqrt{1 - \beta^2} = \sqrt{v_{н.й.}^2 - u^2}, \quad (11)$$

так що тиск, який він вимірює, однаковий по всіх напрямках і рівний:

$$p' = \rho \frac{V_{el}^2}{2} = \rho \frac{v_{н.й.}^2}{2} \left(1 - \frac{u^2}{v_{н.й.}^2} \right) = p_0 - \rho \frac{u^2}{2}. \quad (12)$$

Такий же тиск на бічну стінку (12) виміряє і спостерігач нерухомої системи відліку.

Таким чином, спостерігається успішне застосування релятивістських формул до розгляду механіки газового потоку. Крім того, деякі важливі термодинамічні параметри потоку – температура та ентропія – також можуть бути легко отримані на основі цього підходу. Зокрема переріз еліпсоїда подій s [1], який є усередненням квадратичної форми по імпульсах елементів структури, відповідає температурі потоку. Для нерухомого спостерігача цей переріз сталий [1], що означає:

$$T(\beta) = T_0 = \text{const}. \quad (13)$$

Для спостерігача, що рухається зі швидкістю газу [1]:

$$T = T_0 (1 - \beta^2). \quad (14)$$

Співвідношення для температур (14) відоме [5], при цьому T носить назву термодинамічної температури, а T_0 – температури гальмування потоку. Ентропія є інваріантом [3], її залежність від швидкості потоку повинна бути однаковою як для нерухомого так і для рухомого спостерігачів. Згідно [1], такий інваріант існує. Це відношення повного об'єму еліпсоїда подій до перерізу еліпсоїда подій, яке для нерухомого спостерігача рівне

$$\frac{\Omega}{s} = \frac{1}{6} (1 - \beta^2)^{1/2}, \quad (15)$$

і співпадає з подібним відношенням для рухомого спостерігача:

$$\frac{\Omega'}{s'} = \frac{1}{6} (1 - \beta^2)^{1/2}. \quad (16)$$

Тоді при зростанні швидкості тіла ентропія повинна спадати:

$$\Delta S = \Delta S_p = \frac{3}{2} kN \ln(1 - \beta^2). \quad (17)$$

В формулі (17) коефіцієнт 3 відповідає кількості ступенів свободи, а N – масовий множник тіла (кількість молекул).

Важливо відмітити, що в способі визначення ентропії на основі розглянутого підходу з'являється можливість виправити недоречність, яку можна іноді допустити, розраховуючи ентропію через повний об'єм фазового простору [6]:

$$S = k \ln(\Delta\Gamma / \hbar^3) = S_V + S_p = kN \ln V + kN \ln \Omega_p, \quad (18)$$

де Ω_p - приведений об'єм в імпульсному фазовому просторі. При обчисленні об'єму Ω_p в кожний член суми попадатиме квадратична форма по імпульсах, тобто, температура, яка з'являється в Ω_p в явному вигляді. В термодинаміці температура та ентропія вважаються незалежними параметрами, а тому визначений таким чином об'єм імпульсного фазового простору потрібно спочатку поділити на температуру і лише потім – логарифмувати. В нашому підході інваріантними є якраз такі відношення (15), (16).

Насамкінець, зауважимо таке. Можна було б не помітити псевдорелятивізму рівняння Бернуллі, можна було б не звернути увагу на зникнення псевдорелятивізму при внесенні обмежень в вигляді жорстких оболонок для порцій рідини чи газу, але є сукупність явищ, де на псевдорелятивістських залежностях робиться наголос. Зокрема в [7] зібрано факти, де такі залежності надзвичайно помітні. Наприклад, це рух зі швидкістю u квантових вихорів в надтекучому гелії, де всі їх основні фізичні параметри змінюються псевдорелятивістським чином:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{V_{кр}^2}}}, r = r_0 \sqrt{1 - \frac{u^2}{V_{кр}^2}}. \quad (19)$$

В (19) $V_{кр}$ – критична швидкість надтекучої компоненти, m , r – маса та радіус вихору. Точно таким же чином поведуть себе дислокації в моделі Френкеля-Конторової та взагалі випадки, що описуються солітонними рішеннями.

Висновки. Головний висновок такий. Ми продовжили успішне застосування ймовірнісного підходу до описання механічного руху тіл. Зокрема аналіз показав, що підмічена завдяки використаному підходу додаткова обставина, що супроводжує появу релятивістських співвідношень, є суттєвою та важливою. Вона зводиться до того, що релятивістські співвідношення проявляються завжди, якщо організовується рух виділеної частини ідентичних елементів в нескінченній множині аналогічних елементів. В області класичних швидкостей, де постулати спеціальної теорії відносності, фактично, втрачають своє значення, ця додаткова обставина стає вирішальною умовою появи релятивістських (точніше, псевдорелятивістських) співвідношень.

Застосування релятивістських співвідношень до розрахунків в псевдорелятивістській області (для течій рідин та газів) можна визнати успішним. Цей підхід не тільки відтворює відомі знання, а й дає дещо нове. Наприклад, те, що релятивістським чином в супутній системі відліку спадає швидкість елементів структури (молекул), а також спадає ентропія рухомої системи.

Проте цей підхід відкриває і деякі проблеми. На одній з них ми загостримо увагу. На рис. 1 жирною суцільною лінією OM показана залежність ентропії, наприклад, ідеального газу (17), від величини відносної швидкості потоку, яку характеризує показник β . Точки на цій кривій відповідають стаціонарній течії. Проблема зводиться до того, що необмежену систему не можна перевести зі стану O в стан руху, який фіксує точка M , вздовж кривої OM , тобто в напрямку спадання ентропії. Для такого переходу обов'язково необхідна ділянка OK , показана на рис. 1 точковою кривою, щоб після релаксації (ділянка KM), система попала в кінцевий стан M .

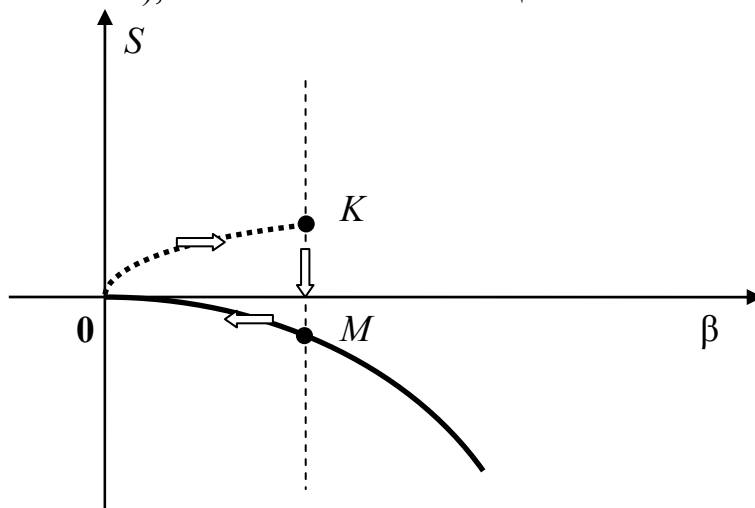


Рис. 1. Діаграма змін ентропії газу з виділеною стадією прискорення OK від нерухомого стану до стану стаціонарної течії.

Тобто, необхідно визнати, що ми не вміємо розраховувати стадію прискорення, і, фактично, не знаємо механізму формування псевдорелятивізму. Можна передбачати, що такий механізм повинен бути універсальним і його деталізація може представляти самостійний інтерес. Суті цього механізму автор збирається присвятити наступну роботу.

Література

1. Клапченко В. І. Ймовірісна інтерпретація механічного руху. Arxiv:1102.0441

2. Тесля Ю.Н. Введение в информатику природы. – К.: Маклаут, 2010. – 225 с.
3. Паули В. Теория относительности. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1991. – 328 с.
4. Фейнман Р. Квантовая электродинамика. – Н.: ИО НФМИ, 1998. – 216 с.
5. Овсянников Л. В. Лекции по основам газовой динамики. – Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003. – 336 с
6. Федорченко А. М. Вступ до курсу статистичної фізики та термодинаміки. - К.: Вища школа, 1973. - 188 с
7. Филиппов А.Т. Многоликий солитон. – М.: Наука, 1986. – 224 с.

Аннотация

Вероятностный подход к описанию поступательного движения макротел открывает целую область применений релятивистских формул, где скорости чрезвычайно далеки от световых. Речь идет об области классической физики, в которой изучается течение жидкостей и газов. Эту область знаний, таким образом, можно называть псевдорелятивизмом.

Abstract

Probabilistic approach to the description of translational motion of macro bodies reveals an area of application of relativistic formulas where speeds are extremely far from the speed of light. It is referred to the area of classical physics, in which liquids and gas flow are studies. This branch of knowledge can be named thus pseudo-relativism.