

**Тривалість і одночасність**  
*«Щодо теорії Ейнштейна»*

# Зміст

## 1. Вступ

 Професор історії Хімена Каналес

### 1.1. Суперечливість Ейнштейна

### 1.2. Суперечливість Бергсона

#### 1.2.1. Бергсон і Абсолют

### 1.3. Зізнання

## 2. Тривалість і одночасність

## 3. Передмова

## 4. Напіввідносність

### 4.1. Експеримент Майкельсона-Морлі

### 4.2. Односпрямована відносність

### 4.3. Уповільнення часу

### 4.4. Розлад одночасності

### 4.5. Поздовжнє скорочення

### 4.6. Конкретне значення термінів, що входять у формули Лоренца

## 5. Повна відносність

### 5.1. Про взаємність руху

### 5.2. Відносний рух і абсолютний рух

### 5.3. Від Декарта до Ейнштейна

### 5.4. Поширення та перенесення

### 5.5. Системи відліку

## 6. Про природу часу

### 6.1. Послідовність і свідомість

### 6.2. Походження ідеї універсального часу

### 6.3. Реальна тривалість та вимірюваний час

### 6.4. Про безпосередньо сприйману одночасність: одночасність потоків та одночасність у мить

### 6.5. Про одночасність, що її вказують годинники

### 6.6. Час, що розгортається

### 6.7. Розгорнутий час і четвертий вимір

### 6.8. За якою ознакою впізнають, що час є реальним

## 7. Про множинність часів

### 7.1. Множинні та сповільнені часи теорії відносності

### 7.2. Як вони сумісні з єдиним та універсальним часом

### 7.3. Розгляд парадоксів часу

### 7.4. Гіпотеза мандрівника в снаряді

### 7.5. Наукова одночасність, що розкладається на послідовність

### 7.6. Як вона поєднується з «інтуїтивною» одночасністю

- 7.7. Схема Мінковського
- 7.8. Плутанина, що є джерелом усіх парадоксів
- 8. Світлові фігури
  - 8.1. «Світлові лінії» та «жорсткі лінії»
  - 8.2. «Світлова фігура» та просторова фігура
  - 8.3. Потрійний ефект дисоціації
  - 8.4. Справжня природа часу Ейнштейна
  - 8.5. Перехід до теорії Простору-Часу
- 9. Простір-Час у чотирьох вимірах
  - 9.1. Як виникає ідея четвертого виміру
  - 9.2. Загальне уявлення чотиривимірного простору-часу
  - 9.3. Як нерухомість виражається в термінах руху
  - 9.4. Як час таким чином здається зливатися з простором
  - 9.5. Подвійна ілюзія, якій ми піддаємося
  - 9.6. Особливі риси цього представлення в теорії відносності
  - 9.7. Ілюзія, що може виникнути
  - 9.8. Що справді представляє амальгама Простору-Часу
- 10. Заключна заувага

*Надруковано 22 листопада 2025 р.*

<https://ua.cosmicphilosophy.org/books/duration-and-simultaneity/>

## Вступ

### «Тривалість і одночасність» Анрі Бергсона

Ця публікація першого видання книги Анрі Бергсона 1922 року «Тривалість і одночасність» є частиною дослідження дебатів Бергсона-Ейнштейна 1922 року, які спричинили «велику невдачу для філософії» у ХХ столітті. Дослідження опубліковане в нашому блозі:

(2025) Дебет Ейнштейна та Бергсона: Альберт Ейнштейн проти філософії про природу часу

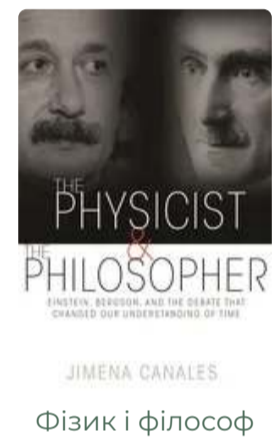
Джерело: [CosmicPhilosophy.org](https://CosmicPhilosophy.org)



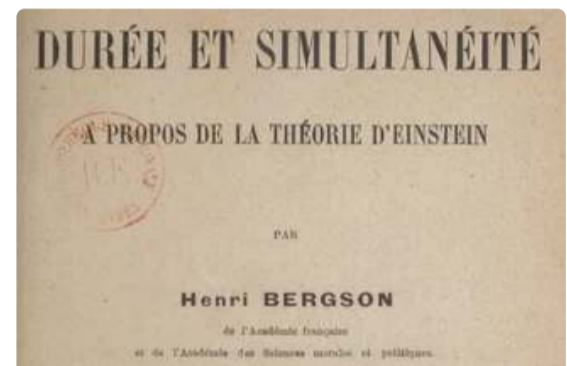
Хімена Каналес, професор історії в Університеті Іллінойсу, яка написала книгу про дебати, описала подію так:

«*«Діалог між найвидатнішим філософом і найвидатнішим фізиком ХХ століття» був сумлінно записаний. Це був сценарій, придатний для театру. Зустріч і слова, які вони вимовили, обговорюватимуть до кінця століття.*

*У роки після дебатів... погляди вченого на час почали домінувати. ... Для багатьох поразка філософа означала перемогу «раціональності» над «інтуїцією». ... Так почалася «історія невдачі філософії», ... тоді почався період, коли значущість філософії зменшилася перед лицем зростаючого впливу науки.*



Книга Бергсона «Тривалість і одночасність» була прямою відповіддю на дебати. На обкладинці його книги було зазначено Ейнштейна в загальному сенсі та вказано назву «Про теорію Ейнштейна».



Ейнштейн виграв дебати, публічно вказавши, що Бергсон не зрозумів теорію правильно. Перемога Ейнштейна в дебатах означала перемогу науки.

Бергсон припустився «очевидних помилок» у своїй філософській критиці, і сучасні філософи характеризують його помилки як «великий сором для філософії».


Наприклад, філософ Вільям Лейн Крейг написав таке про книгу в 2016 році:



«*Блискавичне падіння Анрі Бергсона з філософського пантеону ХХ століття, безсумнівно, було частково пов'язане з його оманливою критикою, а точніше непорозумінням, спеціальної теорії відносності Альберта Ейнштейна.*

*Розуміння Бергсоном теорії Ейнштейна було просто сороміцько неправильним і мало тенденцію дискредитувати погляди Бергсона на час.*

(2016) Бергсон мав рацію щодо теорії відносності (ну, частково)!

Джерело: [Reasonable Faith](https://Reasonable Faith)

Публікація книги на  CosmicPhilosophy.org була перекладена 42 мовами з оригінального французького тексту першого видання 1922 року з використанням новітніх технологій ШІ 2025 року. Для багатьох мов ця публікація є світовою прем'єрою.

Французький вихідний текст отримано через  Archive.org, який відсканував фізичний примірник книги з бібліотеки Університету Оттави,  Канада, та опублікував текст, видобутий за допомогою OCR. Хоч якість старішої технології OCR не була оптимальною, сучасна технологія ШІ спробувала відновити оригінальний французький текст якомога ближче до оригіналу перед перекладом. Математичні вирази перетворено на MathML.




Оригінальні скани французької фізичної книги, які використовувалися для видобування тексту, доступні в цьому PDF.

Новий неупереджений переклад першого видання книги може допомогти дослідити суперечливі приватні нотатки Альберта Ейнштейна, в яких стверджувалося, що Бергсон «зрозумів це».

## РОЗДІЛ 1.1.

### Суперечливість Ейнштейна

Хоча Ейнштейн публічно атакував Бергсона за нездатність зрозуміти теорію, насамкінець він одночасно писав, що Бергсон «зрозумів це», що є суперечливістю.

6 квітня 1922 року на зустрічі видатних філософів у  Парижі, на якій був присутній Анрі Бергсон, Ейнштейн по суті оголосив про визволення науки від філософії:

☾ *Die Zeit der Philosophen ist vorbei.*

Переклад:

«Час філософів минув»

(2025) Дебет Ейнштейна та Бергсона: Альберт Ейнштейн проти філософії про природу  часу

Джерело: [CosmicPhilosophy.org](https://CosmicPhilosophy.org)

Книга Бергсона була прямою відповіддю на подію з лекцією в Парижі та пояснює назву обкладинки «Про теорію Ейнштейна».

У своєму щоденнику під час подорожі до  Японії наприкінці 1922 року, через місяці після лекції в Парижі та невдовзі після публікації книги Бергсона, Ейнштейн написав таку приватну нотатку:

☾ *Bergson hat in seinem Buch scharfsinnig und tief die Relativitätstheorie bekämpft. Er hat also richtig verstanden.*

Переклад:

«Бергсон у своїй книзі розумно та глибоко оскаржив теорію відносності. Отже, він зрозумів це.»

Джерело: Каналес, Хімена. Фізик і філософ, Princeton University Press, 2015. с. 177.

Наше дослідження, опубліковане в нашому блозі, показало, що приватні нотатки Ейнштейна слід вважати ключовими для погляду на справжнє розуміння теорії Бергсоном, незважаючи на його «сороміцькі помилки». Ця публікація дає змогу дослідити «очевидні помилки» Бергсона.

## РОЗДІЛ 1.2.

### Суперечливість Бергсона

Бергсон фундаментально підірвав власну філософію в цій книзі, запропонувавши концепцію абсолютного часу, універсального часу, спільного для всього свідомості в космосі. Бергсон стверджує, що всі людські свідомості поділяють спільну, універсальну тривалість — «*неособистий час, у якому все минає*». Він навіть стверджує, що відносність Ейнштейна, навпаки до усунення універсального часу, насправді залежить від такого спільного часу.

Філософія Бергсона набула світової слави саме тому, що підривала поняття вічного Абсолюту (чи то в метафізиці, науці чи теології).

Це означає суперечливість:

- ▶ З одного боку, Бергсон постулює в цій книзі універсальний час, спільний для всієї свідомості, об'єднуючу, всеосяжну реальність або *Абсолют*.
- ▶ З іншого боку, весь його філософський проект є критикою Абсолютів — будь-яких фіксованих, незмінних чи суто концептуальних цілісностей. Його протистояння концепції Абсолюту було прямою причиною його слави в англомовному світі.

## РОЗДІЛ 1.2.1.

### Бергсон і Абсолют

Філософ Вільям Джеймс брав участь у тому, що він називав «*Битвою за Абсолют*» проти ідеалістів на кшталт Ф. Г. Бредлі та Джозії Ройса, які виступали за вічний Абсолют як остаточну реальність.

Джеймс бачив у Бергсоні філософа, який нарешті запобіг ідеї Абсолюту. Критика Бергсоном абстракції та його наголос на потоці, множинності та життєвому досвіді надали Джеймсу інструменти для перемоги над реїфікацією Абсолютів. Як писав Джеймс:



Суттєвий внесок Бергсона у філософію — це його критика інтелектуалізму (Абсолюту). На мій погляд, він остаточно і без надії на одужання знищив інтелектуалізм.

«Універсальний час» Бергсона в цій книзі є суперечливим Абсолютом, несумісним як з власними принципами Бергсона, так і з відносністю Ейнштейна. Його фізичні «сороміцькі» помилки у «*Тривалості та одночасності*» були очевидними та критикувалися, але коли помилки виправлено — коли заперечення абсолютної одночасності відносністю повністю прийнято — його уявлення про універсальний час розвалюється, виявляючи абсурдність об'єктивування часу.

Парадокс полягає в тому, що, ввівши концепцію Абсолютного та викривши її неспроможність, поринувши разом із філософією в те, що історики згодом описали як «великий крок назад для філософії в історії», Бергсон опосередковано підсилює свою ключову ідею, про яку Джеймс писав, що це «істотний внесок Бергсона у філософію».

### РОЗДІЛ 1.3.

## Зізнання

Читаючи цю книгу, пам'ятайте про «зізнання» Нобелівського комітету в день, коли вони відхилили Нобелівську премію за теорію відносності Ейнштейна.

«Не буде таємницею, що знаменитий філософ Бергсон у Парижі оскаржив цю теорію.»



Те, на що голова комітету Сванте Арреніус посилається як на підставу для відхилення Нобелівської премії, — це книга «Про теорію Ейнштейна».

Професор історії Хімена Каналес описала ситуацію так:

Пояснення Нобелівського комітету того дня неодмінно нагадало Ейнштейну про [його відмову від філософії] в Парижі, що спровокувало конфлікт із Бергсоном.

(2025) Дебет Ейнштейна та Бергсона: Альберт Ейнштейн проти філософії про природу часу  
Джерело: [CosmicPhilosophy.org](https://CosmicPhilosophy.org)

## РОЗДІЛ 2.

# Тривалість і одночасність

## Про теорію Ейнштейна

перше видання, 1922

Анрі Бергсон  
член Французької академії  
та Академії моральних і політичних наук.

Париж  
Видавництво Фелікс Алькан  
108, бульвар Сен-Жермен  
1922

## РОЗДІЛ 3.

# Передмова

Кілька слів про походження цієї праці пояснять її намір. Ми розпочали її виключно для себе. Ми хотіли зрозуміти, наскільки наша концепція тривалості сумісна з поглядами Ейнштейна на час. Наше захоплення цим фізиком, переконання, що він приніс нам не лише нову фізику, а й нові способи мислення, ідея, що наука та філософія — це різні дисципліни, але створені для взаємодоповнення, — усе це надихало нас на бажання й навіть накладало обов'язок провести зіставлення. Але незабаром наше дослідження виявило загальний інтерес. Наша концепція тривалості відображала безпосередній досвід. Не спричиняючи як необхідного наслідку гіпотезу універсального Часу, вона природно поєднувалася з цією вірою. Отже, це були майже загальні ідеї, які ми збиралися зіставити з теорією Ейнштейна. І саме той аспект, де ця теорія, здавалося, суперечить загальній думці, вийшов тоді на перший план: нам довелося б зупинитися на «парадоксах» теорії Відносності, на множині часів, що течуть з різною швидкістю, на одночасностях, що стають послідовностями, і послідовностях, що стають одночасностями при зміні точки зору. Ці тези мають чіткий фізичний зміст: вони виражають те, що Ейнштейн прочитав геніальним інтуїтивним сприйняттям у рівняннях Лоренца. Але яке їх філософське значення? Щоб дізнатися, ми взяли формули Лоренца почергово й спробували визначити, якій конкретній реальності, якій сприйнятій чи сприйнятній речі відповідає кожен член. Це дослідження дало несподіваний результат. Тези Ейнштейна не лише не суперечили, а й підтверджували, супроводжуючи початковим доказом, природну віру людей в єдиний й універсальний Час. Своїм парадоксальним виглядом вони завдячували просто непорозумінню. Здавалося, сталася плутанина, звичайно, не в самому Ейнштейні, не в фізиків, які фізично використовували його метод, а в деяких, хто перетворював цю фізику як таку на філософію. Дві різні концепції відносності, одна абстрактна, а інша образна, одна неповна, а інша завершена, співіснували в їхній свідомості й взаємодіяли. Розвіявши плутанину, ми усунули парадокс. Ми вважали корисним сказати це. Так ми сприяли б проясненню теорії Відносності в очах філософа.

Ось дві причини, що спонукали нас опублікувати цю працю. Вона стосується, як видно, чітко окресленого предмета. Ми виокремили в теорії Відносності те, що стосувалося часу; ми відклали інші проблеми. Таким чином, ми залишаємося в межах спеціальної теорії

відносності. Загальна теорія відносності також вписується в ці рамки, коли вона вимагає, щоб одна з координат фактично представляла час.

#### РОЗДІЛ 4.

## Напіввідносність

### Експеримент Майкельсона–Морлі

Теорія Відносності, навіть «спеціальна», не ґрунтується саме на експерименті Майкельсона–Морлі, оскільки вона в загальному вираженні вимагає збереження незмінної форми законів електромагнетизму при переході від однієї системи відліку до іншої. Але експеримент Майкельсона–Морлі має велику перевагу у тому, що ставить проблему для вирішення у конкретних термінах, а також показує елементи розв'язання. Він ніби втілює складність. Саме з нього має починати філософ, саме до нього він повинен постійно звертатися, якщо хоче зрозуміти справжній зміст часових міркувань у теорії Відносності. Скільки разів його вже описували й коментували! Проте ми повинні його коментувати, навіть знову описувати, тому що ми не збираємося відразу прийняти, як це зазвичай робиться, тлумачення, яке сьогодні дає теорія Відносності. Ми хочемо забезпечити всі переходи між психологічною та фізичною точками зору, між Часом здорового глузду та часом Ейнштейна. Для цього ми повинні повернутися до того душевного стану, в якому можна було перебувати спочатку, коли вірили в нерухомий ефір, абсолютний спокій, і все ж потрібно було пояснити експеримент Майкельсона–Морлі. Таким чином ми отримаємо певну концепцію Часу, яка є лише напіввідсною, лише з одного боку, яка ще не є концепцією Ейнштейна, але яку ми вважаємо важливою для розуміння. Теорія Відносності може не враховувати її у своїх наукових висновках, але вона, на нашу думку, підпадає під її вплив, як тільки перестає бути фізикою і стає філософією. Парадокси, які так налякали одних і так спокусили інших, походять, на нашу думку, звідти. Вони пов'язані з двозначністю. Вони виникають через те, що дві різні концепції відносності, одна радикальна й концептуальна, інша пом'якшена й образна, співіснують у нашій свідомості без нашого відома й взаємодіють, і концепція зазнає впливу образу.

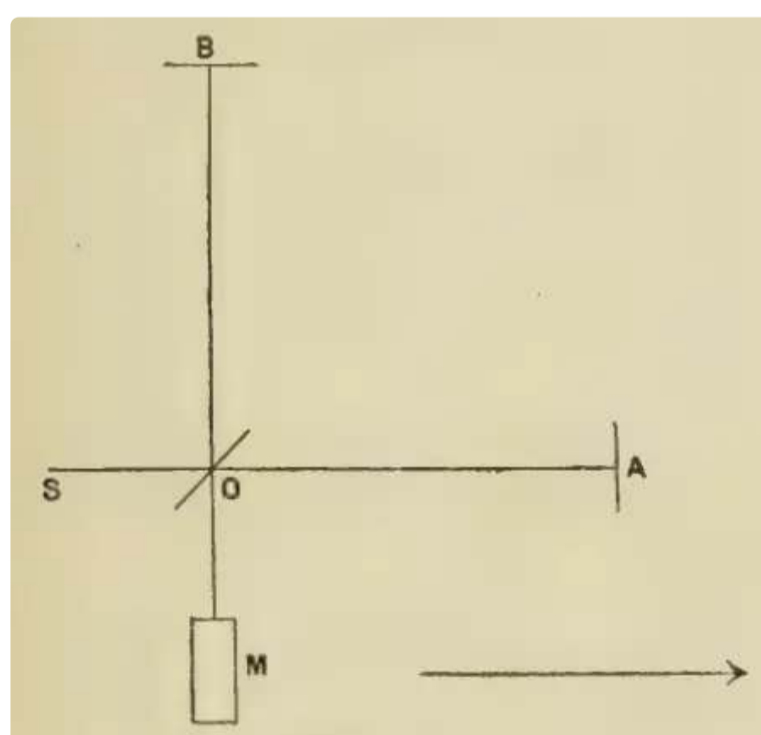


Рисунок 1

Опишемо схематично експеримент, започаткований ще 1881 року американським фізиком Майкельсоном, повторений ним і Морлі у 1887 році та ще ретельніше проведений Морлі та Міллером у 1905 році. Промінь світла  $SO$  (рис. 1), випромінений джерелом  $S$ , розділяється у точці  $O$  скляною пластинкою, нахиленою під  $45^\circ$  до його напрямку, на два промені, один з яких відбивається перпендикулярно до  $SO$  у напрямку  $OB$ , тоді як інший продовжує свій

шлях у продовженні  $OA$  від  $SO$ . У точках  $A$  і  $B$ , які ми вважаємо рівновіддаленими від  $O$ , розташовані два плоских дзеркала, перпендикулярні до  $OA$  і до  $OB$ . Два промені, відбиті дзеркалами  $B$  і  $A$  відповідно, повертаються до  $O$ : перший, проходячи крізь скляну пластинку, слідує лінії  $OM$ , продовженню  $BO$ ; другий відбивається пластинкою вздовж тієї ж лінії  $OM$ . Вони таким чином накладаються один на одного й утворюють систему інтерференційних смуг, яку можна спостерігати з точки  $M$  у телескоп, спрямований уздовж  $MO$ .

Припустимо на мить, що апарат не рухається поступально в ефірі. Спочатку очевидно, що якщо відстані  $OA$  і  $OB$  рівні, то час, витрачений першим променем на шлях від  $O$  до  $A$  і назад, дорівнює часу, витраченому другим променем на шлях від  $O$  до  $B$  і назад, оскільки апарат нерухомий у середовищі, де світло поширюється з однаковою швидкістю у всіх напрямках. Отже, вигляд інтерференційних смуг залишатиметься незмінним при будь-якому обертанні пристрою. Він буде однаковим, зокрема, при повороті на  $90$  градусів, який змінить місцями плечі  $OA$  і  $OB$ .

Але насправді апарат бере участь у русі Землі навколо Сонця<sup>(1)</sup>. Легко побачити, що в цих умовах подвійна подорож першого променя не може тривати стільки ж, скільки подвійна подорож другого<sup>(2)</sup>.

<sup>(1)</sup> Рух Землі можна вважати прямолінійним і рівномірним протягом тривалості експерименту.

<sup>(2)</sup> Не слід забувати, у всьому подальшому, що випромінювання від джерела  $S$  миттєво відкладається в нерухомому ефірі і з цього моменту поширюється незалежно від руху джерела.

Обчислимо ж, згідно з класичною кінематикою, тривалість кожної подвійної подорожі. Для спрощення викладу припустимо, що напрямок  $SA$  світлового променя обрано так, щоб він збігався з напрямком руху Землі крізь ефір. Позначимо  $v$  як швидкість Землі,  $c$  як швидкість світла,  $l$  як загальну довжину обох ліній  $OA$  та  $OB$ . Швидкість світла відносно апарату на ділянці від  $O$  до  $A$  становитиме  $c - v$ . На зворотному шляху вона буде  $c + v$ . Час, який світло витратить на шлях від  $O$  до  $A$  і назад, дорівнюватиме  $\frac{l}{c-v} + \frac{l}{c+v}$ , тобто  $\frac{2lc}{c^2 - v^2}$ , а шлях, пройдений цим променем у ефірі, становитиме  $\frac{2lc^2}{c^2 - v^2}$  або  $\frac{2l}{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ . Розгляньмо тепер шлях променя, що йде від скляної пластинки  $O$  до дзеркала  $B$  і повертається. Світло рухається від  $O$  до  $B$  зі швидкістю  $c$ , але водночас апарат рухається зі швидкістю  $v$  у напрямку  $OA$ , перпендикулярному до  $OB$ . Отже, відносна швидкість світла тут становить  $\sqrt{c^2 - v^2}$ , а тому повна тривалість шляху дорівнює  $\frac{2l}{\sqrt{c^2 - v^2}}$ .

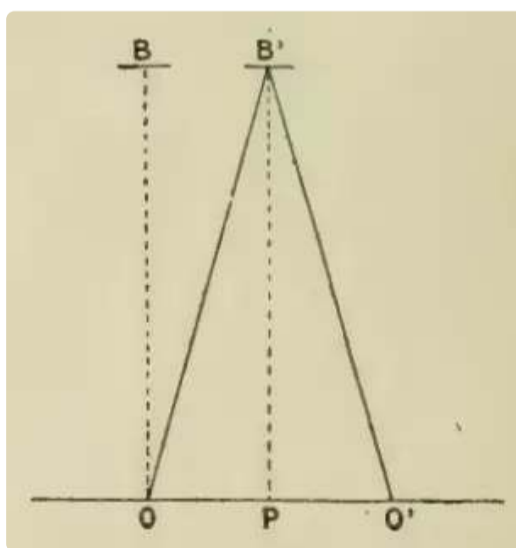


Рисунок 2

Ось тоді пояснення, запропоноване Лоренцом (ідею якого також мав інший фізик, Фіцджеральд). Лінія  $O'$  скорочувалася б через свій рух, щоб відновити рівність між двома подвійними шляхами. Якщо довжина  $O'$ , яка в стані спокою була  $B'$ , стає  $OB'O'$  під час руху цієї лінії зі швидкістю  $OO'$ , то шлях променя в ефірі вимірюватиметься не  $B'P$ , а  $OB'O' = \frac{OO'}{v}$ , і обидва шляхи виявляться рівними. Отже, треба визнати, що будь-яке тіло, що

рухається з будь-якою швидкістю  $OO'$ , зазнає скорочення в напрямку свого руху так, що його новий розмір відноситься до старого як  $\frac{OB'}{c} = \frac{OP}{v}$  до одиниці. Це скорочення, природно, стосується як самого об'єкта, так і лінійки, якою його вимірюють. Тому земний спостерігач його не помічає. Але його можна було б виявити, якби ми скористалися нерухомою обсерваторією — ефіром<sup>(2)</sup>.

## РОЗДІЛ 4.2.

### Односпрямована відносність

Ось тоді пояснення, запропоноване Лоренцом (ідею якого також мав інший фізик, Фіцджеральд). Лінія  $OA$  скорочувалася б через свій рух, щоб відновити рівність між двома подвійними шляхами. Якщо довжина  $OA$ , яка в стані спокою була  $l$ , стає  $l\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$  під час руху цієї лінії зі швидкістю  $v$ , то шлях променя в ефірі вимірюватиметься не  $\frac{2l}{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ , а  $\frac{2l}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ , і обидва шляхи виявляться рівними. Отже, треба визнати, що будь-яке тіло, що рухається з будь-якою швидкістю  $v$ , зазнає скорочення в напрямку свого руху так, що його новий розмір відноситься до старого як  $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$  до одиниці. Це скорочення, природно, стосується як самого об'єкта, так і лінійки, якою його вимірюють. Тому земний спостерігач його не помічає. Але його можна було б виявити, якби ми скористалися нерухомою обсерваторією — ефіром<sup>(2)</sup>.

<sup>(1)</sup> До того ж, умови точності експерименту такі, що різниця між двома шляхами світла, якби вона існувала, не могла б не виявитися.

<sup>(2)</sup> Спочатку може здатися, що замість поздовжнього скорочення можна було б припустити поперечне розширення або навіть те й інше разом у відповідній пропорції. У цьому питанні, як і в багатьох інших, ми змушені залишити пояснення теорії відносності поза увагою. Ми обмежуємося тим, що стосується нашої поточної дослідницької мети.

Узагальнюючи, назвемо  $S$  систему, нерухому в ефірі, а  $S'$  — її точну копію, яка спочатку збігалася з нею, а потім відокремилася, рухаючись прямолінійно зі швидкістю  $v$ . Відразу після відокремлення  $S'$  скорочується в напрямку свого руху. Все, що не перпендикулярне до напрямку руху, зазнає скорочення. Якби  $S$  була сферою, то  $S'$  стала б еліпсоїдом. Цим скороченням пояснюється те, що експеримент Майкельсона-Морлі дає ті самі результати, ніби світло мало постійну швидкість  $c$  у всіх напрямках.

Але ми також повинні зрозуміти, чому ми самі, вимірюючи швидкість світла за допомогою земних експериментів, таких як експерименти Фізо чи Фуко, завжди отримуємо те саме число  $c$ , незалежно від швидкості Землі відносно ефіру<sup>(1)</sup>. Спостерігач, нерухомий у ефірі, пояснить це так. У таких експериментах світловий промінь завжди проходить подвійний шлях туди й назад між точкою  $O$  та іншою точкою Землі,  $A$  чи  $B$ , як у експерименті Майкельсона-Морлі. На думку спостерігача, що бере участь у русі Землі, довжина цього подвійного шляху становить  $2l$ . Однак ми стверджуємо, що він завжди знаходить для світла ту саму швидкість  $c$ . Отже, годинник, яким експериментатор користується в точці  $O$ , завжди показує, що той самий інтервал  $t$ , рівний  $\frac{2l}{c}$ , минув між виходом і поверненням променя. Але спостерігач, розташований у ефірі, який стежить за фактичним шляхом променя в цьому середовищі, знає, що реальна відстань становить  $\frac{2l}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ . Він бачить, що якби рухомий годинник вимірював час так само, як нерухомий годинник, що стоїть поруч, він би показав інтервал  $\frac{2l}{c\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ . Оскільки він показує лише  $\frac{2l}{c}$ , то його Час тече повільніше.

Якщо за той самий інтервал між двома подіями годинник відлічує менше секунд, то кожна з них триває довше. Отже, секунда годинника, прикріпленого до Землі, що рухається,

довша за секунду нерухомого годинника в ефірі. Її тривалість становить  $\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ . Але

мешканець Землі цього не знає.

---

<sup>(1)</sup> Важливо зауважити (це часто упустили), що скорочення Лоренца недостатньо, щоб обґрунтувати з точки зору ефіру повну теорію експерименту Майкельсона-Морлі, проведеного на Землі. До нього треба додати уповільнення часу та зсув одночасності — все те, що ми знайдемо у теорії Ейнштейна після трансформації. Цей момент був добре висвітлений у цікавій статті К. Д. Брода "Евклід, Ньютон і Ейнштейн" (Hibbert Journal, квітень 1921).

## РОЗДІЛ 4.3.

### Уповільнення часу

Узагальнюючи, знову назвемо  $S$  систему, нерухому в ефірі, а  $S'$  — її копію, яка спочатку збігалася з нею, а потім відокремилася, рухаючись прямолінійно зі швидкістю  $v$ . Поки  $S'$  скорочується в напрямку свого руху, його Час розширюється. Особа, прив'язана до системи  $S$ , спостерігаючи  $S'$  і зосередивши увагу на секунді годинника  $S'$  у момент відокремлення, побачила б, як секунда  $S$  розтягується на  $S'$ , наче гумова нитка, яку тягнуть, чи лінія, яку розглядають під лупой. Уточнимо: жодних змін у механізмі годинника чи його функціонуванні не відбулося. Явище не має нічого спільного з подовженням маятника. Не тому годинники йдуть повільніше, що Час подовжився; а тому, що Час подовжився, годинники, залишаючись незмінними, йдуть повільніше. Внаслідок руху довший, розтягнутий, розширений час заповнює інтервал між двома положеннями стрілки. Таке саме сповільнення, до речі, стосується всіх рухів і змін у системі, оскільки кожен з них міг би так само стати представником Часу і виконувати роль годинника.

Ми припустили, що земний спостерігач стежить за рухом променя світла від  $O$  до  $A$  і назад від  $A$  до  $O$ , вимірюючи швидкість світла лише за допомогою годинника в точці  $O$ . Що станеться, якщо вимірювати цю швидкість лише в один бік, використовуючи два годинники <sup>(1)</sup>, розташовані відповідно в точках  $O$  і  $A$ ? Справді, у всіх земних вимірах швидкості світла вимірюють подвійний шлях променя. Тому описаний експеримент ніколи не проводився. Але немає підстав вважати його неможливим. Ми покажемо, що він також дасть ту саму швидкість світла. Але нагадаймо для цього, у чому полягає синхронізація наших годинників.

---

<sup>(1)</sup> Зрозуміло, що під "годинником" у цьому розділі ми розуміємо будь-який пристрій, що дозволяє вимірювати проміжок часу або точно визначати взаємне положення двох моментів. У експериментах щодо швидкості світла зубчасте колесо Фізо, оберতальне дзеркало Фуко є годинниками. Ще більш загальним буде значення цього слова в цілому дослідженні. Воно застосовується також до природних процесів. Годинником буде Земля, що обертається.

З іншого боку, коли ми говоримо про нуль годинника та операцію, якою визначають положення нуля на іншому годиннику для узгодження, ми вводимо циферблати та стрілки лише для наочності. За наявності двох будь-яких пристроїв, природних чи штучних, що слугують для вимірювання часу, отже, двох рухів, нулем можна назвати будь-яку точку, довільно обрану як початок, на траєкторії першого рухомого тіла. Встановлення нуля в другому пристрої полягатиме просто в позначенні на траєкторії другого рухомого тіла точки, яка вважатиметься відповідною тому самому моменту. Коротше, "встановлення нуля" слід розуміти в подальшому як реальну чи ідеальну операцію, виконану чи просто уявлену, якою на двох пристроях були позначені дві точки, що позначають першу одночасність.

## РОЗДІЛ 4.4.

### Розлад одночасності

Як синхронізувати два годинники, розташовані в різних місцях? За допомогою зв'язку між двома особами, відповідальними за синхронізацію. Однак миттєвого зв'язку немає; і оскільки будь-яка передача займає час, довелось вибрати той, що відбувається в незмінних умовах. Лише сигнали, запущені через ефір, відповідають цій вимозі: будь-яка передача через матерію залежить від її стану та численних обставин, що його змінюють. Тому два

оператори мали спілкуватися за допомогою оптичних сигналів, або, загалом, електромагнітних. Особа в  $O$  надіслала особі в  $A$  промінь світла, призначений повернутися негайно. І все відбулося як в експерименті Майкельсона–Морлі, з тією різницею, що дзеркала замінили людьми. Було домовлено між двома операторами в  $O$  і  $A$ , що другий позначить нуль у точці, де буде стрілка його годинника в момент прибуття променя. З цього моменту першому залишилося лише відзначити на своєму годиннику початок і кінець інтервалу, зайнятого подвійною подорожжю променя: саме в середині інтервалу він розташував нуль свого годинника, оскільки хотів, щоб два нулі позначали «одночасні» моменти і щоб годинники були відтепер узгоджені.

Це було б ідеально, якби шлях сигналу був однаковою туди й назад, або, іншими словами, якби система, до якої прикріплені годинники  $O$  і  $A$ , була нерухомою в ефірі. Навіть у системі, що рухається, це також було б ідеальним для синхронізації двох годинників  $O$  і  $B$ , розташованих на лінії, перпендикулярній до напрямку руху: ми знаємо, що якщо рух системи переміщує  $O$  у  $O'$ , то промінь світла проходить той самий шлях від  $O$  до  $B'$ , що й від  $B'$  до  $O'$ , оскільки трикутник  $OB'O'$  є рівнобедреним. Але це не так для передачі сигналу від  $O$  до  $A$  і навпаки. Спостерігач, що знаходиться в абсолютному спокої в ефірі, бачить, що шляхи нерівні, оскільки на першій ділянці промінь, випущений з точки  $O$ , має наздоганяти точку  $A$ , яка тікає, тоді як на зворотному шляху промінь, відбитий від точки  $A$ , зустрічає точку  $O$ , що наближається. Або, якщо краще, він усвідомлює, що відстань  $OA$ , яка вважається однаковою в обох випадках, подолана світлом з відносною швидкістю  $c - v$  у першому випадку,  $c + v$  у другому, так що час у дорозі співвідноситься як  $c + v$  до  $c - v$ . Позначивши нуль у середині інтервалу, який стрілка годинника пройшла між виходом і поверненням променя, ми розміщуємо його, на думку нашого нерухомого спостерігача, занадто близько до точки відправлення. Обчислимо величину помилки. Ми щойно говорили, що інтервал, пройдений стрілкою по циферблату під час подвійної подорожі променя туди й назад, становить  $\frac{2l}{c}$ . Отже, якщо в момент випромінювання сигналу позначити тимчасовий нуль у точці, де знаходилася стрілка, то остаточний нуль  $M$  буде розташовано у точці  $\frac{l}{c}$  циферблату, що, як вважають, відповідає остаточному нулю годинника в  $A$ . Але нерухомий спостерігач знає, що остаточний нуль годинника в  $O$ , щоб справді відповідати нулю годинника в  $A$ , бути одночасним з ним, мав би бути розташований у точці, що ділить інтервал  $\frac{2l}{c}$  не на рівні частини, а пропорційно  $c + v$  і  $c - v$ . Назвемо  $x$  першою з цих двох частин. Ми матимемо

$$\frac{x}{\frac{2l}{c} - x} = \frac{c + v}{c - v}$$

і, отже,

$$x = \frac{l}{c} + \frac{lv}{c^2}.$$

. Це означає, що для нерухомого спостерігача точка  $M$ , де позначено остаточний нуль, знаходиться на  $\frac{lv}{c^2}$  занадто близько до тимчасового нуля, і якщо ми хочемо залишити її там, то для досягнення реальної одночасності між остаточними нулями двох годинників слід відсунути на  $\frac{lv}{c^2}$  остаточний нуль годинника в  $A$ . Коротше, годинник у  $A$  завжди відстає на інтервал циферблату  $\frac{lv}{c^2}$  від часу, який мав би показувати. Коли стрілка знаходиться в точці, яку ми умовно назвемо  $t'$  (залишаючи позначення  $t$  для часу годинників, нерухомих у ефірі), нерухомий спостерігач каже собі, що якби вона справді відповідала годиннику в  $O$ , то показувала б  $t' + \frac{lv}{c^2}$ .

Тоді що станеться, коли оператори, розташовані відповідно в  $O$  і  $A$ , захочуть виміряти швидкість світла, відзначивши на синхронізованих годинниках у цих точках момент відправлення, момент прибуття, отже, час, який знадобився світлу, щоб подолати відстань?

Ми щойно побачили, що нулі двох годинників були встановлені так, щоб промінь світла завжди здавався спостерігачу, який вважає годинники синхронізованими, витратити однаковий час на шлях від  $O$  до  $A$  і назад. Отже, наші два фізики природно виявлять, що час подорожі від  $O$  до  $A$ , виміряний за допомогою годинників, розташованих відповідно в  $O$  і  $A$ , дорівнює половині загального часу повної подорожі туди й назад, виміряного лише одним годинником у  $O$ . Але ми знаємо, що тривалість цієї подвійної подорожі, виміряна годинником у  $O$ , завжди однакова, незалежно від швидкості системи. Отже, це буде також стосуватися тривалості одинарної подорожі, виміряної цим новим методом за двома годинниками: отже, знову буде зафіксована стала швидкість світла. Нерухомий спостерігач в ефірі, до того ж, стежитиме за подіями крок за кроком. Він помітить, що відстань, яку світло проходить від  $O$  до  $A$ , відноситься до відстані від  $A$  до  $O$  у співвідношенні  $c + v$  до  $c - v$ , замість того щоб бути рівною. Він констатує, що, оскільки нуль другого годинника не збігається з нулем першого, час туди й час назад, які здаються рівними при порівнянні показів двох годинників, насправді знаходяться у співвідношенні  $c + v$  до  $c - v$ . Отже, скаже він собі, сталася помилка у довжині шляху та помилка у тривалості подорожі, але дві помилки компенсують одна одну, бо це та сама подвійна помилка, що колись лежала в основі синхронізації двох годинників.

Отже, чи вимірюємо ми час одним годинником у певному місці, чи використовуємо два віддалені один від одного годинники; в обох випадках ми отримаємо всередині рухомої системи  $S'$  те саме число для швидкості світла. Спостерігачі, прив'язані до рухомої системи, вважатимуть, що другий експеримент підтверджує перший. Але нерухомий спостерігач, що сидить в ефірі, просто зробить висновок, що йому потрібно внести дві корективи замість однієї для всього, що стосується часу, що показують годинники системи  $S'$ . Він уже помітив, що ці годинники йдуть занадто повільно. Тепер він скаже собі, що годинники, розташовані вздовж напрямку руху, додатково відстають один від одного. Припустимо ще раз, що рухома система  $S'$  відокремилася, як копія, від нерухомої системи  $S$ , і що відокремлення відбулося в момент, коли годинник  $H'_0$  рухомої системи  $S'$ , збігаючись із годинником  $H_0$  системи  $S$ , показував нуль, як і вона. Розглянемо тоді в системі  $S'$  годинник  $H'_1$ , розташований так, що пряма  $H'_0 H'_1$  вказує напрямок руху системи, і назвемо  $l$  довжину цієї прямої. Коли годинник  $H'_1$  показує час  $t'$ , нерухомий спостерігач тепер з підстав вважає, що, оскільки годинник  $H'_1$  відстає на інтервал циферблату  $\frac{lv}{c^2}$  від годинника  $H'_0$  цієї системи, насправді минуло число  $t' + \frac{lv}{c^2}$  секунд системи  $S'$ . Але він уже знав, що через уповільнення часу внаслідок руху кожна з цих видимих секунд коштує, у реальних секундах,  $\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ . Отже, він підрахує, що якщо годинник  $H'_1$  показує  $t'$ , реально минулий час становить  $\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}(t' + \frac{lv}{c^2})$ . Перевіряючи в цей момент один із годинників своєї нерухомої системи, він виявить, що час  $t'$ , позначений ним, саме це число.

Але ще до того, як він усвідомить необхідність корекції для переходу від часу  $t'$  до часу  $t$ , він помітив би помилку, яку роблять всередині рухомої системи у сприйнятті одночасності. Він би схопив її на місці злочину, спостерігаючи за синхронізацією годинників. Розглянемо, справді, на лінії  $H'_0 H'_1$ , нескінченно продовженій у цій системі, велику кількість годинників  $H'_0, H'_1, H'_2 \dots$  тощо, розділених одна від одної рівними інтервалами  $l$ . Коли  $S'$  збігався з  $S$ , отже, був нерухомим у ефірі, оптичні сигнали, що йшли туди й назад між двома сусідніми годинниками, робили однакові шляхи в обох напрямках. Якщо всі годинники, так синхронізовані між собою, показували однаковий час,

це було в один і той самий момент. Тепер, коли  $S'$  відокремився від  $S$  внаслідок поділу, людина всередині  $S'$ , яка не знає, що рухається, залишає свої годинники  $H'_0, H'_1, H'_2 \dots$  тощо такими, якими вони були; він вірить у реальну одночасність, коли стрілки вказують на однакову цифру циферблату. До того ж, якщо у нього виникають сумніви, він знову проводить синхронізацію: він просто знаходить підтвердження того, що спостерігав у стані спокою. Але нерухомий спостерігач, який бачить, як оптичний сигнал тепер проходить більший шлях від  $H'_0$  до  $H'_1$ , від  $H'_1$  до  $H'_2$  тощо, ніж назад від  $H'_1$  до  $H'_0$ , від  $H'_2$  до  $H'_1$  тощо, помічає, що для реальної одночасності, коли годинники показують однаковий час, нуль годинника  $H'_1$  потрібно було б відсунути на  $\frac{lv}{c^2}$ , нуль годинника  $H'_2$  — на  $\frac{2lv}{c^2}$  тощо. З реальної одночасності стала номінальною. Вона викривилася в послідовність.

## РОЗДІЛ 4.5.

### Поздовжнє скорочення

Отже, ми щойно досліджували, як світло могло мати однакову швидкість для нерухомого спостерігача та для спостерігача в русі: поглиблення цього пункту виявило нам, що система  $S'$ , що походить від поділу системи  $S$  і рухається прямолінійно зі швидкістю  $v$ , зазнає особливих змін. Їх можна сформулювати так:

1. Усі довжини в  $S'$  скоротилися в напрямку свого руху. Нова довжина відноситься до старої у співвідношенні  $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$  до одиниці.
2. Час системи розширився. Нова секунда відноситься до старої у співвідношенні одиниці до  $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ .
3. Те, що було одночасністю в системі  $S$ , загалом стало послідовністю в системі  $S'$ . Лише залишаються сучасними в  $S'$  події, сучасні в  $S$ , що розташовані в одній площині, перпендикулярній до напрямку руху. Будь-які дві інші події, сучасні в  $S$ , розділені в  $S'$  на  $\frac{lv}{c^2}$  секунд системи  $S'$ , якщо позначити через  $l$  їхню відстань, виміряну вздовж напрямку руху їхньої системи, тобто відстань між двома площинами, перпендикулярними до цього напрямку, що проходять відповідно через кожну з них.

Отже, система  $S'$ , розглянута у просторі та часі, є копією системи  $S$ , яка скоротилася, що стосується простору, у напрямку свого руху; розширила, що стосується часу, кожну свою секунду; і нарешті, у часі, розірвала на послідовність будь-яку одночасність між двома подіями, відстань між якими зменшилася в просторі. Але ці зміни вислизають від спостерігача, який є частиною рухомої системи. Лише нерухомий спостерігач це помічає.

## РОЗДІЛ 4.6.

### Конкретне значення термінів, що входять у формули Лоренца

Уявімо, що ці два спостерігачі, П'єр та Поль, можуть спілкуватися. П'єр, який розуміє справу, сказав би Полю: «У момент, коли ти відокремився від мене, твоя система сплющилася, твій Час розтягнувся, твої годинники розладилися. Ось формули виправлення, які дозволять тобі повернутися до істини. Тобі вирішувати, що з цим робити». Очевидно, Поль відповів би: «Я

нічого не зроблю, бо практично й науково все стане несумісним усередині моєї системи. Довжини скоротилися, кажеш? Але тоді те саме станеться з метром, який я прикладаю до них; і оскільки вимірювання цих довжин усередині моєї системи — це їхнє співвідношення до цього зміщеного метра, це вимірювання має залишитися таким, яким було». Час, кажеш далі, розтягнувся, і ти зараховуєш більше однієї секунди там, де мої годинники показують рівно одну? Але якщо ми припустимо, що  $S$  і  $S'$  — це дві копії планети Земля, секунда  $S'$ , як і секунда  $S$ , за визначенням є певною визначеною часткою часу обертання планети; і хай вони й не мають однакової тривалості, вони залишаються лише секундою, одна й інша. Одночасності стали послідовностями? Годинники у точках  $H'_1, H'_2, H'_1$  показують усі три однаковий час, хоча є три різні моменти? Але в різні моменти, коли вони показують у моїй системі однаковий час, у точках  $H'_1, H'_2, H'_1$  моєї системи відбуваються події, які в системі  $S$  були правомірно позначені як сучасні: я тоді погоджуся називати їх сучасними і далі, щоб не розглядати по-новому співвідношення цих подій між собою спочатку, а потім з усіма іншими. Цим я збережу всі твої послідовності, всі твої зв'язки, всі твої пояснення. Називаючи послідовністю те, що я називав одночасністю, я мав би несумісний світ або побудований за абсолютно іншим планом, ніж твій. Отже, усі речі та всі зв'язки між речами збережуть свою величину, залишаться в тих самих рамках, входитимуть у ті самі закони. Тому я можу діяти так, ніби жодна з моїх довжин не скоротилася, ніби мій Час не розтягнувся, ніби мої годинники узгоджені. Ось принаймні стосовно важкої матерії, тієї, що я тягну з собою в русі своєї системи: глибокі зміни відбулися в часових і просторових відношеннях, які її частини підтримують між собою, але я цього не помічаю і не повинен помічати.

Тепер я мушу додати, що вважаю ці зміни корисними. Залишимо важку матерію. Якою ж була б моя ситуація щодо світла, і більш загально щодо електромагнітних явищ, якби мої виміри простору й часу залишилися такими, якими були! Ці події не захоплюються рухом моєї системи. Світлові хвилі, електромагнітні збурення можуть виникати в системі, що рухається: досвід доводить, що вони не приймають її руху. Моя система, що рухається, залишає їх, так би мовити, у нерухомому ефірі, який з того часу бере їх на себе. Навіть якби ефіру не існувало, його винайшли б, щоб символізувати цей експериментально встановлений факт, незалежність швидкості світла від руху джерела, що її випромінило. Отже, у цьому ефірі, перед цими оптичними явищами, серед цих електромагнітних подій, ти перебуваєш, нерухомий. Але я їх перетинаю, і те, що ти бачиш зі свого нерухомого спостережного пункту в ефірі, ризикувало з'явитися мені зовсім інакше. Наука електромагнетизму, яку ти так старанно побудував, була б для мене перероблятися; мені довелося б змінювати свої рівняння, раз встановлені, для кожної нової швидкості моєї системи. Що б я робив у так побудованому всесвіті? Якою рідкістю всієї науки була б куплена міцність часових і просторових зв'язків! Але завдяки скороченню моїх довжин, розтягненню мого Часу, розладу моїх одночасностей моя система стає щодо електромагнітних явищ точною копією нерухомої системи. Хай вона біжить зі швидкістю, яка їй до вподоби, поруч із світловою хвилею: та завжди зберігатиме для нього ту саму швидкість, він буде ніби нерухомий щодо неї. Отже, усе якнайкраще, і це добрий геній так усе влаштував.

Однак є випадок, коли я мушу врахувати твої вказівки й змінити свої виміри. Це коли мова йде про побудову цілісного математичного представлення всесвіту, я маю на увазі всього, що відбувається у всіх світах, що рухаються відносно тебе з усіма швидкостями. Щоб встановити це представлення, яке дало б нам, раз повне й досконале, зв'язок усього з усім, треба визначити кожен точку всесвіту за її відстанями  $x, y, z$  до трьох визначених прямокутних площин, які оголошуються нерухомими і перетинаються вздовж осей  $Ox$ ,

$OY, OZ$ . Крім того, осі  $OX, OY, OZ$ , які обираються на користь усіх інших, єдині дійсно, а не умовно нерухомі осі, — це ті, що знаходяться у твоїй нерухомій системі. Отже, у системі, що рухається, де я знаходжусь, я відношу свої спостереження до осей  $O'X', O'Y', O'Z'$ , які ця система тягне з собою, і саме за їхніми відстанями  $x', y', z'$  до трьох площин, що перетинаються вздовж цих ліній, визначається в моїх очах будь-яка точка моєї системи. Оскільки саме з твоєї точки зору, нерухомої, має будуватися загальне представлення цілого, я маю знайти спосіб віднести свої спостереження до твоїх осей  $OX, OY, OZ$ , або, іншими словами, встановити раз і назавжди формули, за допомогою яких я зможу, знаючи  $x', y'$  і  $z'$ , обчислити  $x, y$  і  $z$ . Але це буде легко мені завдяки вказівкам, які ти щойно надав. Спочатку, щоб спростити справу, я припущу, що мої осі  $O'X', O'Y', O'Z'$  збігалися з твоїми до роз'єднання двох світів  $S$  і  $S'$  (що цього разу, заради ясності цієї демонстрації, краще зробити зовсім різними один від одного), і я також припущу, що  $OX$ , і отже  $O'X'$ , позначають саме напрямок руху  $S'$ . У цих умовах ясно, що площини  $Z'O'X', X'O'Y'$  лише ковзають відповідно по площинах  $ZOX, XOY$ , що вони постійно збігаються з ними, і тому  $y$  і  $y'$  рівні,  $z$  і  $z'$  теж. Залишається тоді обчислити  $x$ . Якщо з моменту, коли  $O'$  покинув  $O$ , я відрахував на годиннику, що знаходиться в точці  $x', y', z'$ , час  $t'$ , я природно уявляю відстань від точки  $x', y', z'$  до площини  $ZOY$  як рівну  $x' + vt'$ . Але, враховуючи скорочення, про яке ти мені повідомив, ця довжина  $x' + vt'$  не збігалася б з твоєю  $x$ ; вона збігалася б з  $x\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ . І тому те, що ти називаєш  $x$ , є  $\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}(x' + vt')$ . Ось проблема вирішена. Я не забуду, до того ж, що час  $t'$ , що минув для мене і на який вказує мій годинник, розташований у точці  $x', y', z'$ , відрізняється від твого. Коли цей годинник дав мені показ  $t'$ , час  $t$ , відрахований твоїми, становить, як ти казав,  $\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}(t' + \frac{vx'}{c^2})$ . Це час  $t$ , який я тобі позначу. Щодо часу, як і простору, я перейду зі своєї точки зору на твою.

Так міг би говорити Поль. І водночас він би встановив знамениті «рівняння перетворення» Лоренца, які, до того ж, з більш загальної точки зору Ейнштейна, не означають, що система  $S$  є остаточно нерухомою. Ми зараз покажемо, як, згідно з Ейнштейном, можна взяти будь-яку систему  $S$ , тимчасово зафіксовану думкою, і як тоді треба приписати системі  $S'$ , розглянутій з точки зору  $S$ , ті самі часові та просторові деформації, які П'єр приписував системі Поля. У гіпотезі, яку досі завжди приймали, про Єдиний Час та Простір незалежний від Часу, очевидно, що якщо  $S'$  рухається відносно  $S$  з постійною швидкістю  $v$ , якщо  $x', y', z'$  — це відстані точки  $M'$  системи  $S'$  до трьох площин, визначених трьома прямокутними осями, взятими попарно,  $O'X', O'Y', O'Z'$ , і якщо, нарешті,  $x, y, z$  — відстані цієї самої точки до трьох нерухомих прямокутних площин, з якими три рухливі спочатку збігалися, то маємо:

$$\begin{aligned}x &= x' + vt' \\y &= y' \\z &= z'\end{aligned}$$

Оскільки, до того ж, той самий час незмінно тече для всіх систем, маємо:

$$t = t'.$$

Але якщо рух визначає скорочення довжин, сповільнення часу і робить так, що в системі з розтягнутим часом годинники показують лише місцевий час, то з пояснень, обмінаних

між П'єром і Полем, впливає, що матимемо:

$$\begin{aligned} x &= \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} (x' + vt') \\ y &= y' \\ z &= z' \\ t &= \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \left( t' + \frac{vx'}{c^2} \right) \end{aligned} \quad \textcircled{1}$$

Звідси нова формула для складання швидкостей. Припустимо, що точка  $M'$  рухається рівномірно всередині  $S'$ , паралельно до  $O'X'$ , зі швидкістю  $v'$ , виміряною, природно, за  $\frac{x'}{t'}$ . Якою буде її швидкість для спостерігача, що сидить у  $S$  і відносить послідовні положення рухомого тіла до своїх осей  $OX, OY, OZ$ ? Щоб отримати цю швидкість  $v''$ , виміряну за  $\frac{x}{t}$ , ми повинні поділити почленно перше та четверте з наведених вище рівнянь, і отримаємо:

$$v'' = \frac{v + v'}{1 + \frac{vv'}{c^2}}$$

тоді як досі механіка постулювала:

$$v'' = v + v'$$

Отже, якщо  $S$  — берег річки, а  $S'$  — човен, що рухається зі швидкістю  $v$  відносно берега, то мандрівник, що пересувається на палубі у напрямку руху зі швидкістю  $v'$ , має в очах спостерігача, нерухомого на березі, не швидкість  $v + v'$ , як говорили дотепер, а швидкість меншу за суму двох складових. Принаймні, спочатку здається саме так. Насправді результуюча швидкість є сумою двох складових швидкостей, якщо швидкість мандрівника на човні вимірюється з берега, як і швидкість самого човна. Виміряна з човна, швидкість  $v'$  мандрівника становить  $\frac{x'}{t'}$ , якщо ми назвемо, наприклад,  $x'$  довжину, яку мандрівник знаходить у човна (довжина для нього незмінна, оскільки човен завжди для нього нерухомий), а  $t'$  — час, який він витрачає на її подолання, тобто різницю між годинами, що показують на початку та в кінці дві годинники, розташовані відповідно на кормі та на носі (ми припускаємо надзвичайно довгий човен, годинники якого можна було синхронізувати лише за допомогою сигналів, переданих на відстань). Але для спостерігача, нерухомого на березі, човен скоротився, коли перейшов із стану спокою в рух, Час на ньому розтягнувся, годинники більше не синхронізовані. Тому простір, який подолав на його очах мандрівник на човні, вже не  $x'$  (якби  $x'$  була довжиною причалу, з якою збігався нерухомий човен), а  $x' \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ ; і час, витрачений на подолання цього простору, не  $t'$ , а  $\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \left( t' + \frac{vx'}{c^2} \right)$ . Він дійде висновку, що швидкість, яку треба додати до  $v$ , щоб отримати  $v''$ , це не  $v'$ , а

$$\frac{x' \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}{\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \left( t' + \frac{vx'}{c^2} \right)}$$

, тобто

$$\frac{v' \left( 1 - \frac{v^2}{c^2} \right)}{1 + \frac{vv'}{c^2}}$$

. Тоді він матиме:

$$v'' = v + \frac{v' \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)}{1 + \frac{vv'}{c^2}} = \frac{v + v'}{1 + \frac{vv'}{c^2}}$$

Звідси видно, що жодна швидкість не може перевищити швидкість світла, оскільки будь-яке складання довільної швидкості  $v'$  зі швидкістю  $v$ , припущеною рівною  $c$ , завжди дає в результаті ту саму швидкість  $c$ .

Ось такі формули, повертаючись до нашої першої гіпотези, матиме на увазі Поль, якщо захоче перейти зі своєї точки зору на точку зору П'єра і таким чином отримати — оскільки всі спостерігачі, прикріплені до всіх рухомих систем  $S''$ ,  $S'''$  тощо, зробили те саме — повне математичне представлення Всесвіту. Якби він міг встановити свої рівняння безпосередньо, без участі П'єра, він так само дав би їх П'єру, щоб той міг, знаючи  $x, y, z, t, v''$ , обчислити  $x', y', z', t', v'$ . Розв'язуючи рівняння ① відносно  $x', y', z', t', v'$ , ми відразу отримаємо:

$$\begin{aligned}x' &= \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} (x - vt) \\y' &= y \\z' &= z \\t' &= \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \left(t - \frac{vx}{c^2}\right) \\v' &= \frac{v'' - v}{1 - \frac{vv''}{c^2}}\end{aligned}$$

рівняння, які зазвичай наводяться для перетворення Лоренца<sup>(1)</sup>. Але це поки неважливо. Ми хотіли лише, відновлюючи ці формули почленно, визначаючи сприйняття спостерігачів, розташованих у тій чи іншій системі, підготувати аналіз і демонстрацію, які є предметом цієї роботи.

<sup>(1)</sup> Важливо зауважити, що якщо ми відновили формули Лоренца, коментуючи експеримент Майкельсона-Морлі, то лише з метою показати конкретний зміст кожного члена, що їх складає. Справа в тому, що група перетворень, відкрита Лоренцем, забезпечує загалом інваріантність рівнянь електромагнетизму.

## РОЗДІЛ 5.

# Повна відносність

Ми на мить відійшли від погляду, який ми назвемо поглядом «односторонньої відносності», до погляду взаємності, властивого Ейнштейну. Поспішімо повернутися до нашої позиції. Але скажемо вже зараз, що скорочення рухомих тіл, розширення їхнього Часу, розрив одночасності у послідовність зберігаться в теорії Ейнштейна без змін: нічого не доведеться змінювати в рівняннях, які ми щойно встановили, ні взагалі в тому, що ми сказали про систему  $S'$  у її часових і просторових відносинах із системою  $S$ . Тільки ці скорочення протяжності, ці розширення Часу, ці розриви одночасності стануть явно взаємними (вони вже неявно такі, згідно з самою формою рівнянь), і спостерігач у  $S'$  повторюватиме про  $S$  усе, що спостерігач у  $S$  стверджував про  $S'$ . Цим зникне, як ми також покажемо, те, що спочатку було парадоксальним у теорії Відносності: ми стверджуємо, що єдиний Час і Простір, незалежний від тривалості, зберігаються в чистій гіпотезі Ейнштейна: вони залишаються тими, якими завжди були для здорового глузду. Але майже неможливо дійти гіпотези подвійної відносності, не пройшовши через гіпотезу

односторонньої відносності, де ще постулюється абсолютна точка відліку, нерухомий ефір. Навіть коли ми усвідомлюємо відносність у другому сенсі, ми все ще бачимо її трохи в першому; бо марно казати, що існує лише взаємний рух  $S$  і  $S'$  один відносно одного, ми не можемо вивчати цю взаємність, не обравши один із двох термінів,  $S$  чи  $S'$ , як «систему відліку»: але як тільки система була так зафіксована, вона стає тимчасово абсолютною точкою відліку, замінником ефіру. Коротше, абсолютний спокій, вигнаний розумом, відновлюється уявою. З математичної точки зору це не має жодних недоліків. Чи система  $S$ , обрана як система відліку, перебуває в абсолютному спокої в ефірі, чи вона лише в спокої відносно всіх систем, з якими її порівнюють, — у обох випадках спостерігач, розташований у  $S$ , однаково оброблятиме виміри часу, передані йому з усіх систем, таких як  $S'$ ; у обох випадках він застосовуватиме до них формули перетворення Лоренца. Для математика обидві гіпотези рівнозначні. Але для філософа це не так. Бо якщо  $S$  перебуває в абсолютному спокої, а всі інші системи — в абсолютному русі, теорія Відносності фактично припускатиме існування множинних Часів, усіх на одному рівні та усіх реальних. Якщо ж, навпаки, ми приймемо гіпотезу Ейнштейна, множинні Часи збережуться, але реальним буде лише один з них, як ми маємо намір довести: інші будуть математичними фікціями. Тому, на нашу думку, усі філософські труднощі щодо часу зникають, якщо суворо дотримуватися гіпотези Ейнштейна, але зникають і всі дивакуватості, які збили з пантелику стільки розумів. Тому нам не потрібно заглиблюватися в сенс, який слід надавати «деформації тіл», «уповільненню часу» та «розриву одночасності», коли вірять у нерухомий ефір і привілейовану систему. Нам достатньо з'ясувати, як їх слід розуміти в гіпотезі Ейнштейна. Потім, кинувши оком у минуле на першу точку зору, ми визнаємо, що спочатку треба було стати на неї, ми вважатимемо природним спокусу повернутися до неї навіть після прийняття другої; але ми також побачимо, як помилкові проблеми виникають лише тому, що образи запозичуються з одного погляду, щоб підтримати абстракції, що відповідають іншому.

## РОЗДІЛ 5.1.

### Про взаємність руху

Ми уявили систему  $S$  у спокої в нерухомому ефірі та систему  $S'$  у русі відносно  $S$ . Однак ефір ніколи не сприймався; його ввели у фізику для підтримки розрахунків. Навпаки, рух системи  $S'$  відносно системи  $S$  є для нас фактом спостереження. Також слід вважати фактом, доки не доведено іншого, сталість швидкості світла для системи, що змінює швидкість як завгодно і чия швидкість, отже, може знизитися до нуля. Повернімося тоді до трьох тверджень, з яких ми виходили: 1°  $S'$  рухається відносно  $S$ ; 2° світло має ту саму швидкість для обох; 3°  $S$  перебуває в спокої в нерухомому ефірі. Зрозуміло, що два з них констатують факти, а третє — гіпотезу. Відкиньмо гіпотезу: ми маємо лише два факти. Але тоді перше вже не формулюється так само. Ми заявляли, що  $S'$  рухається відносно  $S$ : чому б нам не сказати так само, що це  $S$  рухається відносно  $S'$ ? Просто тому, що  $S$  вважався причетним до абсолютного спокою ефіру. Але ефіру більше немає<sup>(1)</sup>, немає абсолютної нерухомості ніде. Ми можемо тому, за бажанням, сказати, що  $S'$  рухається відносно  $S$ , або що  $S$  рухається відносно  $S'$ , або краще, що  $S$  і  $S'$  рухаються відносно один одного. Коротше, те, що реально дано, — це взаємність переміщення. Як інакше, коли рух, спостережений у просторі, є лише безперервною зміною відстані? Якщо розглядати дві точки  $A$  і  $B$  та переміщення «однієї з них», усе, що бачить око, усе, що наука може зафіксувати, — це зміна довжини інтервалу<sup>(2)</sup>. Мова висловить цей факт, сказавши, що

рухається *A*, або *B*. Вона має вибір; але вона була б ближчою до досвіду, кажучи, що *A* і *B* рухаються відносно один одного, або простіше, що проміжок між *A* і *B* зменшується чи збільшується. «Взаємність» руху є тому фактом спостереження. Її можна було б визнати *a priori* як умову науки, бо наука оперує лише вимірами, вимір стосується загалом довжин, і коли довжина зростає чи зменшується, немає жодної підстави віддавати перевагу одному з кінців: все, що можна стверджувати, це те, що проміжок між двома збільшується чи зменшується<sup>(3)</sup>.

<sup>(1)</sup> Ми говоримо, звичайно, лише про нерухомий ефір, що становить привілейовану, єдину, абсолютну систему відліку. Але гіпотеза ефіру, належним чином переглянута, може дуже добре бути прийнята теорією Відносності. Ейнштейн цієї думки (Див. його лекцію 1920 року «Ефір і теорія відносності»). Вже для збереження ефіру намагалися використати деякі ідеї Лармора. (Див. Cunningham, *The Principle of Relativity*, Cambridge, 1911, chap. xvi).

<sup>(2)</sup> Щодо цього пункту та «взаємності» руху ми звертали увагу у *Матерії та пам'яті*, Париж, 1896, розд. IV, та у *Вступі до метафізики* (*Revue de Métaphysique et de Morale*, січень 1903).

<sup>(3)</sup> Див. з цього приводу в *Матерії та пам'яті* стор. 214 та наступні.

## РОЗДІЛ 5.2.

### Відносний рух і абсолютний рух

Звичайно, не кожний рух зводиться до того, що спостерігається в просторі. Поруч із рухами, які ми лише спостерігаємо ззовні, існують такі, які ми відчуваємо, що виробляємо самі. Коли Декарт говорив про взаємність руху<sup>(1)</sup>, не дарма Морус відповів йому: «Якщо я сиджу спокійно, а інший, віддаляючись на тисячу кроків, почервонів від втоми, то це він рухається, а я спочиваю<sup>(2)</sup>.» Усе, що наука може нам сказати про відносність руху, сприйнятого нашими очима, виміряного нашими лінійками та годинниками, залишить недоторканим глибоке почуття, що ми виконуємо рухи та докладаємо зусиль, розпорядниками яких ми є. Хай персонаж Моруса, «що сидить спокійно», вирішить бігти на свій колиш, хай він встане і побіжить: марно стверджувати, що його біг є взаємним переміщенням його тіла та ґрунту, що він рухається, якщо наша думка нерухомо зафіксує Землю, але що це Земля рухається, якщо ми ухвалимо нерухомість бігуна — він ніколи не прийме цього ухвалення, завжди стверджуватиме, що безпосередньо сприймає свій вчинок, що цей вчинок є фактом, і що цей факт є одностороннім. Цю свідомість вирішених і виконаних рухів мають також усі інші люди та, безсумнівно, більшість тварин. І, оскільки живі істоти виконують такі рухи, які належать саме їм, пов'язані виключно з ними, сприймаються зсередини, але які, розглянуті ззовні, з'являються оку лише як взаємність переміщення, можна припустити, що так само відбувається з відносними рухами взагалі, і що взаємність переміщення є проявом у наших очах внутрішньої, абсолютної зміни, що відбувається десь у просторі. Ми наголошували на цьому пункті в роботі, яку ми назвали *Вступ до метафізики*. Справді, такою нам здавалася функція метафізика: він має проникнути всередину речей; і справжня сутність, глибинна реальність руху ніколи не може бути йому краще розкрита, ніж коли він виконує рух сам, коли він, безсумнівно, все ще сприймає його ззовні, як і всі інші рухи, але крім того, схоплює його зсередини як зусилля, лише слід якого був видимий. Однак метафізик отримує це безпосереднє, внутрішнє й достеменне сприйняття лише для рухів, які він виконує сам. Лише за них він може гарантувати, що це є реальні вчинки, абсолютні рухи. Вже для рухів, виконаних іншими живими істотами, це не в силу безпосереднього сприйняття, а через співчуття, з аналогічних міркувань він зводить їх до незалежних реальностей. А про рухи матерії взагалі він не зможе нічого сказати, окрім того, що існують, ймовірно, внутрішні зміни, подібні чи неподібні до зусиль, які відбуваються невідомо де і які виявляються в наших очах, як і наші власні вчинки, через взаємні переміщення тіл у просторі. Отже, ми не повинні брати до уваги абсолютний рух у побудові науки: ми знаємо лише винятково, де

він відбувається, і навіть тоді науці це було б марно, бо він не піддається вимірюванню, а функція науки — вимірювати. Наука може і повинна утримувати від реальності лише те, що розгорнуто в просторі, однорідне, вимірне, візуальне. Отже, рух, який вона вивчає, завжди є відносним і може полягати лише у взаємності переміщення. Тоді як Морус говорив як метафізик, Декарт визначав з остаточною точністю наукову точку зору. Він навіть вийшов далеко за межі науки свого часу, за межі ньютонівської механіки, за межі нашої, сформулювавши принцип, доказ якого було прибережено для Ейнштейна.

---

<sup>(1)</sup> Декарт, «Начала», II, 29.

<sup>(2)</sup> Г. Морус, *Scripta philosophica*, 1679, т. II, с. 218.

## РОЗДІЛ 5.3.

### Від Декарта до Ейнштейна

Адже це помітний факт, що радикальна відносність руху, постульована Декартом, не могла бути категорично затверджена сучасною наукою. Наука, як її розуміють від часів Галілея, безсумнівно бажала, щоб рух був відносним. Охоче вона його таким проголошувала. Але вона поводитися з ним мляво та непослідовно. На те були дві причини. По-перше, наука суперечить здоровому глузду лише в міру необхідного. Отож, якщо будь-який прямолінійний і не прискорений рух є очевидно відносним, якщо, отже, в очах науки колія рухається відносно поїзда так само, як поїзд відносно колії, вчений все одно скаже, що колія нерухома; він говоритиме як усі, коли не матиме інтересу висловлюватися інакше. Але справа не в цьому. Причина, чому наука ніколи не наполягала на радикальній відносності рівномірного руху, полягає в тому, що вона відчувала себе нездатною поширити цю відносність на прискорений рух: принаймні, вона мусила тимчасово від нього відмовитися. Не раз у своїй історії вона зазнавала подібної необхідності. Від принципу, притаманного її методі, вона жертвує чимось на користь гіпотези, яку можна негайно перевірити і яка відразу дає корисні результати: якщо перевага зберігається, це означатиме, що гіпотеза була вірною з одного боку, і тоді ця гіпотеза, можливо, одного дня остаточно посприяла встановленню принципу, який вона тимчасово відсунула. Саме так ньютонівський динамізм ніби перекрив шлях розвитку картезіанського механізму. Декарт постулював, що все, що належить до фізики, розгортається у русі в просторі: цим він дав ідеальну формулу універсального механізму. Але дотримуватися цієї формули означало б розглядати глобально взаємозв'язок усього з усім; неможливо було отримати рішення, навіть тимчасове, для окремих проблем, інакше як шляхом більш-менш штучного вирізання та ізоляції частин у цілому: отож, як тільки нехтують взаємозв'язком, вводять силу. Це введення було саме таким усуненням; воно виражало необхідність, в якій перебуває людський інтелект вивчати реальність частина за частиною, безсилий сформулювати відразу синтетичне та аналітичне уявлення про цілісність. Отже, ньютонівський динамізм міг бути — і фактично виявився — шляхом до повної демонстрації картезіанського механізму, яку, можливо, здійснив Ейнштейн. Однак цей динамізм передбачав існування абсолютного руху. Ще можна було визнати відносність руху у випадку прямолінійного не прискореного переміщення; але поява відцентрових сил у обертальному русі ніби свідчила, що тут ми маємо справу зі справжнім абсолютним; і так само треба було вважати абсолютним будь-який інший прискорений рух. Така теорія залишалася класичною до Ейнштейна. Однак це могла бути лише тимчасова концепція. Історик механіки, Мах, вказав на її недостатність <sup>(1)</sup>, і його критика, безсумнівно, сприяла виникненню нових ідей. Жоден філософ не міг цілком задовольнитися теорією, яка вважала рухливість простою відносністю взаємності у випадку рівномірного руху, а у

випадку прискореного руху — реальністю, притаманною рухомому тілу. Якщо ми вважали необхідним, з нашого боку, визнати абсолютну зміну скрізь, де спостерігається просторовий рух, якщо ми вважали, що свідомість зусилля розкриває абсолютний характер супутнього руху, ми додавали, що розгляд цього абсолютного руху стосується виключно нашого пізнання внутрішньої сутності речей, тобто психології, що переходить у метафізику<sup>(1)</sup>. Ми додавали, що для фізики, чия роль — вивчати зв'язки між зоровими даними в однорідному просторі, будь-який рух повинен бути відносним. І все ж деякі рухи не могли бути такими. Тепер вони можуть. Хоч би тільки з цієї причини теорія загальної відносності позначає важливу віху в історії ідей. Ми не знаємо, яку остаточну долю приготує їй фізика. Але, що б не сталося, концепція просторового руху, яку ми знаходимо у Декарта і яка так добре гармонує з духом сучасної науки, була зроблена Ейнштейном науково прийнятною як у випадку прискореного руху, так і у випадку рівномірного руху.

---

<sup>(1)</sup> Max, *Die Mechanik in ihrer Entwicklung*, II. vi

<sup>(2)</sup> Матерія та пам'ять, *loc. cit.* Див. Вступ до метафізики (*Rev. de Métaphysique et de Morale*, січень 1903)

Воно й справді, що ця частина творчості Ейнштейна є останньою. Це теорія Відносності «загальна». Міркування про час та одночасність належали до теорії Відносності «спеціальної», і остання стосувалася лише рівномірного руху. Але в спеціальній теорії була немов вимога до загальної теорії. Бо хоч вона й була спеціальною, тобто обмеженою рівномірним рухом, вона не менш була радикальною, оскільки робила рухливість відносністю взаємності. Отож, чому ще не дійшли явно до цього? Чому навіть до рівномірного руху, який визнавали відносним, застосовували ідею відносності мляво? Тому що знали, що ідея не підійде до прискореного руху. Але з того моменту, як фізик вважав радикальною відносність рівномірного руху, він мусив прагнути розглядати як відносний прискорений рух. Хоч би тільки з цієї причини спеціальна теорія Відносності вимагала продовження у загальній теорії Відносності, і навіть не могла переконати філософа, якщо не піддавалася цьому узагальненню.

Отож, якщо весь рух є відносним і немає абсолютної точки відліку, немає привілейованої системи, спостерігач усередині системи, очевидно, не матиме жодного способу знати, чи його система рухається, чи спочиває. Скажімо краще: він помилявся б, ставлячи це питання, бо воно втрачає сенс; воно не ставиться в таких термінах. Він вільний постановити, що йому заманеться: його система буде нерухомою, за самою визначеністю, якщо він зробить її своєю «системою відліку» і встановить там свою обсерваторію. Так не могло бути навіть у випадку рівномірного руху, коли вірили в нерухомий ефір. Так не могло бути за будь-яких обставин, коли вірили в абсолютний характер прискореного руху. Але з того моменту, як відкидають обидві гіпотези, будь-яка система перебуває в спокої чи русі за бажанням. Природно, треба дотримуватися обраного раз вибору нерухомої системи й поводитися з іншими відповідно.

## РОЗДІЛ 5.4.

### Поширення та перенесення

Ми не хотіли б надмірно подовжувати це вступне слово. Проте мусимо нагадати, що ми колись говорили про поняття тіла, а також про абсолютний рух: цей подвійний ряд міркувань дозволяв дійти висновку про радикальну відносність руху як просторового переміщення. Те, що безпосередньо дане нашому сприйняттю, пояснювали ми, це неперервна протяжність, на якій розгортаються якості: зокрема, це неперервність зорової протяжності, отже, кольору. Тут немає нічого штучного, умовного, суто людського.

Кольори, безсумнівно, з'являлися б нам інакше, якби наше око та наша свідомість були інакше влаштовані: проте завжди залишалося б щось непохитно реальне, що фізика продовжувала б розв'язувати на елементарні коливання. Отже, доки ми говоримо лише про кваліфіковану неперервність, що якісно змінюється, як-от кольорова протяжність, що змінює колір, ми безпосередньо, без втручання людської умовності, висловлюємо те, що спостерігаємо: ми не маємо жодної підстави вважати, що тут ми не стикаємося з самою реальністю. Будь-яка видимість має вважатися реальністю, доки не доведено її ілюзорності, а такого доведення ніколи не було для цього випадку: вважали, що його зроблено, але це була ілюзія; ми вважаємо, що довели це <sup>(1)</sup>. Отже, матерія постає перед нами безпосередньо як реальність. Але чи стосується це того чи іншого тіла, зведеного у більш-менш незалежну сутність? Зорове сприйняття тіла є наслідком подрібнення, яке ми робимо з кольорової протяжності; воно було вирізане нами з неперервності протяжності. Дуже ймовірно, що ця фрагментація здійснюється по-різному різними видами тварин. Багато хто нездатні до цього; а ті, що здатні, керуються в цій операції формою своєї активності та природою своїх потреб. «Тіла, писали ми, вирізані з тканини природи сприйняттям, чії ножиці слідує пунктирним лініям, якими пройшла б дія» <sup>(2)</sup>. Ось що говорить психологічний аналіз. І фізика це підтверджує. Вона розв'язує тіло на майже невизначену кількість елементарних корпускул; й одночасно показує це тіло пов'язаним з іншими тілами тисячами взаємних дій та реакцій. Вона вводить у нього стільки розривності й, з іншого боку, встановлює між ним і рештою речей стільки неперервності, що можна здогадатися, наскільки штучним і умовним є наш поділ матерії на тіла. Але якщо кожне тіло, взяте ізольовано й зупинене там, де наші звички сприйняття його завершують, значною мірою є умовною сутністю, то як не може бути того самого з рухом, розглянутим як такий, що стосується цього ізольованого тіла? Існує лише один рух, говорили ми, який сприймається зсередини і про який ми знаємо, що він сам собою становить подію: це рух, що передає нашим очам наш зусилля. В інших випадках, коли ми бачимо виникнення руху, все, у чому ми впевнені, це те, що в універсумі відбувається якась зміна. Природа й навіть точне місце цієї зміни вислизають від нас; ми можемо лише відзначити певні зміни положення, що є її зоровим і поверхневим аспектом, і ці зміни неодмінно взаємні. Будь-який рух — навіть наш власний, сприйнятий ззовні та візуалізований — отже, відносний. Само собою зрозуміло, що йдеться виключно про рух важкої матерії. Аналіз, який ми щойно провели, показує це достатньо. Якщо колір є реальністю, те саме має стосуватися коливань, що відбуваються, так би мовити, у його надрах: чи варто, оскільки вони мають абсолютний характер, називати їх ще рухами? З іншого боку, як поставити на одну ступінь акт, яким ці реальні коливання, елементи якості й учасники того, що є абсолютним у якості, поширюються крізь простір, і суто відносне переміщення, неодмінно взаємне, двох систем  $S$  і  $S'$ , більш-менш штучно вирізаних із матерії? Тут і там говорять про рух; але чи має це слово той самий зміст у обох випадках? Скажімо краще *поширення* в першому випадку, і *переміщення* в другому: з наших давніх аналізів впливатиме, що поширення має глибоко відрізнитися від переміщення. Але тоді, теорія випромінювання будучи відкинута, поширення світла не будучи переміщенням частинок, не слід очікувати, що швидкість світла щодо системи змінюватиметься залежно від того, чи ця система «в спокої», чи «в русі». Чому б їй враховувати певний суто людський спосіб сприймати й уявляти речі?

<sup>(1)</sup> Матерія та пам'ять, стор. 225 та далі. Див. весь перший розділ

<sup>(2)</sup> Творча еволюція, 1907, стор. 12-13. Див. Матерія та пам'ять, 1896, весь розділ I; та розділ IV, стор. 218 та далі

## Системи відліку

Поставимо себе тоді відверто в гіпотезу взаємності. Ми мусимо тепер визначити загальним чином певні терміни, зміст яких нам досі здавався достатньо позначеним у кожному окремому випадку самим їх використанням. Отже, ми називатимемо «*системою відліку*» тригранник з прямими кутами, щодо якого умовимося розташовувати, вказуючи їх відстані до трьох граней, усі точки універсуму. Фізик, що будує Науку, буде прив'язаний до цього тригранника. Вершина тригранника йому зазвичай слугуватиме обсерваторією. Неодмінно точки системи відліку перебуватимуть у спокої одна щодо одної. Але слід додати, що в гіпотезі Відносності система відліку сама буде нерухомою протягом усього часу, поки її використовують для відліку. Що може бути нерухомістю тригранника в просторі, як не властивість, яку йому надають, тимчасово привілейоване становище, яке йому забезпечують, обираючи його як систему відліку? Доки зберігається нерухомий ефір та абсолютні положення, нерухомість належить насправді до речей; вона не залежить від нашого декрету. Коли ефір зникає разом із привілейованою системою та нерухомими точками, залишаються лише відносні рухи об'єктів один щодо одного; але оскільки не можна рухатися відносно самого себе, нерухомість буде, за визначенням, станом обсерваторії, де ми розташуємося думкою: саме там знаходиться тригранник відліку. Звичайно, ніщо не заважає припустити, що в певний момент система відліку сама перебуває в русі. Фізика часто має інтерес робити це, і теорія Відносності охоче стає на цю гіпотезу. Але коли фізик приводить у рух свою систему відліку, це означає, що він тимчасово обирає іншу, яка стає тоді нерухомою. Правда, цю другу систему можна думкою знову привести у рух, без необхідності обирати обов'язково третю. Але тоді вона коливається між двома, нерухомо закріплюючи їх по черзі шляхом надшвидких ходів туди й назад, що можуть створити ілюзію залишення обох у русі. Саме в цьому точному сенсі ми говоритимемо про «*систему відліку*».

З іншого боку, ми називатимемо «*незмінною системою*», або просто «*системою*», будь-яку сукупність точок, що зберігають однакове взаємне розташування й, отже, нерухомі одна відносно одної. Земля є такою системою. Безперечно, безліч переміщень і змін відбуваються на її поверхні та приховані в її надрах; але ці рухи відбуваються у фіксованій структурі: я маю на увазі, що на Землі можна знайти скільки завгодно фіксованих точок, нерухомих одна відносно одної, і зосередитись лише на них, тоді як події, що відбуваються між ними, переходять у стан простих уявлень: вони стають лише образами, що послідовно висвічуються у свідомості спостерігачів, нерухомих у цих точках.

Тепер будь-яку «*систему*» можна зазвичай перетворити на «*систему відліку*». Це означає, що ми погоджуємося розмістити в цій системі обрану нами систему відліку. Іноді потрібно вказати конкретну точку системи, де розташована вершина тригранника. Найчастіше це зайве. Так, систему Землі, коли ми враховуємо лише її стан спокою чи руху відносно іншої системи, можна розглядати як просту матеріальну точку; ця точка стане тоді вершиною нашого тригранника. Або ж, залишаючи Землі її розміри, ми матимемо на увазі, що тригранник розташований де завгодно на ній.

Перехід від «*системи*» до «*системи відліку*», до того ж, є безперервним, якщо ми стоїмо на позиціях теорії відносності. Справді, для цієї теорії суттєво розмістити у своїй «*системі відліку*» безліч годинників, узгоджених між собою, а отже, і спостерігачів. Система відліку вже не може бути простим тригранником з єдиним спостерігачем. Я готовий погодитись, що «*годинники*» та «*спостерігачі*» не мають нічого матеріального: під «*годинником*» тут розуміється просто ідеальний запис часу за певними законами чи правилами, а під «*спостерігачем*» — ідеальний читач ідеально записаного часу. Проте зараз ми уявляємо

можливість матеріальних годинників і живих спостерігачів у всіх точках системи. Тенденція говорити про «систему» та «систему відліку» байдуже була притаманна теорії відносності з самого початку, оскільки саме нерухомо зафіксувавши Землю, прийнявши цю глобальну систему за систему відліку, пояснили незмінність результату досліду Майкельсона–Морлі. У більшості випадків ототожнення системи відліку з такою глобальною системою не має жодних недоліків. І це може мати великі переваги для філософа, який шукатиме, наприклад, ступінь реальності часів Ейнштейна, і якому для цього доведеться розмістити спостерігачів із плоті й крові, свідомих істот, у всіх точках системи відліку, де є «годинники».

Такі попередні міркування ми й хотіли представити. Ми присвятили їм багато місця. Але це тому, що не було чітко визначено термінологію, що не звикли достатньо бачити у відносності взаємність, що не тримали постійно в голові зв'язок радикальної відносності з пом'якшеною та не захистилися від плутанини між ними, і нарешті тому, що не дослідили глибоко перехід від фізичного до математичного. Саме це призвело до таких серйозних помилок у філософському розумінні міркувань про час у теорії відносності. Додамо, що природа самого часу також мало цікавила. А саме з цього треба було починати. Зупинимось на цьому. З аналізами та розрізненнями, які ми щойно зробили, та міркуваннями, які ми представимо про час і його вимірювання, легко буде підійти до інтерпретації теорії Ейнштейна.

## РОЗДІЛ 6.

# Про природу часу

## Послідовність і свідомість

Безсумнівно, що час спочатку зливається для нас із безперервністю нашого внутрішнього життя. Що являє собою ця безперервність? Це потік або перехід, але потік і перехід, які самі собі достатні, де потік не передбачає речі, що тече, а перехід не припускає станів, крізь які проходять: *річ* і *стан* — це лише миттєві знімки, штучно взяті на переході; а цей перехід, єдиний природно переживаний, є самою тривалістю. Вона є пам'яттю, але не особистою, зовнішньою до того, що вона зберігає, відмінною від минулого, збереження якого вона забезпечує; це пам'ять, внутрішня для самої зміни, пам'ять, що продовжує минуле в майбутньому й запобігає їх перетворенню на чисті миттєвості, що з'являються й зникають у теперішньому, яке безперервно відроджується. Мелодія, яку ми слухаємо із закритими очима, думки лише про неї, дуже близька до збігу з цим часом, що є самою плінністю нашого внутрішнього життя; але вона все ще має занадто багато якостей, занадто багато визначеності, і спочатку треба було б стерти різницю між звуками, потім скасувати характерні ознаки самого звуку, залишивши лише продовження попереднього в наступному та безперервний перехід, множинність без подільності й послідовність без розділення, щоби нарешті відновити фундаментальний час. Такою є безпосередньо сприйнята тривалість, без якої ми не мали б жодного поняття про час.

## РОЗДІЛ 6.2.

### Походження ідеї універсального часу

Як переходимо ми від цього внутрішнього часу до часу речей? Ми сприймаємо матеріальний світ, і це сприйняття здається нам, хибно чи правдиво, одночасно в нас і поза

нами: з одного боку, це стан свідомості; з іншого — поверхневий шар матерії, де збігалися б той, хто відчуває, і те, що відчувається. Кожному моменту нашого внутрішнього життя відповідає момент нашого тіла та всієї навколишньої матерії, що був би для нього «одночасним»: ця матерія тоді наче приймає участь у нашій свідомій тривалості<sup>(1)</sup>.

Поступово ми поширюємо цю тривалість на весь матеріальний світ, бо не бачимо жодної причини обмежувати її безпосереднім оточенням нашого тіла: всесвіт видається нам єдиним цілим; і якщо частина навколо нас триває нашим чином, має бути так само, гадаємо ми, і з тією, що її оточує сама, і так до безкінечності. Так народжується ідея Тривалості всесвіту, тобто безособової свідомості, що була б сполучною ланкою між усіма індивідуальними свідомостями, як і між цими свідомостями та рештою природи<sup>(2)</sup>. Така свідомість охоплювала б в єдиному миттєвому сприйнятті численні події, розташовані в різних точках простору; одночасність була б саме можливістю для двох чи більше подій ввійти в єдине миттєве сприйняття. Що в цьому способі уявляти речі є істинним, а що — ілюзорним? Наразі важливо не визначати частку істини чи помилки, а чітко усвідомити, де закінчується досвід і починається гіпотеза. Безсумнівно, наша свідомість відчуває себе триваючою, безсумнівно наше сприйняття є частиною нашої свідомості, безсумнівно в ньому бере участь щось від нашого тіла та оточуючої матерії<sup>(3)</sup>: отже, наша тривалість і певна відчутна, пережита участь нашого матеріального оточення в цій внутрішній тривалості є фактами досвіду. Але по-перше, як ми показували раніше, природа цієї участі невідома: вона могла б полягати у властивості зовнішніх речей, самі по собі не триваючих, виявлятися в нашій тривалості, поки вони діють на нас, і так відмічати чи окреслювати перебіг нашого свідомого життя<sup>(4)</sup>. По-друге, навіть якщо це оточення «триває», ніщо не доводить суворо, що ми знаходимо ту саму тривалість, коли змінюємо оточення: різні тривалості, тобто по-різному ритмовані, могли б співіснувати. Ми робили колись припущення цього роду щодо живих видів. Ми розрізняли тривалості з більшою чи меншою напругою, характерні для різних рівнів свідомості, що вишикувались уздовж тваринного царства. Проте ми не бачили тоді, не бачимо й сьогодні жодної причини поширювати на матеріальний всесвіт цю гіпотезу множинності тривалостей. Ми залишили відкритим питання, чи поділяється всесвіт на незалежні один від одного світи; нашого власного світу, з його особливим поривом, що виявляє життя, нам було досить. Але якщо довелося б вирішити це питання, ми обрали б, за сучасного стану наших знань, гіпотезу Єдиного та універсального матеріального Часу. Це лише гіпотеза, але вона ґрунтується на міркуванні за аналогією, яке ми повинні вважати переконливим, доки нам не запропонують чогось задовільнішого. Це ледве усвідомлене міркування формувалося б, гадаємо, так: Усі людські свідомості мають однакову природу, сприймають однакою чином, йдуть, так би мовити, однакою кроком і живуть однакою тривалістю. Отже, ніщо не заважає нам уявити скільки завгодно людських свідомостей, розкиданих тут і там по всьому всесвіту, але достатньо близьких одна до одної, щоб будь-які дві послідовні, взяті навмання, мали спільну крайню частину поля їхнього зовнішнього досвіду. Кожен з цих двох зовнішніх досвідів бере участь у тривалості кожної з двох свідомостей. І оскільки дві свідомості мають однаковий ритм тривалості, те саме має стосуватися й двох досвідів. Але ці два досвіди мають спільну частину. Отже, завдяки цій сполучній ланці вони з'єднуються в єдиний досвід, що розгортається в єдиній тривалості, яка буде, за бажанням, тривалістю однієї чи іншої з двох свідомостей. Те саме міркування можна повторювати крок за кроком, і та сама тривалість збере уздовж свого шляху події всього матеріального світу; і ми зможемо тоді усунути людські свідомості, які ми спочатку розмістили тут і там як своєрідні ретранслятори для руху нашої думки: залишиться лише безособовий час, у якому протікають усі речі. Формулюючи таким чином віру людства, ми, мабуть, вносимо більше точності, ніж слід. Кожен із нас зазвичай обмежується невизначено розширювати силою уяви своє безпосереднє матеріальне оточення, яке, будучи сприйнятим ним, бере

участь у тривалості його свідомості. Але як тільки цей зусилля набуває виразності, як тільки ми намагаємося його обґрунтувати, ми зненацька виявляємо, що подвоюємо й множимо нашу свідомість, переносячи її на крайні межі нашого зовнішнього досвіду, потім до межі нового поля досвіду, яке вона собі таким чином відкрила, і так до безкінечності: це справді множинні свідомості, що походять від нашої, подібні до неї, якими ми доручаємо скласти ланцюг через безмежність всесвіту й засвідчити тотожністю їхніх внутрішніх тривалостей і суміжністю їхніх зовнішніх досвідів єдність безособового Часу. Така гіпотеза здорового глузду. Ми стверджуємо, що це могло б бути так само гіпотезою Ейнштейна, і що теорія відносності скоріше покликана підтвердити ідею часу, спільного для всіх речей. Ця ідея, гіпотетична в будь-якому разі, навіть набуває, на нашу думку, особливої чіткості й послідовності в теорії відносності, зрозумілій як слід. Такий висновок впливає з нашої аналітичної роботи. Але це не найважливіше наразі. Залишимо питання єдиного Часу. Те, що ми хочемо встановити, — це те, що не можна говорити про реальність, яка триває, без введення свідомості. Метафізик безпосередньо залучатиме універсальну свідомість. Здоровий глузд думатиме про неї смутно. Математик, правда, не зобов'язаний нею цікавитися, оскільки його цікавить вимірювання речей, а не їхня природа. Але якщо він запитав би себе, що саме він вимірює, якщо зосередив би увагу на самому часі, неодмінно він уявляв би послідовність, отже, перед і після, отже, міст між ними (інакше був би лише один із них, чистий миттєвий стан): але, ще раз, неможливо уявити чи збагнути сполучну ланку між передом і після без елемента пам'яті, отже, свідомості.

---

<sup>(1)</sup> Для розвитку викладених тут поглядів див. *Essai sur les données immédiates de la Conscience*, Париж, 1889, переважно розд. II та III; *Matière et Mémoire*, Париж, 1896, розд. I та IV; *L'Évolution créatrice*, *passim*. Див. також *Introduction à la métaphysique*, 1903; та *La perception du changement*, Оксфорд, 1911

<sup>(2)</sup> Див. ті наші праці, що ми їх щойно цитували

<sup>(3)</sup> Див. *Matière et Mémoire*, розд. I

<sup>(4)</sup> Див. «Досвід про безпосередні дані свідомості», зокрема стор. 82 і наступні

Дехто, можливо, відчуватиме огиду до вживання цього слова, якщо надавати йому антропоморфного сенсу. Але для того, щоб уявити річ, що триває, зовсім не обов'язково брати власну пам'ять і переносити її, навіть послаблену, всередину речі. Як би ми не зменшували її інтенсивність, ми ризикуємо залишити в ній до певного ступеня різноманітність і багатство внутрішнього життя; ми збережемо їй особистий, у будь-якому разі людський характер. Треба йти зворотним шляхом. Слід розглянути момент розгортання всесвіту, тобто миттєвий знімок, що існував би незалежно від будь-якої свідомості, а потім спробувати одночасно викликати інший момент, якомога ближчий до нього, і таким чином ввести в світ мінімум часу, не впускаючи при цьому найменшого проблиску пам'яті. Побачимо, що це неможливо. Без елементарної пам'яті, що поєднує два миті один з одним, залишиться лише один або другий з них, отже, єдина мить, без «переду» та «після», без послідовності, без часу. Можна надати цій пам'яті лише те, що необхідно для зв'язку; вона буде, якщо завгодно, самим цим зв'язком, простим продовженням минулого в безпосередньо наступне з постійно поновлюваним забуттям усього, що не є безпосередньо попереднім моментом. Але тим самим ми ввели пам'ять. Правду кажучи, неможливо розрізнити між тривалістю, хоч би якою короткою вона була, що відділяє два миті, і пам'яттю, що поєднує їх, бо тривалість по суті є продовженням того, чого вже немає, у те, що є. Ось справжній час, я маю на увазі сприйнятий і пережитий. Ось також будь-який уявлений час, бо неможливо уявити час, не представляючи його

сприйнятим і пережитим. Тривалість, отже, передбачає свідомість; і ми вкладаємо свідомість в основу речей саме тим, що приписуємо їм час, що триває.

### РОЗДІЛ 6.3.

## Реальна тривалість та вимірюваний час

Що б ми не робили — залишали його в собі чи виносили назовні, час, що триває, не піддається вимірюванню. Вимірювання, яке не є суто умовним, передбачає поділ і накладання. Але неможливо накладати послідовні тривалості, щоб перевірити, чи вони рівні чи нерівні; за визначенням, одна вже минула, коли з'являється інша; ідея встановлюваної рівності втрачає тут будь-який сенс. З іншого боку, якщо реальна тривалість стає подільною, як ми побачимо, через зв'язок, що встановлюється між нею та лінією, що її символізує, вона сама по собі є неподільним цілісним процесом. Прослухайте мелодію із заплющеними очима, думаючи лише про неї, не розкладаючи подумки на папері чи клавіатурі ноти, які ви зберігали одна для одної, які тоді погоджувалися стати одночасними та відмовлялися від своєї безперервної плинності в часі, щоб застигнути в просторі: ви знову знайдете неділиму, неподільну мелодію чи її частину, яку ви повернули до чистої тривалості. Адже наша внутрішня тривалість, розглянута від першого до останнього моменту нашої свідомого життя, є чимось подібним до цієї мелодії. Наша увага може відвертатися від неї і, отже, від її неподільності; але коли ми намагаємося її розділити, це ніби ми різко проводимо лезом крізь полум'я: ми ділимо лише простір, який вона займає. Коли ми спостерігаємо за дуже швидким рухом, як-от падаючої зірки, ми чітко розрізняємо лінію вогню, подільну за бажанням, і неподільну рухливість, що її підтримує: саме ця рухливість є чистою тривалістю. Безособовий та універсальний Час, якщо він існує, хоч би як безкінечно простягався з минулого в майбутнє: він є єдиним цілим; частини, які ми в ньому розрізняємо, — це просто частини простору, що окреслює його слід і стає в наших очах його еквівалентом; ми ділимо розгорнуте, але не розгортання. Як же ми переходимо від розгортання до розгорнутого, від чистої тривалості до вимірюваного часу? Легко відтворити механізм цієї операції.

Якщо я провожу пальцем по аркушу паперу, не дивлячись на нього, рух, який я виконую, сприйнятий зсередини, є безперервністю свідомості, чимось із мого власного потоку, нарешті, тривалістю. Якщо тепер я розплющую очі, я бачу, що мій палець залишає на папері лінію, що зберігається, де все є суміжністю, а не послідовністю; я маю розгорнуте, що є реєстрацією ефекту руху, і яке також буде його символом. Адже ця лінія подільна, вона вимірювана. Поділяючи та вимірюючи її, я можу сказати, якщо мені зручно, що я ділю та вимірюю тривалість руху, який її простежує.

Отже, справді вірно, що час вимірюється за допомогою руху. Але слід додати, що якщо це вимірювання часу через рух можливе, то головним чином тому, що ми здатні виконувати рухи самі, і ці рухи мають тоді подвійний аспект: як м'язове відчуття, вони є частиною потоку нашої свідомого життя, вони тривають; як зорове сприйняття, вони описують траєкторію, надають собі простору. Я кажу «головним чином», бо в принципі можна уявити істоту свідомості, обмежену зоровим сприйняттям, яка все ж таки змогла б сформулювати ідею вимірюваного часу. Для цього їй життя мало б проходити в спогляданні безперервного зовнішнього руху. Їй також треба було б виокремити з руху, сприйнятого в просторі, який бере участь у подільності своєї траєкторії, чисту рухливість, я маю на увазі безперервну солідарність між «перед» і «після», що дається свідомості як неподільний факт: ми робили цю відмінність раніше, коли говорили про лінію вогню, залишену падаючою зіркою. Така свідомість мала б безперервність життя, утворену безперервним

почуттям зовнішньої рухливості, що безкінечно розгортається. І безперервність розгортання залишається відмінною від подільного сліду, залишеного в просторі, який є ще розгорнутим. Останній ділиться та вимірюється, бо він є простором. Перший є тривалістю. Без безперервного розгортання залишився б лише простір, і простір, що більше не підтримує тривалість, не представляв би часу.

Тепер ніщо не заважає припустити, що кожен із нас простежує в просторі безперервний рух від початку до кінця свого свідомого життя. Він міг би йти вдень і вночі. Таким чином він здійснив би подорож, що охоплює його свідоме життя. Вся його історія розгорнулася б тоді у вимірюваному Часі.

Чи саме про таку подорож ми думаємо, коли говоримо про Безособовий час? Не зовсім, бо ми живемо соціальним і навіть космічним життям, не менше, а то й більше, ніж індивідуальним. Ми природно замінюємо подорож, яку б зробили ми, подорожжю будь-якої іншої особи, а потім будь-яким безперервним рухом, що був би їй сучасним. Я називаю «сучасними» два потоки, які для моєї свідомості є *єдиним* чи *двома* байдуже, оскільки моя свідомість сприймає їх разом як єдиний потік, якщо їй заманеться зосередити неподілену увагу, або ж розрізняє їх упродовж усього, якщо вона воліє розділити увагу між ними, або навіть робить і те, й інше одночасно, якщо вирішує розділити увагу, але не розрізати її на частини. Я називаю «одночасними» два миттєві сприйняття, захоплені в єдиному акті духу, причому увага може знову зробити їх одним чи двома — за бажанням. Ось так, і тепер легко побачити, що нам цілком доречно взяти за «розгортання часу» рух, незалежний від руху нашого власного тіла. Чесно кажучи, ми вже знайшли його. Суспільство прийняло його за нас. Це рух обертання Землі. Але якщо ми приймаємо його, якщо розуміємо, що це час, а не лише простір, то тому, що подорож нашого власного тіла завжди присутня, віртуально, і що вона *могла б* стати для нас розгортанням часу.

#### РОЗДІЛ 6.4.

### **Про безпосередньо сприйману одночасність: одночасність потоків та одночасність у мить**

Власне, неважливо, який саме рухомий об'єкт ми обираємо для вимірювання часу, як тільки ми екстерналізували нашу власну тривалість у просторі, решта впливає сама собою. Звідси час постає перед нами як розгортання нитки, тобто як траєкторія рухомого об'єкта, поклареного його вимірювати. Ми виміряли, скажемо, час цього розгортання, а отже й час універсального розгортання.

Але ніщо не здавалося б розгортатися разом із цією ниткою, жоден поточний момент всесвіту не був би для нас кінцем нитки, якби ми не мали в розпорядженні поняття одночасності. Незабаром ми побачимо роль цього поняття в теорії Ейнштейна. Наразі ж ми хотіли б чітко окреслити його психологічне походження, про яке вже згадували. Теоретики відносності говорять лише про одночасність двох миттєвостей. Однак перед нею існує інша, природніша: одночасність потоків. Ми сказали б, що сама суть нашої уваги полягає в її здатності ділитися, не розпадаючись. Коли ми сидимо біля річки, плинь води, ковзання човна чи польот птаха, безперервний шепіт нашого внутрішнього життя — для нас три різні речі чи одна, за бажанням. Ми можемо інтеріоризувати все, сприймаючи три потоки разом у єдиному акті; або залишити зовнішніми перші два й тоді розділити увагу між внутрішнім і зовнішнім; або, краще, робити й те, й інше одночасно, коли наша увага поєднує й водночас розрізняє три потоки, користуючись унікальною привілеєю бути єдиною та множинною. Ось наше первинне поняття одночасності. Ми називаємо

сучасними два зовнішні потоки, що займають однакову тривалість, бо вони обидва втримуються в тривалості одного й того ж третього — нашої власної: ця тривалість належить лише нам, коли наша свідомість спостерігає лише себе, але вона стає також їхньою, коли наша увага охоплює всі три потоки в єдиному неподіленому акті.

Тепер, ми ніколи не перейшли б від одночасності потоків до одночасності миттєвостей, якби залишалися в чистій тривалості, бо будь-яка тривалість є глибинною: реальний час не має миттєвостей. Але ми природно формуємо поняття миті, а також поняття одночасних миттєвостей, як тільки звикаємо перетворювати час на простір. Бо якщо тривалість не має миттєвостей, то лінія закінчується точками<sup>(1)</sup>. І з того часу, як ми зіставляємо тривалість з лінією, частинам лінії повинні відповідати «частини тривалості», а кінцю лінії — «кінець тривалості»: це й буде мить — щось, що не існує актуально, але віртуально. Мить — це те, що завершило б тривалість, якби вона зупинилася. Але вона не зупиняється. Реальний час не може дати миті; вона походить від математичної точки, тобто з простору. І все ж, без реального часу точка залишається лише точкою, не було б миті. Миттєвість таким чином передбачає дві речі: неперервність реального часу, тобто тривалість, та просторово-орієнтований час, тобто лінію, яка, описувана рухом, стає через це символом часу: цей просторово-орієнтований час, що включає точки, відбивається на реальному часі й породжує в ньому мить. Це було б неможливо без тенденції — плідної на ілюзії — застосовувати рух *проти* пройденого простору, ототожнювати траєкторію з переміщенням і тоді розкласти рух, що проходить лінію, так само, як ми розкладаємо саму лінію: якщо нам забагнеться розрізнити на лінії точки, ці точки стануть тоді «позиціями» рухомого об'єкта (наче він, рухаючись, міг би збігатися з чимось нерухомим! ніби він не відмовився б відразу рухатися!). Тоді, позначивши на траєкторії руху позиції, тобто кінці підрозділів лінії, ми зіставимо їх з «миттєвостями» неперервності руху: простими віртуальними зупинками, чистими ментальними конструктами. Ми колись описали механізм цієї операції; ми також показали, як розв'язуються труднощі, підняті філософами навколо питання руху, як тільки усвідомлюється зв'язок миті з просторово-орієнтованим часом, а того — з чистою тривалістю. Обмежимося тут зауваженням, що ця операція, хоч і видається складною, природна людському розуму; ми інстинктивно її виконуємо. Рецепт її закладений у мові.

---

<sup>(1)</sup> Що ж до концепту математичної точки, то добре відомо, що він природний, як знають усі, хто колись викладав геометрію дітям. Найбільш несприйнятливі до перших елементів уявляють її відразу й без труднощів — лінії без товщини й точки без розмірів.

Одночасність у мить та одночасність потоку — це різні речі, але вони взаємно доповнюють одна одну. Без одночасності потоку ми не вважали б взаємозамінними ці три терміни: безперервність нашого внутрішнього життя, безперервність добровільного руху, який наша думка нескінченно продовжує, та безперервність будь-якого руху в просторі. Реальна тривалість та просторовлений час не були б еквівалентними, отже, для нас не існувало б часу взагалі; була б лише тривалість кожного з нас. Але, з іншого боку, цей час можна виміряти лише завдяки одночасності в мить. Ця одночасність у мить необхідна для: 1) відзначення одночасності явища та моменту на годиннику; 2) позначення уздовж нашої власної тривалості одночасностей цих моментів із моментами нашої тривалості, створеними самим актом позначення. З цих двох дій перша є основною для вимірювання часу. Але без другої ми отримали б лише довільний вимір, число, що представляє будь-що, і не думали б про час. Отже, саме одночасність між двома миттями двох зовнішніх рухів дозволяє нам вимірювати час; але саме одночасність цих моментів із моментами, позначеними ними уздовж нашої внутрішньої тривалості, робить цей вимір виміром часу.

## Про одночасність, що її вказують годинники

Ми зупинимося на цих двох пунктах докладніше. Але спочатку зробимо невеликий відступ. Ми щойно розрізнили дві «одночасності в мить»: жодна з них не є тією одночасністю, про яку найчастіше йдеться в теорії Відносності, а саме одночасністю між показаннями двох віддалених годинників. Про неї ми говорили в першій частині нашої роботи; спеціально нею ми займемося згодом. Але очевидно, що сама теорія Відносності не може не визнавати двох одночасностей, які ми щойно описали: вона лише додає до них третю — ту, що залежить від синхронізації годинників. Ми, безсумнівно, покажемо, що показання двох годинників  $H$  та  $H'$ , віддалених один від одного, синхронізованих і показуючих однаковий час, є або не є одночасними залежно від точки зору. Теорія Відносності має право так казати — ми побачимо за якої умови. Але цим вона визнає, що подія  $E$ , що відбувається поруч із годинником  $H$ , є одночасною з показом годинника  $H$  у зовсім іншому сенсі, ніж той — у сенсі, який психолог приписує слову "одночасність". Те саме стосується одночасності події  $E'$  з показом "сусіднього" годинника  $H'$ . Бо якби ми не визнавали спочатку такої одночасності, абсолютної й не пов'язаної з синхронізацією годинників, то годинники були б марними. Це були б механізми, якими просто цікаво порівнювати; вони не використовувалися б для класифікації подій; коротше, вони існували б самі для себе, а не для нашого користування. Вони втратили б свій сенс для теоретика Відносності так само, як і для всіх інших, бо й він залучає їх лише для позначення часу події. Тепер, дуже правда, що одночасність, так зрозуміла, спостерігається між моментами двох потоків лише тоді, коли потоки проходять "в одному місці". Також правда, що здоровий глузд, сама наука досі приймали апріорі це розуміння одночасності для подій, розділених будь-якою відстанню. Вони, безсумнівно, уявляли, як ми вже казали вище, свідомість, що охоплює весь Всесвіт, здатну охопити дві події в єдиному миттєвому сприйнятті. Але вони застосовували передусім принцип, властивий будь-якій математичній репрезентації речей, який так само накладається на теорію Відносності. У ній знаходимо ідею, що розрізнення "малого" та "великого", "недалекого" та "дуже далекого" не має наукової цінності, і що якщо можна говорити про одночасність поза синхронізацією годинників, незалежно від будь-якої точки зору, коли мова йде про подію та годинник поруч, то так само можна й коли відстань велика між годинником та подією чи між двома годинниками. Не може бути фізики, астрономії, науки взагалі, якщо відмовити вченому в праві схематично зображати на аркуші паперу цілісність Всесвіту. Отже, неявно припускається можливість зменшення без спотворення. Вважається, що розмір не є абсолютним, що існують лише відношення між розмірами, і що все відбувалося б так само у Всесвіті, довільно зменшеному, якщо зберегти відносини між частинами. Але як тоді запобігти тому, щоб наша уява, навіть наш розум, ставилися до одночасності показів двох дуже віддалених годинників як до одночасності двох близьких годинників, тобто розташованих "в одному місці"? Розумний мікроб знаходив би між двома "сусідніми" годинниками величезний проміжок; і він не визнавав би існування абсолютної одночасності, інтуїтивно сприйнятої, між їхніми показаннями. Більш ейнштейніанський, ніж Ейнштейн, він говорив би про одночасність тут лише тоді, коли міг би зафіксувати однакові покази на двох мікробних годинниках, синхронізованих оптичними сигналами, які він підставив би замість наших двох "сусідніх" годинників. Одночасність, абсолютна в наших очах, була б відносною для нього, бо він відніс би абсолютну одночасність до показів двох мікробних годинників, які він бачив би у свою чергу (що так само було б помилкою) "в одному місці". Але поки що неважливо: ми не критикуємо концепцію Ейнштейна; ми просто хочемо показати, чому тримається природне розширення ідеї одночасності, яке завжди практикувалося після того, як її справді черпали зі спостереження двох "сусідніх"

подій. Цей аналіз, який навряд чи докладно проводився досі, виявляє факт, яким, до речі, могла б скористатися теорія Відносності. Ми бачимо, що якщо наш розум так легко переходить від малої відстані до великої, від одночасності між сусідніми подіями до одночасності між віддаленими подіями, якщо він поширює на другий випадок абсолютність першого, то це тому, що він звик вважати, що можна довільно змінювати розміри всіх речей за умови збереження відношень. Але час закрити дужки. Повернемося до інтуїтивно сприйнятої одночасності, про яку ми спочатку говорили, та до двох тверджень, які ми висловили: 1) саме одночасність між двома митями двох зовнішніх рухів дозволяє нам вимірювати проміжок часу; 2) саме одночасність цих моментів із моментами, позначеними ними уздовж нашої внутрішньої тривалості, робить цей вимір виміром часу.

## РОЗДІЛ 6.6.

### Час, що розгортається

Перший пункт очевидний. Як бачили вище, внутрішня тривалість екстериоризується у просторовлений час, який, будучи простором радше ніж часом, є вимірюваним. Відтепер саме через нього ми вимірюватимемо будь-який часовий інтервал. Поділивши його на частини, що відповідають рівним просторам і за визначенням є рівними, ми отримаємо в кожній точці поділу кінець інтервалу, мить, і візьмемо за одиницю часу сам інтервал. Ми зможемо тоді розглядати будь-який рух, що відбувається поруч із цим зразковим рухом, будь-яку зміну: упродовж цього розгортання ми відзначатимемо миттєві одночасності. Скільки таких одночасностей ми зафіксуємо, стільки одиниць часу ми відрахуємо до тривалості явища. Вимірювати час означає рахувати одночасності. Будь-яке інше вимірювання передбачає можливість безпосереднього чи опосередкованого накладання одиниці виміру на об'єкт. Будь-яке інше вимірювання стосується інтервалів між кінцями, навіть якщо ми фактично обмежуємося підрахунком цих кінців. Але коли йдеться про час, ми можемо лише рахувати кінці: ми просто домовимося говорити, що цим виміряли інтервал. Якщо тепер зауважити, що наука оперує виключно вимірюваннями, то помітимо, що стосовно часу наука рахує миті, фіксує одночасності, але залишається безсилою щодо того, що відбувається в інтервалах. Вона може необмежено збільшувати кількість кінців, необмежено звужувати інтервали; але інтервал завжди вислизає від неї, показуючи лише свої кінці. Якби всі рухи у Всесвіті раптом прискорилися в однаковій пропорції, включаючи той, що служить мірою часу, то для свідомості, що не є солідарною з внутрішньомозковими молекулярними рухами, щось змінилося б; між сходом і заходом сонця вона не отримала б того самого збагачення; вона констатувала б зміну; навіть гіпотеза одночасного прискорення всіх рухів у Всесвіті має сенс лише якщо уявити собі свідомість-спостерігача, чия якісна тривалість допускає більше чи менше без бути для того доступною вимірюванню<sup>(1)</sup>. Але зміна існувала б лише для цієї свідомості, здатної порівняти течію речей із течією внутрішнього життя. З погляду науки нічого не змінилося б. Підемо далі. Швидкість розгортання цього зовнішнього й математичного часу могла б стати нескінченною, усі минулі, теперішні й майбутні стани Всесвіту могли б виявитися даними одночасно, замість розгортання могло б бути лише розгорнуте: рух-представник часу став би лінією; кожному поділу цієї лінії відповідала б та сама частина розгорнутого Всесвіту, що відповідала там раніше в розгортаючомуся Всесвіті; з погляду науки нічого не змінилося б. Її формули й обчислення залишилися б тими самими.

<sup>(1)</sup> Очевидно, що гіпотеза втрачала б свій сенс, якби свідомість уявляли як "епіфеномен", що надбудовується над мозковими явищами, будучи лише їхнім результатом чи виразом. Ми не можемо тут зупинятися на цій теорії свідомості-явища, яку схильні дедалі більше вважати довільною. Ми детально обговорювали її у кількох своїх працях, зокрема в перших трьох розділах Матерія й пам'ять та у різних нарисах Духовна енергія. Обмежимося нагадуванням: 1) ця теорія аж ніяк не впливає з фактів; 2) її метафізичне походження легко простежити; 3) у буквальному розумінні вона була б суперечливою сама собі (щодо останнього

## РОЗДІЛ 6.7.

### Розгорнутий час і четвертий вимір

Справді, у саме той момент, коли б перейшли від розгортання до розгорнутого, довелося б наділити простір додатковим виміром. Ми зауважили понад тридцять років тому<sup>(1)</sup>, що просторовлений час є насправді четвертим виміром простору. Лише цей четвертий вимір дозволить нам зіставити те, що дано в послідовності: без нього нам не вистачило б місця. Хай Всесвіт має три виміри, чи два, чи один, хай не має жодного й зводиться до точки, — завжди можна перетворити нескінченну послідовність усіх його подій у миттєву чи вічну супівмісність лише тим, що надати йому додатковий вимір. Якщо він не має жодного, зводячись до точки, що безкінечно змінює якість, можна припустити, що швидкість зміни якостей стає нескінченною й ці точки якості дано одночасно, за умови надання цьому безвимірному світу лінії, де точки зіставляються. Якщо він уже має один вимір, будучи лінійним, то знадобилися б два виміри, щоб зіставити лінії якості — кожен нескінченну — що були послідовними моментами його історії. Те саме спостереження, якщо він мав два, будучи поверхневим Всесвітом, нескінченним полотном, на якому нескінченно малювалися б плоскі зображення, що кожне охоплює його цілком: швидкість зміни цих зображень знову могла б стати нескінченною, і ми перейшли б від Всесвіту, що розгортається, до розгорнутого Всесвіту, за умови надання нам додаткового виміру. Ми мали б тоді, нагромаджені одна на одну, усі нескінченні полотна, що дають усі послідовні зображення, які складають всю історію Всесвіту; ми володіли б ними разом; але від плоского Всесвіту нам довелося б перейти до об'ємного. Отже, легко зрозуміти, як саме факт надання часу нескінченної швидкості, заміна розгортання розгорнутим, змусила б нас наділити наш твердий Всесвіт четвертим виміром. Адже саме тому, що наука не може визначити "швидкість розгортання" часу, що вона рахує одночасності, але неодмінно залишає осторонь інтервали, вона оперує часом, для якого ми можемо припустити нескінченну швидкість розгортання, і цим надає простору віртуально додатковий вимір.

---

<sup>(1)</sup> Нарис про безпосередні дані свідомості, с. 83.

Отже, у нашому вимірюванні часу притаманна тенденція спорожнювати його зміст у чотиривимірний простір, де минуле, теперішнє й майбутнє були б зіставлені чи накладені назавжди. Ця тенденція виражає просто нашу безсилість передати математично сам час, необхідність замінити його для вимірювання одночасностями, які ми рахуємо: ці одночасності є миттєвостями; вони не беруть участі у природі реального часу; вони не тривають. Це прості погляди розуму, що позначає віртуальними зупинками свідому тривалість і реальний рух, використовуючи для цього математичну точку, перенесену з простору в час.

Але якщо наша наука досягає лише простору, легко зрозуміти, чому просторова вимірність, що замінила час, все ще називається часом. Це тому, що наша свідомість присутня тут. Вона вдруге вдихає живу тривалість у час, висушений у просторі. Наша думка, інтерпретуючи математичний час, відтворює у зворотному напрямку шлях, який пройшла для його отримання. Від внутрішньої тривалості вона перейшла до певного неділимого руху, який був ще тісно пов'язаний з нею і став зразковим рухом, генератором чи лічильником Часу; від чистої рухливості цього руху, що є сполучною ланкою між рухом і тривалістю, вона перейшла до траєкторії руху, яка є чистим простором: розділивши траєкторію на рівні частини, вона перейшла від точок поділу цієї траєкторії до відповідних

чи «одночасних» точок поділу траєкторії будь-якого іншого руху: тривалість цього останнього руху таким чином вимірюється; ми отримуємо визначену кількість одночасностей; це буде мірою часу; це відтепер буде сам час. Але це час лише тому, що ми можемо повернутися до того, що зробили. З одночасностей, що позначають безперервність рухів, ми завжди готові повернутися до самих рухів, а через них до внутрішньої тривалості, що є їхньою сучасницею, замінюючи таким чином низку миттєвих одночасностей, які ми рахуємо, але які вже не є часом, на одночасність потоків, що повертає нас до внутрішньої тривалості, до реальної тривалості.

Дехто запитає, чи варто до цього повертатися, і чи не виправила наука недосконалість нашого розуму, усунувши обмеження нашої природи, розгорнувши «чисту тривалість» у просторі. Вони скажуть: «Час, який є чистою тривалістю, завжди перебуває у стані плину; ми сприймаємо лише його минуле та теперішнє, яке вже є минулим; майбутнє здається закритим для нашого пізнання саме тому, що ми вважаємо його відкритим для нашої дії — обіцянкою чи очікуванням непередбачуваної новизни. Але операція, якою ми перетворюємо час у простір для його вимірювання, неявно розкриває нам його зміст. Вимірювання речі інколи виявляє її природу, і математичний вираз саме тут має чарівну силу: створений нами чи викликаний нами, він робить більше, ніж ми просимо; бо ми не можемо перетворити вже минулий час у простір, не зробивши того ж з усім Часом: акт, яким ми вводимо минуле та теперішнє в простір, розгортає там, без нашої згоди, майбутнє. Це майбутнє, безсумнівно, залишається прихованим екраном; але тепер воно тут, цілком готове, дане разом з рештою. Навіть те, що ми називали плином часу, було лише безперервним ковзанням екрана та поступовим набуттям бачення того, що чекало, в цілому, у вічності. Тож сприймемо цю тривалість такою, якою вона є — як заперечення, як постійно відсуваюму перешкоду до повного бачення: наші власні дії вже не здаватимуться нам внеском непередбачуваної новизни. Вони є частиною універсальної тканини речей, даної одразу. Ми не вводимо їх у світ; це світ вводить їх цілком готовими в нас, у нашу свідомість, в міру того, як ми їх досягаємо. Так, це ми проходимо повз, коли говоримо, що час минає; це рух уперед нашої зорі актуалізує, момент за моментом, історію, яка віртуально дана цілком» — Така є метафізика, притаманна просторовому уявленню часу. Вона немінуча. Чітка чи розмита, вона завжди була природною метафізикою розуму, що міркує про становлення. Ми не будемо тут її обговорювати, тим більше запроваджувати іншу. Ми вже говорили деінде, чому бачимо у тривалості саму тканину нашого буття та всіх речей, і як всесвіт є у наших очах безперервністю творення. Ми залишалися так якомога ближче до безпосереднього; ми не стверджували нічого, що наука не могла б прийняти й використати; нещодавно в чудовій книзі математик-філософ стверджував необхідність визнати «*advance of Nature*» і пов'язував цю концепцію з нашою<sup>(1)</sup>. Наразі ми лише проводимо межу між тим, що є гіпотезою, метафізичною конструкцією, і тим, що є чистим і простим досвідним даним, бо хочемо дотримуватися досвіду. Реальна тривалість переживається; ми констатуємо, що час розгортається, і, з іншого боку, не можемо його виміряти, не перетворивши його на простір і не припустивши розгорнутим усе, що знаємо про нього. Але неможливо просторово уявити лише частину; акт, розпочавшись, яким ми розгортаємо минуле і цим скасовуємо реальну послідовність, тягне нас до повного розгортання часу; немінуче тоді ми змушені зважати на недосконалість людської природи наше незнання майбутнього, яке мало б бути теперішнім, і вважати тривалість чистим запереченням, «*позбавленістю вічності*». Немінуче ми повертаємось до платонівської теорії. Але оскільки ця концепція мусить впливати з того, що ми не маємо жодного способу обмежити минулим наше просторове уявлення минулого часу, можливо, що концепція помилкова, і в будь-якому разі достеменно, що це чиста конструкція розуму. Тож дотримуймося досвіду.

---

<sup>(1)</sup> Вайтхед, *The Concept of Nature*, Cambridge, 1920. Ця праця (яка враховує теорію відносності) безперечно є однією з найглибших з написаних про філософію природи.

Якщо час має позитивну реальність, якщо запізнення тривалості відносно миттєвості представляє певну вагання чи невизначеність, властиву певній частині речей, яка тримає в підвішеному стані все інше, нарешті, якщо існує творча еволюція, я дуже добре розумію, що вже розгорнута частина часу з'являється як просторова сукупність, а не як чиста послідовність; я також уявляю, що вся частина всесвіту, яка математично пов'язана з теперішнім і минулим — тобто майбутнє розгортання неорганічного світу — може бути представлена тією ж схемою (ми колись показали, що в астрономічних та фізичних питаннях *передбачення* насправді є *баченням*). Передчуття є, що філософія, яка вважає тривалість реальною і навіть діючою, цілком може прийняти простір-час Мінковського та Ейнштейна (де, до речі, четвертий вимір, названий часом, вже не є, як у наших попередніх прикладах, виміром, цілком асимільованим з іншими). Навпаки, ви ніколи не виведете зі схеми Мінковського ідею часового потоку. Чи не краще тоді дотримуватися до нового наказу одного з двох поглядів, який не жертвує нічим з досвіду, і, отже — щоб не передрішати питання — нічим із видимостей? До того ж, як можна повністю відкинути внутрішній досвід, якщо ти фізик, якщо ти дієш на основі сприйняття і тим самим на даних свідомості? Воістину, певна доктрина приймає свідчення почуттів, тобто свідомості, щоб отримати терміни, між якими встановити зв'язки, а потім зберігає лише зв'язки і вважає терміни неіснуючими. Але це метафізика, прищеплена на науку, а не наука. І, правду кажучи, саме через абстракцію ми розрізняємо терміни, також через абстракцію — зв'язки: безперервний потік, з якого ми витягуємо одночасно і терміни, і зв'язки, і який є, крім усього цього, плинністю — ось єдине безпосереднє дане досвіду.

Але ми мусимо закрити цю надто довгу дужку. Ми гадаємо, що досягли нашої мети, яка полягала у визначенні характеристик часу, в якому справді є послідовність. Скасуйте ці характеристики; більше не буде послідовності, лише сукупність. Ви можете сказати, що ви все ще маєте справу з часом, — кожен вільний надавати словам значення, яке він хоче, за умови, що він починає з його визначення, — але ми знатимемо, що це вже не досліджуваний час; ми опинимося перед символічним і умовним часом, допоміжною величиною, введеною для обчислення реальних величин. Можливо, саме тому, що ми не проаналізували спочатку наше уявлення про час, що плине, наше відчуття реальної тривалості, було так важко визначити філософське значення теорій Ейнштейна, я маю на увазі їхній зв'язок із реальністю. Ті, кого бентежив парадоксальний вигляд теорії, казали, що численні часи Ейнштейна були чистими математичними сутностями. Але ті, хто хотів би розчинити речі у зв'язках, хто вважає будь-яку реальність, навіть нашу, за плутано сприйняту математику, охоче казали б, що простір-час Мінковського та Ейнштейна є самою реальністю, що всі часи Ейнштейна однаково реальні, настільки ж, а може, і більше, ніж час, що плине з нами. З обох боків поспішають надто швидко. Ми щойно казали, і незабаром покажемо детальніше, чому теорія відносності не може виразити всю реальність. Але неможливо, щоб вона не виражала якоїсь реальності. Бо час, який бере участь у досліді Майкельсона-Морлі, є реальним часом; — реальним також є час, коли ми повертаємося із застосуванням формул Лоренца. Якщо виходити з реального часу, щоб дійти до реального часу, можливо, використовували математичні хитрощі в проміжку, але ці хитрощі повинні мати певний зв'язок із речами. Отже, саме питання про частку реального, частку умовного слід вирішити. Наші аналізи були просто призначені для підготовки цієї роботи.

## За якою ознакою впізнають, що час є реальним

Але ми щойно вимовили слово «реальність»; і постійно, у подальшому, ми говоритимемо про те, що є реальним, а що ні. Що ми матимемо на увазі? Якби треба було визначити реальність взагалі, сказати, за якою ознакою її впізнають, ми не змогли б цього зробити, не зарахувавши себе до якоїсь школи: філософи не згодні, і проблема отримала стільки розв'язків, скільки відтінків мають реалізм та ідеалізм. Крім того, нам слід було б розрізняти точку зору філософії та науки: перша вважає реальним радше конкретне, сповнене якості; друга витягує або абстрагує певний аспект речей і зберігає лише те, що є величиною або зв'язком між величинами. На щастя, у подальшому нам доведеться мати справу лише з однією реальністю, часом. У таких умовах нам буде легко дотримуватися правила, яке ми собі нав'язали у цьому нарисі: не стверджувати нічого, що не могло б бути прийнятим будь-яким філософом, будь-яким вченим, — нічого, що не було б притаманним будь-якій філософії та будь-якій науці.

Кожен, без сумніву, погодиться, що час неможливо уявити без *до* та *після*: час — це послідовність. Але ми щойно показали, що там, де немає пам'яті, свідомості — реальної чи уявної, спостереженої чи вигаданої, фактично присутньої чи ідеально введеної, — не може існувати одночасно *до* й *після*: є одне або інше, але не обидва разом; а для часу потрібні саме обидва. Отже, у подальшому, коли ми хотітимемо з'ясувати, чи маємо справу з реальним чи фіктивним часом, нам варто просто запитати себе, чи може об'єкт, що його нам пропонують, бути сприйнятим, стати усвідомленим. Цей випадок привілейований; він навіть унікальний. Якщо мова, наприклад, про колір, свідомість, безсумнівно, бере участь на початку дослідження, надаючи фізику сприйняття речі; але фізик має право й обов'язок замінити це свідоме сприйняття чимось вимірним та лічильним, з чим він відтепер працюватиме, залишаючи для зручності лише назву початкового сприйняття. Він може це зробити, тому що, навіть якщо це початкове сприйняття виключено, щось залишається або, принаймні, вважається таким. Але що залишиться від часу, якщо ви виключите послідовність? І що залишиться від послідовності, якщо ви відкидаєте навіть можливість сприйняти *до* та *після*? Я визнаю ваше право замінити час лінією, наприклад, адже його треба виміряти. Але лінію слід називати часом лише там, де сукупність, яку вона нам пропонує, може бути перетворена на послідовність; інакше це буде довільно, умовно, що ви залишаєте цій лінії назву часу: про це треба попередити, щоб уникнути серйозної плутанини. Що ж тоді, якщо ви вводите у свої міркування та розрахунки припущення, що річ, названа вами «часом», не може, під загрозою суперечності, бути сприйнятою свідомістю — реальною чи уявною? Хіба це не означатиме, за визначенням, що ви оперуєте фіктивним, нереальним часом? Саме така ситуація з часами, з якими ми часто стикатимемось у теорії відносності. Ми зустрінемо часи сприйняті чи можливі для сприйняття; їх можна вважати реальними. Але є й інші, яким теорія, певною мірою, забороняє бути сприйнятими чи стати доступними для сприйняття: якщо вони стануть такими, вони змінять величину — так, що вимірювання, точне, якщо воно стосується того, що не спостерігається, стане хибним, як тільки це спостерігатиметься. Як же не оголосити їх нереальними, принаймні як «часові»? Я визнаю, що фізикув зручно називати їх часами; — причину цього ми побачимо згодом. Але якщо ототожнювати ці Часи з іншими, потрапляєш у парадокси, які, безсумнівно, зашкодили теорії відносності, хоч і сприяли її популяризації. Тому не дивно, що ми вимагаємо властивість бути сприйнятим чи доступним для сприйняття у всьому, що пропонують нам як реальне. Ми не

вирішуватимемо питання, чи всяка реальність має цю властивість. Тут мова йтиме лише про реальність часу.

## РОЗДІЛ 7.

# Про множинність часів

## Множинні та сповільнені часи теорії відносності

Отже, нарешті дійшли ми до Часу Ейнштейна й повернімо все, що ми сказали, припустивши спочатку нерухомий ефір. Ось Земля рухається своєю орбітою. Пристрій Майкельсона-Морлі на місці. Проводять експеримент; повторюють його у різні пори року й, отже, при різних швидкостях нашої планети. Завжди промінь світла поводитьься так, ніби Земля нерухома. Такий факт. Де ж пояснення?

Але спочатку, навіщо говорити про швидкості нашої планети? Невже Земля, абсолютно кажучи, рухається крізь простір? Очевидно ні; ми в гіпотезі Відносності, і немає більше абсолютного руху. Коли ви говорите про орбіту, яку описує Земля, ви стаєте на довільно обраний погляд, мешканців Сонця (Сонця, що стало придатним для життя). Вам подобається прийняти цю систему відліку. Але чому промінь світла, спрямований на дзеркала пристрою Майкельсона-Морлі, мав би враховувати вашу фантазію? Якщо все, що відбувається фактично, — це взаємне переміщення Землі та Сонця, ми можемо взяти за систему відліку Сонце чи Землю, чи будь-яку іншу обсерваторію. Виберемо Землю. Проблема для неї зникає. Більше не треба запитувати, чому інтерференційні смуги зберігають той самий вигляд, чому той самий результат спостерігається у будь-яку пору року. Це просто тому, що Земля нерухома.

Правда, проблема знову постає в наших очах для, наприклад, мешканців Сонця. Я кажу «в наших очах», бо для сонячного фізика питання вже не стосуватиметься Сонця: тепер рухається Земля. Коротше, кожен із двох фізиків ставитиме проблему для системи, що не є його власною.

Кожен із них опиняється таким чином у тій самій ситуації, що й П'єр щойно стосовно Поля. П'єр перебував у нерухомому ефірі; він мешкав у привілейованій системі  $S$ . Він бачив, як Поль, захоплений рухом рухомої системи  $S'$ , проводить той самий дослід і знаходить ту саму швидкість світла, що й він, тоді як ця швидкість мала б бути зменшена на швидкість рухомої системи. Цей факт пояснювався уповільненням часу, скороченням довжин та порушеннями одночасності, які рух викликав у системі  $S'$ . Тепер же немає абсолютного руху, а отже, і абсолютного спокою: дві системи, що перебувають у стані взаємного переміщення, кожна по черзі буде нерухомою за декретом, що зводить її до системи відліку. Але протягом усього часу дії цієї угоди можна повторювати про нерухому систему те, що щойно говорилося про дійсно нерухому систему, а про рухому систему — те, що застосовувалося до системи, що дійсно перетинає ефір. Для конкретизації назвемо знову  $S$  і  $S'$  дві системи, що рухаються одна відносно одної. І для спрощення припустимо, що весь Всесвіт зведено до цих двох систем. Якщо  $S$  є системою відліку, фізик, розташований у  $S$ , інтерпретуватиме результат так, як ми робили раніше. Він скаже: «Система рухається зі швидкістю  $v$  відносно мене, нерухомого. Але дослід Майкельсона-Морлі дає там той самий результат, що й тут. Отже, внаслідок руху відбувається скорочення у напрямку переміщення системи; довжина  $l$  стає  $l\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ . До цього скорочення довжин, до того ж, прив'язане розширення часу: там, де годинник системи  $S'$  відлічує кількість секунд  $t'$ , насправді минуло

$\frac{t'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ . Нарешті, коли годинники системи  $S'$ , розташовані вздовж напрямку її руху та віддалені один від одного на відстані  $l$ , показують однаковий час, я бачу, що сигнали, що йдуть і повертаються між двома сусідніми годинниками, не роблять однакового шляху туди й назад, як це вважав би фізик всередині системи  $S'$ , не знаючи про її рух: там, де ці годинники позначають для нього одночасність, вони насправді вказують на послідовні моменти, розділені  $\frac{lv}{c^2}$  секундами його годинників, а отже,  $\frac{lv}{c^2 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$  секундами моїх». Таким був би міркування фізика в  $S$ . І, будуючи цілісне математичне представлення Всесвіту, він використовував би виміри простору та часу, взяті його колегою з системи  $S'$ , лише після застосування до них перетворення Лоренца.

Але фізик системи  $S'$  діятиме так само. Проголосивши себе нерухомим, він повторюватиме про  $S$  усе, що його колега в  $S$  сказав би про  $S'$ . У математичному представленні Всесвіту, яке він побудував би, він вважав би точними та остаточними виміри, які він сам зробив усередині своєї системи, але виправляв би за формулами Лоренца всі ті, що були зроблені фізиком, прив'язаним до системи  $S$ .

Таким чином, були б отримані два математичні представлення Всесвіту, абсолютно різні, якщо розглядати числа, що входять до них, ідентичні, якщо враховувати відносини, які вони вказують між явищами, — відносини, які ми називаємо законами природи. Ця різниця, до того ж, є умовою цієї ідентичності. Коли ми робимо різні фотографії об'єкта, обертаючись навколо нього, мінливість деталей лише відображає незмінність відносин між цими деталями, тобто сталості об'єкта.

Таким чином ми повертаємося до множинності часів, до одночасностей, що стали послідовностями, і послідовностей, що стали одночасностями, до довжин, які слід рахувати по-різному залежно від того, чи вони вважаються в спокої, чи в русі. Але цього разу ми маємо справу з остаточною формою теорії відносності. Ми повинні запитати себе, у якому сенсі вживаються слова.

Розгляньмо спочатку множинність часів і повернімося до наших двох систем  $S$  і  $S'$ . Фізик, розташований у  $S$ , приймає свою систему як систему відліку. Отже,  $S$  нерухома, а  $S'$  рухається. Усередині своєї системи, що вважається нерухомою, наш фізик проводить дослід Майкельсона-Морлі. Для обмеженого завдання, яке ми переслідуюмо зараз, буде корисно розділити дослід навпіл і залишити, так би мовити, лише половину. Припустимо тому, що фізик займається лише шляхом світла у напрямку  $OB$ , перпендикулярному до взаємного руху двох систем. На годиннику, розташованому в точці  $O$ , він читає час  $t$ , який промінь витратив на шлях від  $O$  до  $B$  і назад від  $B$  до  $O$ . Про який час йдеться?

Очевидно, про реальний час, у значенні, яке ми надавали цьому виразу раніше. Між виходом і поверненням променя свідомість фізика пережила певну тривалість: рух стрілок годинника є потоком, сучасним цьому внутрішньому потоку, і який служить для його вимірювання. Жодних сумнівів, жодних труднощів. Час, пережитий і підрахований свідомістю, є реальним за визначенням.

Тепер подивимося на другого фізика, розташованого в  $S'$ . Він вважає себе нерухомим, маючи звичку приймати власну систему за систему відліку. Ось він проводить дослід Майкельсона-Морлі або, точніше, теж половину дослідів. На годиннику, розташованому в  $O'$ , він відзначає час, який витрачає промінь світла на шлях від  $O'$  до  $B'$  і назад. Тож що це

за час, який він рахує? Очевидно, час, який він переживає. Рух його годинника сучасний потоку його свідомості. Це знову реальний час за визначенням.

## РОЗДІЛ 7.2.

### Як вони сумісні з єдиним та універсальним часом

Отже, час, пережитий і підрахований першим фізиком у своїй системі, і час, пережитий і підрахований другим у своїй, є обидва реальними часами.

Чи є вони, один і другий, одним і тим самим часом? Чи це різні часи? Ми доведемо, що в обох випадках йдеться про той самий час.

Справді, у якому б сенсі не розуміли уповільнення чи прискорення часу і, отже, множинні часи, про які йдеться в теорії Відносності, один пункт є певним: ці уповільнення та прискорення залежать виключно від руху систем, що розглядаються, і визначаються лише швидкістю, яку приписують кожній системі. Тому ми не змінимо нічого в будь-якому часі, справжньому чи уявному, системи  $S'$ , якщо припустимо, що ця система є дублікатом системи  $S$ , оскільки зміст системи, природа подій, що в ній відбуваються, не мають значення: важлива лише швидкість переміщення системи. Але якщо  $S'$  є копією  $S$ , то очевидно, що переживаний час, який другий фізик відзначав під час свого дослідження в системі  $S'$ , яку він вважав нерухомою, є тотожним до часу, пережитого та відзначеного першим фізиком у системі  $S$ , яку також вважали нерухомою, оскільки  $S$  та  $S'$ , будучи нерухомими, є взаємозамінними. Отже, час, пережитий і підрахований у системі, час внутрішній і іманентний системі, справжній час — нарешті, є однаковим для  $S$  та  $S'$ .

Але тоді що таке множинні часи з нерівномірною течією, які теорія Відносності виявляє в різних системах залежно від швидкості, з якою ці системи рухаються?

Повернемося до наших двох систем  $S$  та  $S'$ . Якщо ми розглянемо час, який фізик П'єр, що знаходиться в  $S$ , приписує системі  $S'$ , то побачимо, що цей час дійсно повільніший за час, який П'єр підраховував у своїй власній системі. Отже, цей час не переживається П'єром. Але ми знаємо, що його не переживає і Поль. Тож його не переживають ні П'єр, ні Поль. Тим більше його не переживає ніхто інший. Але цього недостатньо. Якщо час, приписаний П'єром системі Поля, не переживається ні П'єром, ні Полем, ні кимось іншим, то чи принаймні П'єр уявляє його як такий, що переживається Полем або може переживатися ним, чи взагалі кимось, чи взагалі чимось? При ближчому розгляді виявиться, що це не так. Безсумнівно, П'єр наклеює на цей час етикетку з ім'ям Поля; але якби він уявляв Поля свідомим, що переживає свою власну тривалість і вимірює її, то саме тому він побачив би, що Поль бере свою власну систему за систему відліку і тоді розташовується в цьому єдиному часі, внутрішньому для кожної системи, про який ми щойно говорили: до того ж, П'єр тимчасово відмовився б від своєї системи відліку і, отже, від своєї свідомості; П'єр бачив би себе лише як видіння Поля. Але коли П'єр приписує системі Поля уповільнений час, він більше не розглядає в Полі фізика, навіть свідому істоту, навіть істоту: він випорожнює візуальний образ Поля від його свідомого та живого внутрішнього вмісту, зберігаючи лише зовнішню оболонку персонажа (лише вона, власне, цікавить фізику): тоді числа, якими Поль позначив би інтервали часу своєї системи, якби був свідомим, П'єр множить на  $\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ , щоб включити їх у математичне представлення всесвіту зі своєї точки зору, а не з точки зору Поля. Отже, підсумовуючи, тоді як час, приписаний П'єром до своєї власної системи, є часом, який він пережив, час, який П'єр приписує системі Поля, не є ні часом, пережитим

П'єром, ні часом, пережитим Полем, ні часом, який П'єр уявляє пережитим або таким, що може бути пережитим живим і свідомим Полем. Що ж це тоді, як не простий математичний вираз, призначений позначити, що саме система П'єра, а не система Поля, береться за систему відліку?

Я художник, і мені потрібно зобразити двох персонажів, Жана та Жака, один з яких знаходиться поруч зі мною, а інший — на відстані двох-трьохсот метрів. Я намалюю першого в натуральну величину, а другого зменшу до розмірів карлика. Один з моїх колег, який буде поруч із Жаком і також захоче намалювати обох, зробить протилежне до мене: він зобразить Жана дуже маленьким, а Жака в натуральну величину. І ми обидва будемо праві. Але чи маємо ми право з того, що обидва праві, зробити висновок, що Жан і Жак не мають ні нормального зросту, ні зросту карлика, або що вони мають і те, й інше одночасно, або що це — як хто завгодно? Звичайно, ні. Зріст і розмір — це терміни, які мають чітке значення, коли мова йде про модель, що позує: це те, що ми сприймаємо як висоту та ширину персонажа, коли ми поруч з ним, коли ми можемо доторкнутися і прикласти до його тіла лінійку для вимірювання. Знаходячись поруч із Жаном, вимірюючи його, якщо я хочу, і маючи намір змалювати його в натуральну величину, я надаю йому його справжній розмір; а зображаючи Жака як карлика, я просто виражаю неможливість доторкнутися до нього — навіть, якщо можна так висловитися, ступінь цієї неможливості: *ступінь неможливості* саме й називається відстанню, і це відстань враховує перспектива. Так само, всередині системи, в якій я знаходжусь, і яку я нерухомо уявляю, беручи її за систему відліку, я безпосередньо вимірюю час, який є моїм і моєї системи; саме цей вимір я вношу у своє представлення всесвіту стосовно всього, що стосується моєї системи. Але, нерухомо уявляючи свою систему, я привів в рух інші системи, і я привів їх у різний рух. Вони набули різних швидкостей. Чим більша їхня швидкість, тим більше вона *віддалена* від моєї нерухомості. Саме цю більшу чи меншу *відстань* їхньої швидкості до моєї нульової швидкості я виражаю у своєму математичному представленні інших систем, коли приписую їм більш повільний чи менш повільний час, до того ж завжди повільніший за мій, так само як більшу чи меншу відстань між мною та Жаком я виражаю, зменшуючи більш чи менш його зріст. Множинність часів, яку я таким чином отримую, не заперечує єдності справжнього часу; скоріше, вона її передбачає, так само як зменшення зросту з відстанню на низці полотен, де я зображую Жака на різній відстані, вказує на те, що Жак зберігає той самий зріст.

### РОЗДІЛ 7.3.

## Розгляд парадоксів часу

Так зникає парадоксальна форма, яку надали теорії множинності часів. «Уявіть, — сказано, — мандрівника, закритого в снаряді, який був запущений із Землі зі швидкістю, меншою приблизно на одну двадцятитисячну від швидкості світла, який зустрів би зорю і був би повернений на Землю з тією ж швидкістю. Постарівши, скажімо, на два роки, коли він вийде зі свого снаряда, він виявить, що наша планета постаріла на двісті років.» — Чи впевнені ми в цьому? Подивимося уважніше. Ми побачимо, як розвіється ефект міражу, бо це не що інше.

### РОЗДІЛ 7.4.

## Гіпотеза мандрівника в снаряді

Снаряд вилетів із гармати, прикріпленої до нерухомої Землі. Назвемо П'єром персонажа, що залишився біля гармати, де Земля є нашою системою  $S$ . Мандрівник, замкнений у снаряді  $S'$ , стає нашим персонажем Полям. Ми припускали, як казали, гіпотезу, де Поль повернеться після двохсот років, прожитих П'єром. Отже, ми розглядали П'єра живим і свідомим: саме двісті років його внутрішнього потоку минули для П'єра між вильотом і поверненням Поля.

Тепер звернімося до Поля. Ми хочемо знати, скільки часу він прожив. Отже, ми маємо звернутися до живого та свідомого Поля, а не до образу Поля, представленого в свідомості П'єра. Але живий і свідомий Поль, очевидно, приймає за систему відліку свій снаряд: цим самим він його зупиняє. З того моменту, як ми звертаємося до Поля, ми з ним, ми приймаємо його точку зору. Але тоді снаряд зупинився: це гармата з прикріпленою до неї Землею тікає крізь простір. Усе, що ми говорили про П'єра, тепер мусимо повторити про Поля: рух є взаємним, обидва персонажі взаємозамінні. Якщо раніше, дивлячись у свідомість П'єра, ми спостерігали певний потік, це точно такий самий потік, який ми виявимо в свідомості Поля. Якщо ми казали, що перший потік тривав двісті років, то й інший триватиме двісті років. П'єр і Поль, Земля і снаряд проживуть однакою тривалістю і постаріють однакою.

Де ж ті два роки сповільненого часу, що мали мляво плинути для снаряда, поки на Землі минають двісті років? Невже наша аналіза їх знищила? Анітрохи! Ми їх знайдемо. Але ми нічого не зможемо в них помістити — ні істот, ні речей; і доведеться шукати інший спосіб не старіти.

Наші два персонажі з'явилися нам як такі, що живуть в єдиному часі, двісті років, тому що ми ставали на точку зору то одного, то іншого. Це було необхідно для філософського тлумачення тези Ейнштейна, яка полягає в радикальній відносності й, отже, досконалій взаємності прямолінійного рівномірного руху<sup>(1)</sup>. Але такий спосіб мислення властивий філософу, який сприймає тезу Ейнштейна цілісно і зосереджується на реальності — тобто на сприйнятій чи сприйнятній речі, яку ця теза, очевидно, виражає. Вона передбачає, що ми ніколи не втрачатимемо з уваги ідею взаємності й, отже, постійно переходитимемо від П'єра до Поля й від Поля до П'єра, вважаючи їх взаємозамінними, зупиняючи їх по черзі, причому зупиняючи лише на мить завдяки швидкій коливальній увазі, що не хоче нічого втрачати з тези відносності. Але фізик змушений діяти інакше, навіть якщо беззастережно приймає теорію Ейнштейна. Він, безсумнівно, почне з того, що погодиться з нею. Він стверджуватиме взаємність. Поставить, що можна вибрати між точкою зору П'єра та Поля. Але, сказавши це, він обере одну з них, бо не може одночасно віднести події Всесвіту до двох різних систем координат. Якщо він мисленням стане на місце П'єра, він зарахує П'єрові час, який П'єр зараховує собі сам, тобто час, реально прожитий П'єром, а Полю — час, який П'єр йому приписує. Якщо він із Полям, він зарахує Полю час, який Поль зараховує собі сам, тобто час, який Поль реально проживає, а П'єру — час, який Поль йому приписує. Але, повторюю, він обов'язково обере П'єра чи Поля. Припустимо, він обере П'єра. Тоді саме два роки, і лише два роки, він муситиме зарахувати Полю.

---

<sup>(1)</sup> Рух снаряда можна вважати прямолінійним і рівномірним на кожній з двох окремо взятих ділянок шляху — туди й назад. Це все, що потрібно для обґрунтованості нашого міркування.

Адже П'єр і Поль мають справу з тією самою фізикою. Вони спостерігають ті самі відносини між явищами, виявляють у природі ті самі закони. Але система П'єра нерухома, а система Поля рухається. Допоки мова йде про явища, певним чином прив'язані до системи, тобто визначені фізикою так, що система вважається такою, що несе їх із собою під час руху, закони цих явищ, очевидно, мають бути однаковими для П'єра й Поля: явища

в русі, сприймані Полем, який рухається з тією самою швидкістю, що й вони, є нерухомими в його очах і з'являються йому так само, як аналогічні явища системи П'єра з'являються йому. Але електромагнітні явища представлені так, що їх не можна вважати такими, що долаються разом із системою, коли система вважається такою, що рухається. І все ж відносини цих явищ між собою, їхні відносини з явищами, що долаються в русі системи, для Поля залишаються такими самими, як і для П'єра. Якщо швидкість снаряда дійсно та, яку ми припустили, П'єр може висловити цю стійкість відносин лише приписуючи Полю час у сто разів повільніший за свій, як видно з рівнянь Лоренца. Якби він рахував інакше, він не вніс би до своєї математичної картини світу того, що Поль у русі виявляє між усіма явищами — включно з електромагнітними — ті самі відносини, що й П'єр у спокої. Він, правда, цим самим неявно висуває, що Поль, якого віднесли, міг би стати Полем, що відносить, бо чому відносини зберігаються для Поля, чому П'єр має позначати їх для Поля такими, якими вони з'являються П'єру, якщо не тому, що Поль оголосив би себе нерухомим з тим самим правом, що й П'єр? Але це лише наслідок тієї взаємності, яку він так позначає, а не сама взаємність. Повторюю, він сам став тим, що відносить, а Поль лише тим, кого віднесли. У таких умовах час Поля у сто разів повільніший за час П'єра. Але це приписаний час, а не прожитий. Прожитий час Поля був би часом Поля, що відносить, а не того, кого віднесли: це був би точно той самий час, який щойно знайшов П'єр.

Отже, ми завжди повертаємося до того самого: існує єдиний реальний час, а інші — вигадані. Адже що таке реальний час, як не час, прожитий або той, що можна прожити? Що таке нереальний, допоміжний, вигаданий час, як не той, що ніщо й ніхто не може реально прожити?

Але ми бачимо джерело плутанини. Сформулюємо його так: гіпотеза взаємності може бути математично виражена лише через її заперечення, адже математичне вираження свободи вибору між двома системами координат полягає у фактичному обранні однієї з них<sup>(1)</sup>. Можливість вибору не може бути прочитана у самому виборі. Система координат, лише через факт її прийняття, стає привілейованою. У математичному використанні вона невідрізнена від абсолютно нерухомої системи. Ось чому однобічна та двостороння відносність математично еквівалентні, принаймні у даному випадку. Різниця існує лише для філософа; вона виявляється лише при питанні про реальність, тобто про сприймане чи спостережуване, що припускають обидві гіпотези. Старша гіпотеза привілейованої системи в стані абсолютного спокою призвела б до множинності реальних Часів. П'єр, справді нерухомий, проживав би певну тривалість; Поль, справді рухомий, проживав би повільнішу тривалість. Але інша гіпотеза, гіпотеза взаємності, означає, що повільніша тривалість має приписуватися П'єром Полю чи Полем П'єру, залежно від того, хто є референтом, а хто — референційним. Їхні позиції ідентичні; вони живуть у єдиному Часі, але взаємно приписують один одному інший Час і цим виражають, згідно правил перспективи, що фізика уявного рухомого спостерігача має бути такою ж, як і фізика реального нерухомого спостерігача. Отже, у гіпотезі взаємності є щонайменше стільки ж підстав вірити в єдиний Час, як і у здоровому глузді: парадоксальна ідея множинності Часів нав'язується лише у гіпотезі привілейованої системи. Але, повторюю, математично можна висловитися лише у гіпотезі привілейованої системи, навіть якщо спочатку постулювалася взаємність; і фізик, вважаючи себе вільним від гіпотези взаємності після віддани їй належного шану вибором системи відліку, залишає її філософу і надалі висловлюється мовою привілейованої системи. Покладаючись на цю фізику, Поль сідає у снаряд. У дорозі він переконується, що філософія мала рацію<sup>(2)</sup>.

<sup>(1)</sup> Звичайно, мова завжди йде лише про спеціальну теорію відносності.

<sup>(2)</sup> Гіпотезу мандрівника, замкненого в гарматному снаряді, який проживає лише два роки, тоді як на Землі минає двісті років, виклав пан Ланжевєн у своєму доповіді на конгресі в Болоньї 1911 року. Вона універсально відома й всюди цитується. Її можна

знайти, зокрема, у важливій праці пана Жана Бекереля «Принцип відносності та теорія гравітації» на сторінці 52.

Навіть з чисто фізичної точки зору вона викликає певні труднощі, адже ми вже не перебуваємо в рамках спеціальної теорії відносності. Оскільки швидкість змінює напрям, маємо справу з прискоренням і проблемою загальної теорії відносності.

Але в будь-якому разі наведене вище рішення усуває парадокс і розвіює проблему.

Скористаємося нагодою сказати, що саме доповідь пана Ланжевена на конгресі в Болоньї колись привернула нашу увагу до ідей Ейнштейна. Відомо, чим зобов'язані пану Ланжевену, його працям і його вченню всі, хто цікавиться теорією відносності.

До утримання ілюзії також спричинилося те, що спеціальна теорія відносності заявляє про пошук уявлення речей, незалежного від системи відліку<sup>(1)</sup>. Здавалося б, вона забороняє фізику займати певну точку зору. Але тут важливе розрізнення. Безсумнівно, теоретик відносності прагне надати законам природи вираз, що зберігає свою форму незалежно від системи відліку, до якої віднесено події. Але це лише означає, що, займаючи певну точку зору, як і будь-який фізик, приймаючи певну систему відліку та фіксуючи певні величини, він встановлює між цими величинами співвідношення, які мають залишатися незмінними, інваріантними, стосовно нових величин, знайдених при переході до нової системи відліку. Саме тому, що його метод дослідження та прийоми запису гарантують еквівалентність усіх уявлень Всесвіту з усіх точок зору, він має абсолютне право (добре закріплене у класичній фізиці) дотримуватися своєї особистої позиції та відносити все до своєї єдиної системи відліку. Але до цієї системи відліку він змушений прив'язуватися<sup>(2)</sup>. До неї ж має прив'язуватися філософ, коли хоче відрізнити реальне від уявного. Реальним є те, що вимірюється реальним фізиком, уявним — те, що представлене в думці реального фізика як виміряне уявними фізиками. Але ми повернемося до цього в ході нашої роботи. Наразі вкажемо на інше джерело ілюзії, менш очевидне ніж перше.

---

(1) Ми дотримуємося тут спеціальної теорії відносності, оскільки займаємося лише Часом. У загальній теорії відносності безсумнівно прагнуть не використовувати жодної системи відліку, діяти як при побудові внутрішньої геометрії, без осей координат, використовуючи лише інваріантні елементи. Однак навіть тут інваріантність, яку розглядають на практиці, зазвичай залишається інваріантністю співвідношення між елементами, що самі підпорядковані вибору системи відліку.

(2) У своїй чарівній невеликій книжці про теорію відносності (*The General Principle of Relativity*, London, 1920) пан Вільдон Карп стверджує, що ця теорія передбачає ідеалістичну концепцію Всесвіту. Ми не пішли б так далеко; але вважаємо, що саме в напрямку ідеалізму слід орієнтувати цю фізику, якщо бажають звести її до філософії.

Фізик П'єр природно допускає (це лише віра, бо довести неможливо), що існують інші свідомості, крім його власної, розкидані по поверхні Землі, які можна уявити навіть у будь-якій точці Всесвіту. Поль, Жан та Жак можуть рухатися відносно нього скільки завгодно: він бачитиме в них розуми, що мислять і відчують, як і він сам. Це тому, що він перш за все людина, а потім уже фізик. Але коли він вважає Поля, Жана та Жака істотами, подібними до нього, наділеними свідомістю, як і він, він фактично забуває свою фізику або користується дозволом, який вона йому дає, щоб говорити у повсякденному житті, як звичайні люди. Як фізик, він знаходиться всередині системи, де проводить вимірювання та до якої відносить усе. Фізиками, як і він, і, отже, такими ж свідомими, будуть, у крайньому випадку, лише люди, прив'язані до тієї ж системи: вони будують, використовуючи ті самі числа, ту саму картину світу з тієї ж точки зору; вони також є тими, хто посилається. Але інші люди стають лише тими, на кого посилаються; вони тепер можуть бути для фізика лише порожніми маріонетками. Якби П'єр надав їм душу, він миттєво втратив би свою власну; з тих, на кого посилаються, вони перетворилися б на тих, хто посилається; вони стали б фізиками, а П'єру довелося б самому стати маріонеткою. Це перемикання свідомості, звичайно, починається лише тоді, коли ми займаємося фізикою, бо саме тоді необхідно вибрати систему відліку. Поза цим люди залишаються тими, ким вони є, свідомими одне одного. Немає жодної причини, щоб вони не проживали тоді той самий час і не розвивалися в тому самому Часі. Множинність часів виявляється саме в той момент, коли лише одна людина чи одна група живе часом. Цей Час стає тоді єдиним реальним: це реальний Час, про який йшлося раніше, але привласнений людиною чи групою, яка стала фізиком. Всі інші люди, перетворені з цього моменту на маріонеток,

тепер існують у Часі, який уявляє фізик і який не може бути реальним Часом, оскільки його не проживають і не можуть прожити. Будучи уявними, їх природно можна уявляти скільки завгодно.

Те, що ми зараз додамо, здаватиметься парадоксальним, і все ж це проста правда. Ідея реального Часу, спільного для обох систем, ідентичного для  $S$  та  $S'$ , набуває більшої сили в гіпотезі множинності математичних часів, ніж у загальноприйнятій гіпотезі єдиного універсального математичного Часу. Бо в будь-якій іншій гіпотезі, крім теорії Відносності,  $S$  та  $S'$  не є строго взаємозамінними: вони займають різні положення щодо певної привілейованої системи; і навіть якщо спочатку зробити одну копію іншої, вони миттєво розрізняються лише тим, що не підтримують однакового зв'язку з центральною системою. Навіть якщо тоді приписати їм той самий математичний Час, як це завжди робили до Лоренца та Ейнштейна, неможливо строго довести, що спостерігачі, розташовані відповідно в цих двох системах, проживають той самий внутрішній час і що, отже, обидві системи мають той самий реальний Час; навіть тоді дуже важко точно визначити цю ідентичність тривалості; усе, що можна сказати, це те, що немає жодної причини, щоб спостерігач, переходячи з однієї системи в іншу, не реагував психологічно однаково, не проживав би той самий внутрішній час для пропорційно рівних частин того самого універсального математичного Часу. Це розумний аргумент, якому ніхто не заперечив рішуче, але йому бракує строгості та точності. Навпаки, гіпотеза Відносності по суті відкидає привілейовану систему:  $S$  та  $S'$  повинні розглядатися, поки їх розглядають, як строго взаємозамінні, якщо спочатку зробити одну копію іншої. Але тоді двох людей у  $S$  та  $S'$  можна привести думкою до збігу, як дві рівні фігури, які накладають: вони повинні збігатися не лише в різних аспектах *кількості*, але й, якщо можна так висловитися, у *якості*, бо їхнє внутрішнє життя стає нерозрізненним, так само як і те, що піддається вимірюванню: обидві системи залишаються постійно тими, чим були в момент їх встановлення, копіями одна одної, тоді як поза гіпотезою Відносності вони переставали бути повними копіями в наступний момент, коли їх залишали на власний розсуд. Але ми не будемо наголошувати на цьому. Скажімо просто, що два спостерігачі в  $S$  та  $S'$  проживають абсолютно той самий час і що дві системи мають таким чином той самий реальний Час.

Чи це стосується всіх систем у Всесвіті? Ми приписали  $S'$  довільну швидкість: отже, ми можемо повторити для будь-якої системи  $S''$  те, що сказали про  $S'$ ; спостерігач, прикріплений до неї, проживатиме там той самий час, що й у  $S$ . Хіба що нам заперечать, що взаємне переміщення  $S''$  та  $S$  не те саме, що між  $S$  та  $S'$ , і що, отже, коли ми нерухомо закріплюємо  $S$  як систему відліку в першому випадку, ми робимо не зовсім те саме, що в другому. Тривалість спостерігача в  $S$ , нерухомого, коли  $S'$  є системою, на яку посилаються щодо  $S$ , не обов'язково була б тією ж, що й у цього самого спостерігача, коли система, на яку посилаються щодо  $S$ , є  $S''$ ; були б, так би мовити, різні *інтенсивності нерухомості*, залежно від того, наскільки великою була швидкість взаємного переміщення двох систем до того, як одну з них, раптом піднесено до системи відліку, зафіксує дух. Ми не думаємо, що хтось захоче зайти так далеко. Але навіть тоді ми просто поставили б себе в гіпотезу, яку зазвичай приймають, коли проводять уявного спостерігача крізь світ і вважають за можливе приписати йому всюди той самий час. Це означає, що не бачиться жодної причини вважати протилежне: коли видимість на одному боці, той, хто оголошує її ілюзією, повинен довести свою правоту. Але ідея висунути множинність математичних часів ніколи не спадала на думку до теорії Відносності; отже, саме до неї ми зверталися б, щоб поставити під сумнів єдність Часу. І ми щойно побачили, що в єдиному цілком

точному та ясному випадку двох систем  $S$  та  $S'$ , що рухаються одна відносно одної, теорія Відносності призвела б до твердження єдності реального Часу з більшою строгістю, ніж це зазвичай робиться. Вона дозволяє визначити та майже довести тотожність, замість обмежуватися невиразним і лише правдоподібним твердженням, яким зазвичай задовольняються. У будь-якому разі, зробимо висновок щодо універсальності реального Часу, що теорія Відносності не підриває прийняту ідею, а, скоріше, має тенденцію її зміцнювати.

## РОЗДІЛ 7.5.

### Наукова одночасність, що розкладається на послідовність

Перейдемо тепер до другого пункту – розчленування одночасності. Але спочатку нагадаємо в двох словах, що ми говорили про інтуїтивну одночасність, яку можна назвати реальною та пережитою. Ейнштейн її неодмінно визнає, оскільки саме через неї він відзначає час події. Можна надавати одночасності найвитонченіші визначення, казати, що це тотожність показів годинників, синхронізованих за допомогою обміну оптичними сигналами, і робити висновок, що одночасність відносна до методу синхронізації. Проте залишається незмінною істина: якщо ми порівнюємо годинники, то лише для визначення часу подій; а одночасність події з показом годинника, що фіксує її час, не залежить від жодної синхронізації подій з годинниками; вона абсолютна<sup>(1)</sup>. Якби її не існувало, якби одночасність була лише відповідністю між показами годинників, якби вона не була також, і перш за все, відповідністю між показом годинника та подією, то ніхто не будував би годинників і не купував би їх. Адже їх купують саме для того, щоб знати, котра година. Але "знати, котра година" означає відзначити одночасність події, моменту нашого життя чи зовнішнього світу з показом годинника; це не означає, загалом, констатувати одночасність між показами годинників. Отже, теоретик відносності не може не визнавати інтуїтивну одночасність<sup>(2)</sup>. Навіть у процесі синхронізації двох годинників за допомогою оптичних сигналів він використовує цю одночасність, причому тричі, оскільки має відзначити: 1) момент відправлення оптичного сигналу, 2) момент прибуття, 3) момент повернення. Тепер легко побачити, що інша одночасність, яка залежить від синхронізації годинників шляхом обміну сигналами, називається одночасністю лише тому, що ми вважаємо себе здатними перетворити її на інтуїтивну одночасність<sup>(3)</sup>. Особа, яка синхронізує годинники один з одним, обов'язково бере їх усередині своєї системи: оскільки ця система є його системою відліку, він вважає її нерухомою. Для нього, отже, сигнали, обмінювані між двома віддаленими годинниками, проходять однаковий шлях туди й назад. Якби він розташувався в будь-якій точці, рівновіддаленій від обох годинників, і мав би досить хороший зір, він би миттєво охопив поглядом покази двох годинників, синхронізованих оптично, і побачив би, що вони показують однаковий час у цей момент. Отже, наукова одночасність завжди здається йому здатною перетворитися на інтуїтивну одночасність, і саме тому він називає її одночасністю.

<sup>(1)</sup> Вона, безсумнівно, неточна. Але коли в лабораторних експериментах встановлюють цей факт, коли вимірюють "затримку", внесену у психологічне сприйняття одночасності, саме до неї доводиться вдаватися для критики: без неї було б неможливим будь-яке зчитування приладу. У кінцевому рахунку все спирається на інтуїції одночасності та послідовності.

<sup>(2)</sup> Очевидно, спокуса виступити з запереченням полягатиме в тому, що за принципом одночасності на відстані не існує без синхронізації годинників. Міркуватимуть так: "Розгляньте вашу 'інтуїтивну' одночасність між двома дуже близькими подіями  $A$  та  $B$ . Або це лише наближена одночасність, що, втім, достатньо з огляду на значно більшу відстань між подіями, для яких ви встановлюєте 'наукову' одночасність; або це досконала одночасність, але тоді ви лише несвідомо констатуєте тотожність показів двох мікробних годинників, синхронізованих, про які ви щойно говорили, годинників, що існують віртуально в  $A$  та  $B$ . Якщо ж ви заперечите, що ваші мікроби, розміщені в  $A$  та  $B$ , використовують 'інтуїтивну' одночасність для зчитування своїх приладів, ми повторимо наші міркування, уявивши цього разу під-мікробів та під-мікробні годинники. Коротше кажучи, зі

зменшенням неточності ми врешті-решт знайшли б систему наукових одночасностей, незалежних від інтуїтивних: останні є лише їхніми нечіткими, наближеними, тимчасовими відображеннями". Але таке міркування суперечило б самому принципу теорії відносності, який полягає в тому, щоб ніколи не припускати нічого понад те, що фактично констатовано та виміряно. Це означало б постулювати, що до нашої людської науки, яка перебуває у постійному становленні, існує повна наука, дана цілісно, у вічності, і зливається з самою реальністю: ми лише поступово засвоюємо її фрагментами. Така була основна ідея метафізики греків, ідея, перейнята сучасною філософією та, до того ж, природна для нашого розуму. Якщо хтось її приймає – я не заперечую; але не слід забувати, що це метафізика, і метафізика, заснована на принципах, які не мають нічого спільного з принципами відносності.

<sup>(3)</sup> Ми показали вище (с. 72) і щойно повторили, що не можна встановити принципової різниці між одночасністю на місці та одночасністю на відстані. Завжди існує певна відстань, яка, навіть якщо вона здається нам малою, здалася б величезною мікроскопічному конструктору мікроскопічних годинників.

## РОЗДІЛ 7.6.

### Як вона поєднується з «інтуїтивною» одночасністю

Отже, розгляньмо дві системи  $S$  та  $S'$ , що рухаються одна відносно одної. Візьмемо спочатку  $S$  як систему відліку. Тим самим ми її нерухомо зафіксуємо. Годинники в ній були синхронізовані, як у будь-якій системі, шляхом обміну оптичними сигналами. Як і для будь-якої синхронізації годинників, тоді припускалося, що сигнали, що обмінюються, проходять однаковий шлях туди й назад. Але вони дійсно так роблять, оскільки система нерухома. Якщо назвати  $H_m$  та  $H_n$  точками, де розташовані два годинники, спостерігач усередині системи, обравши будь-яку точку, рівновіддалену від  $H_m$  та  $H_n$ , зможе, якщо матиме досить хороший зір, миттєво охопити поглядом дві будь-які події, що відбуваються відповідно в точках  $H_m$  та  $H_n$ , коли ці два годинники показують однаковий час. Зокрема, він охопить у цьому сприйнятті дві узгоджені покази обох годинників – які самі по собі також є подіями. Отже, будь-яка одночасність, позначена годинниками, може бути перетворена всередині системи на інтуїтивну одночасність.

Розгляньмо тепер систему  $S'$ . Для спостерігача всередині системи очевидно, що те саме відбуватиметься. Цей спостерігач бере  $S'$  за систему відліку. Тим самим він робить її нерухомою. Оптичні сигнали, за допомогою яких він синхронізує свої годинники один з одним, тоді проходять однаковий шлях туди й назад. Отже, коли дві його годинники показують однаковий час, одночасність, яку вони позначають, могла б бути пережита й стати інтуїтивною.

Таким чином, у одночасності немає нічого штучного чи умовного, незалежно від того, в якій з двох систем її розглядати.

Але подивимось тепер, як один із двох спостерігачів, той, що знаходиться в  $S$ , оцінює те, що відбувається в  $S'$ . Для нього  $S'$  рухається, і тому світлові сигнали, що обмінюються між двома годинниками цієї системи, не проходять, на відміну від того, що вважав би спостерігач, прив'язаний до системи, однаковий шлях туди й назад (за винятком, звичайно, окремого випадку, коли обидва годинники розташовані в одній площині, перпендикулярній до напрямку руху). Отже, на його думку, синхронізація двох годинників відбулася таким чином, що вони показують однаковий час там, де немає одночасності, а є лише послідовність. Однак зауважимо, що він таким чином приймає суто умовне визначення послідовності, а отже, і одночасності. Він погоджається називати послідовними показання годинників, що були синхронізовані один з одним у тих умовах, у яких він спостерігає систему  $S'$  — тобто синхронізовані таким чином, що зовнішній спостерігач не приписує сигналу однаковий шлях туди й назад. Чому б він не визначив одночасність через збіг показань годинників, синхронізованих так, щоб шлях туди й назад був однаковим для спостерігачів всередині системи? Відповідають, що кожне з двох визначень дійсне для кожного з двох спостерігачів, і саме тому одні й ті самі події системи

$S'$  можна назвати одночасними чи послідовними залежно від того, чи розглядати їх з точки зору  $S'$ , чи з точки зору  $S$ . Але легко побачити, що одне з цих двох визначень є суто умовним, тоді як інше — ні.

Щоб переконатися в цьому, повернемося до гіпотези, яку ми вже робили. Припустимо, що  $S'$  є дублікатом системи  $S$ , що обидві системи ідентичні й розгортають у собі ту саму історію. Вони перебувають у стані взаємного переміщення, цілковито взаємозамінні; але одна з них приймається як система відліку й з цього моменту вважається нерухомою: це буде  $S$ . Гіпотеза, що  $S'$  є дублікатом  $S$ , не завдає жодної шкоди загальності нашої демонстрації, оскільки передбачуване роз'єднання одночасності на послідовність, і послідовність більш-менш повільну залежно від швидкості системи, залежить лише від швидкості системи, анітрохи не від її змісту. За таких умов ясно, що якщо події  $A, B, C, D$  системи  $S$  є одночасними для спостерігача в  $S$ , то ідентичні події  $A', B', C', D'$  системи  $S'$  також будуть одночасними для спостерігача в  $S'$ . Тепер чи будуть дві групи  $A, B, C, D$  і  $A', B', C', D'$ , кожна з яких складається з подій, одночасних одна одній для внутрішнього спостерігача системи, крім того, одночасними між собою, тобто сприйматимуться як одночасні верховним свідомим спостерігачем, здатним миттєво співпереживати або телепатично спілкуватися з двома свідомостями в  $S$  і  $S'$ ? Очевидно, що нічому це не заважає. Ми можемо уявити, як і раніше, що дублікат  $S'$  відокремився в певний момент від  $S$  і згодом повинен повернутися до нього. Ми довели, що внутрішні спостерігачі обох систем проживуть однакою загальною тривалістю. Отже, ми можемо в обох системах поділити цю тривалість на однакою кількість таких відрізків, щоб кожен з них дорівнював відповідному відрізку іншої системи. Якщо момент  $M$ , коли відбуваються одночасні події  $A, B, C, D$ , виявляється кінцем одного з відрізків (і ми завжди можемо влаштувати так, щоб це було так), то момент  $M'$ , коли одночасні події  $A', B', C', D'$  відбуваються в системі  $S'$ , буде кінцем відповідного відрізка. Розташований так само, як  $M$ , усередині інтервалу тривалості, кінці якого збігаються з кінцями інтервалу, де знаходиться  $M$ , він обов'язково буде одночасним з  $M$ . І тоді дві групи одночасних подій  $A, B, C, D$  і  $A', B', C', D'$  справді будуть одночасними між собою. Отже, можна продовжувати уявляти, як і раніше, миттєві зрізи єдиного Часу та абсолютні одночасності подій.

Однак з погляду фізики міркування, яке ми щойно провели, не враховуватиметься. Фізична проблема ставиться так:  $S$  перебуває в стані спокою, а  $S'$  в русі, як досліди над швидкістю світла, проведені в  $S$ , дадуть той самий результат у  $S'$ ? І мається на увазі, що фізик системи  $S$  існує єдиним у своєму роді як фізик: той, що в системі  $S'$ , просто уявний. Уявлений ким? Неодмінно фізиком системи  $S$ . З того моменту, як обрано  $S$  як систему відліку, саме звідти й лише звідти відтепер можливий науковий погляд на світ.

Підтримувати свідомих спостерігачів у  $S$  і  $S'$  одночасно означало б дозволити обома системам утверджуватися як системи відліку, декретувати себе одночасно нерухомими: але вони припущені у стані взаємного переміщення; отже, принаймні одна з них має рухатися. У тій, що рухається, безсумнівно залишаться люди; але вони на час, коли йдеться про фізику, зречуться своєї свідомості або принаймні своїх спостережних здібностей; вони збережуть у очах єдиного фізика лише матеріальний аспект своєї особи. Звідси наше міркування руйнується, оскільки воно передбачало існування однаково реальних, подібно свідомих людей, які користуються однаковими правами в системі  $S'$  і системі  $S$ . Мова може йти лише про одну людину чи одну групу реальних, свідомих, фізиків: тих, що належать до системи відліку. Інші були б просто порожніми маріонетками; або ж це лише віртуальні фізики, просто представлені в розумі фізика в  $S$ . Як він їх уявлятиме? Він

уявить їх, як і раніше, експериментуючи зі швидкістю світла, але вже не з одним годинником, не з дзеркалом, що відбиває світловий промінь на себе й подвоює шлях: тепер є простий шлях і два годинники, розташовані відповідно у точці відправлення та точці прибуття. Тоді він матиме пояснити, як ці уявлені фізики знайшли б ту саму швидкість світла, що й він, реальний фізик, якби цей суто теоретичний експеримент став практично здійсненим. Отже, на його думку, світло рухається з меншою швидкістю для системи  $S'$  (умови експерименту такі, як ми вказали вище); але також годинники в  $S'$ , синхронізовані так, щоб позначати одночасності там, де він спостерігає послідовності, влаштовують справи так, що реальний експеримент у  $S$  і просто уявлений експеримент у  $S'$  дадуть однакове число для швидкості світла. Саме тому наш спостерігач у  $S$  дотримується визначення одночасності, що робить її залежною від синхронізації годинників. Це не заважає обом системам,  $S'$  так само як  $S$ , мати переживані, реальні одночасності, які не регулюються синхронізацією годинників.

Отже, слід розрізняти два види одночасності, два види послідовності. Перший є внутрішнім для подій, він становить частину їхньої матеріальності, походить від них. Інший просто накладений на них зовнішнім спостерігачем системи. Перший виражає щось про саму систему; він абсолютний. Другий є мінливим, відносним, фіктивним; він залежить від відстані, що змінюється у шкалі швидкостей, між нерухомістю, яку ця система має для самої себе, та рухомістю, яку вона демонструє відносно іншої: відбувається уявне викривлення одночасності в послідовність. Перша одночасність, перша послідовність належить до сукупності речей, друга — до образу, який спостерігач собі уявляє у деформуючих дзеркалах, що тим сильніші, чим більша швидкість системи. Це викривлення одночасності в послідовність є саме тим, що потрібно, щоб фізичні закони, зокрема закони електромагнетизму, залишалися однаковими для внутрішнього спостерігача системи, що перебуває ніби в абсолюті, та для зовнішнього спостерігача, чий зв'язок із системою може безмежно змінюватися.

Я перебуваю в системі  $S'$ , яку вважають нерухомою. Я відзначаю інтуїтивно одночасності між двома подіями  $O'$  та  $A'$ , віддаленими одна від одної у просторі, ставши на рівній відстані від обох. Оскільки система нерухома, світловий промінь, що йде й повертається між точками  $O'$  та  $A'$ , долає однаковий шлях туди й назад: тому, якщо я налаштовую дві годинники, розташовані відповідно у  $O'$  та  $A'$ , припускаючи, що дві ділянки шляху  $P$  та  $Q$  рівні, я маю рацію. Таким чином, я маю два способи визначити одночасність: один інтуїтивний, охоплюючи в єдиному акті миттєвого бачення те, що відбувається у  $O'$  та  $A'$ , інший похідний — звертаючись до годинників; і обидва результати узгоджуються. Припустимо тепер, що нічого не змінилось у тому, що відбувається в системі, але  $P$  більше не здається рівним  $Q$ . Це трапляється, коли зовнішній спостерігач системи  $S'$  бачить цю систему в русі. Чи стануть усі колишні одночасності<sup>(1)</sup> послідовностями для цього спостерігача? Так, за угодою, якщо ми погодимось перекладати всі часові відносини між усіма подіями системи мовою, де вираз змінюватиметься залежно від того, чи  $P$  здається рівним чи нерівним  $Q$ . Це робиться в теорії відносності. Я, фізик-релятивіст, після перебування всередині системи та сприйняття  $P$  як рівного  $Q$ , виходжу з неї: розміщуючись у безлічі систем, які по черзі вважаються нерухомими, і відносно яких  $S'$  тоді набуває зростаючих швидкостей, я бачу, як зростає нерівність між  $P$  та  $Q$ . Я тоді кажу, що події, які щойно були одночасними, стають послідовними, а їхній часовий інтервал стає дедалі значнішим. Але це лише угода, угода, до того ж необхідна, якщо я хочу зберегти цілісність фізичних законів. *Адже саме так вийшло, що ці закони, включаючи закони електромагнетизму, були сформульовані в припущенні, що фізичну одночасність і*

послідовність визначатимуть за очевидною рівністю чи нерівністю ділянок шляху  $P$  та  $Q$ . Кажучи, що послідовність і одночасність залежать від точки зору, ми передаємо цю гіпотезу, нагадуємо це визначення, не робимо нічого більше. Чи йдеться про реальну послідовність і одночасність? Це реальність, якщо ми погодимося називати представницькою реальності будь-яку угоду, прийняту для математичного вираження фізичних фактів. Нехай буде так; але тоді не будемо говорити про час; скажімо, що йдеться про послідовність і одночасність, які не мають нічого спільного з тривалістю; адже в силу попередньої й універсально прийнятої угоди не існує часу без *перед* та *після*, зафіксованих або фіксованих свідомістю, що порівнює одне з іншим, навіть якщо ця свідомість — лише нескінченно мала свідомість, що охоплює інтервал між двома миттєвими моментами. Якщо ви визначаєте реальність математичною угодою, ви маєте умовну реальність. Але реальна реальність — це те, що сприймається або може сприйматися. Отже, ще раз, окрім цього подвійного шляху  $PQ$ , який змінює свій вигляд залежно від того, чи спостерігач знаходиться всередині чи поза системою, все сприйняте та все сприйнятне системою  $S'$  залишається таким, яким воно є. Це означає, що  $S'$  може вважатися нерухомою чи в русі, байдуже: реальна одночасність залишиться одночасністю; а послідовність — послідовністю.

---

<sup>(1)</sup> Звичайно, за винятком тих, що стосуються подій, розташованих в одній площині, перпендикулярній до напрямку руху.

Коли ви вважали  $S'$  нерухомим і, отже, перебували всередині системи, наукова одночасність, яка виводиться з узгодженості годинників, відрегульованих оптично один з одним, збігалася з інтуїтивною чи природною одночасністю; і саме тому, що вона служила вам для розпізнавання цієї природної одночасності, була її ознакою, могла бути перетворена на інтуїтивну одночасність, ви називали її одночасністю. Тепер, коли  $S'$  вважається рухомим, ці два види одночасності вже не збігаються; все, що було природною одночасністю, залишається нею; але чим більша швидкість системи, тим більша нерівність між шляхами  $P$  та  $Q$ , тоді як саме їх рівністю визначалася наукова одночасність. Що вам слід зробити, якби ви жаліли бідного філософа, приреченого на сам-на-сам з реальністю та знаючого лише її? Ви б дали науковій одночасності іншу назву, принаймні у філософському контексті. Ви б вигадали для неї будь-яке слово, але не називали б її одночасністю, бо цю назву вона отримала лише тому, що в нерухомій системі  $S'$  вона вказувала на наявність природної, інтуїтивної, реальної одночасності, і тепер можна подумати, що вона продовжує це позначати. Ви ж самі, до того ж, продовжуєте визнавати легітимність цього первісного значення слова, разом з його першістю, бо коли  $S'$  здається вам рухомим, коли, говорячи про узгодженість годинників системи, ви, здається, думаєте лише про наукову одночасність, ви постійно звертаєтесь до іншої, справжньої, лише через констатацію *«одночасності»* між показом годинника та подією *«поблизу нього»* (поблизу для вас, для людини як ви, але безмежно далеко для сприймаючого та знаючого мікроба). Проте ви зберігаєте слово. Більше того, через це спільне для обох випадків слово, що діє магічно (адже наука чи не впливає на нас, як стародавня магія?), ви здійснюєте переливання реальності від однієї одночасності до іншої, від природної до наукової. Перехід від нерухомості до руху подвоїв значення слова, і ви вкладаєте у друге значення всю матеріальність та твердість першого. Я б сказав, що замість захищати філософа від помилки, ви хочете його до неї спокусити, якби не знав переваги, яку ви, фізик, маєте, використовуючи слово одночасність у двох значеннях: ви нагадуєте цим, що наукова одночасність спочатку була природною і завжди може нею стати знову, якщо думка знову зупинить систему.

З точки зору, яку ми називали односторонньою відносністю, існує абсолютний Час і абсолютний час, Час і час спостерігача, що знаходиться у привілейованій системі  $S$ . Припустимо ще раз, що  $S'$ , спочатку збігаючись з  $S$ , потім відокремився від нього шляхом подвоєння. Можна сказати, що годинники  $S'$ , які продовжують бути узгодженими між собою за тими самими процедурами, за допомогою оптичних сигналів, показують однаковий час, коли повинні показувати різний; вони фіксують одночасність у випадках, коли насправді є послідовність. Отже, якщо ми стоїмо на позиції односторонньої відносності, ми повинні визнати, що одночасності  $S$  розпадаються у своєму дублікаті  $S'$  лише через рух, що виводить  $S'$  з  $S$ . Спостерігачу в  $S'$  вони здаються збереженими, але перетворилися на послідовності. Навпаки, в теорії Ейнштейна немає привілейованої системи; відносність є двосторонньою; все взаємно; спостерігач у  $S$  так само правий, коли бачить у  $S'$  послідовність, як і спостерігач у  $S'$ , коли бачить там одночасність. Але й тут мова йде про послідовності та одночасності, визначені виключно тим, який вигляд набувають два шляхи  $P$  та  $Q$ : спостерігач у  $S$  не помиляється, оскільки  $P$  для нього дорівнює  $Q$ ; спостерігач у  $S'$  так само не помиляється, оскільки  $P$  та  $Q$  у системі  $S'$  для нього нерівні. Однак, несвідомо, прийнявши гіпотезу двосторонньої відносності, ми повертаємося до односторонньої, по-перше тому, що вони математично еквівалентні, по-друге тому, що дуже важко не уявляти другу, коли мислиш першою. Тоді ми поводитимемося так, ніби, коли два шляхи  $P$  та  $Q$  з'являються нерівними для спостерігача поза  $S'$ , спостерігач у  $S'$  помиляється, називаючи ці лінії рівними, ніби події матеріальної системи  $S'$  реально розпалися при відділенні двох систем, тоді як це просто спостерігач поза  $S'$  оголошує їх розпаленими, керуючись визначенням одночасності, яке він сам встановив. Ми забуваємо, що одночасність і послідовність стали тоді умовними, що вони зберігають від первісних одночасності та послідовності лише властивість відповідати рівності чи нерівності двох шляхів  $P$  та  $Q$ . До того ж тоді йшлося про рівність і нерівність, засвідчені спостерігачем всередині системи, отже, остаточні, незмінні.

Щоб переконатися, що плутанина між двома точками зору природна і навіть неминуча, достатньо прочитати деякі сторінки самого Ейнштейна. Не те щоб Ейнштейн припустився її; але розрізнення, яке ми щойно зробили, такого роду, що мова фізика ледве здатна його висловити. Воно, втім, не має значення для фізика, оскільки обидві концепції виражаються однаково математично. Але воно важливе для філософа, який уявлятиме час зовсім по-різному залежно від того, яку гіпотезу він приймає. Сторінки, які Ейнштейн присвятив відносності одночасності у своїй книзі «Теорія спеціальної та загальної відносності», повчальні в цьому відношенні. Наведемо суть його демонстрації:

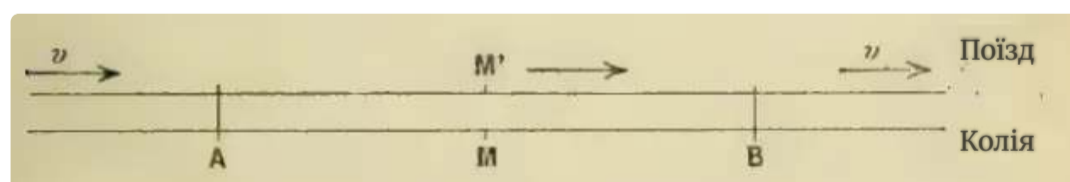


Рисунок 3

Припустимо, що надзвичайно довгий поїзд рухається вздовж колії зі швидкістю  $v$ , як показано на рисунку 3. Пасажири цього поїзда віддадуть перевагу розглядати поїзд як систему відліку; вони відносять усі події до поїзда. Будь-яка подія, що відбувається в певній точці колії, також відбувається в певній точці поїзда. Визначення одночасності однаково по відношенню до поїзда та колії. Але тоді виникає таке питання: чи є дві події (наприклад, дві блискавки  $A$  і  $B$ ), одночасні по відношенню до колії, також одночасними по відношенню до поїзда? Ми зараз покажемо, що відповідь негативна.

Коли ми кажемо, що дві блискавки  $A$  та  $B$  є одночасними щодо насипу, ми маємо на увазі наступне: світлові промені, що виходять з точок  $A$  та  $B$ , зустрічаються посередині  $M$  відстані  $AB$ , вимірної вздовж насипу. Але подіям  $A$  та  $B$  відповідають також точки  $A$  та  $B$  на поїзді. Припустимо, що  $M'$  є серединою вектора  $AB$  на рухомому поїзді. Ця точка  $M'$  справді збігається з точкою  $M$  у момент виникнення блискавок (момент, вимірний щодо насипу), але потім вона рухається праворуч на рисунку зі швидкістю  $v$  поїзда.

Якби спостерігач, розташований у поїзді в точці  $M'$ , не рухався з цією швидкістю, він би постійно перебував у точці  $M$ , і світлові промені з точок  $A$  та  $B$  досягли б його одночасно, тобто ці промені перетнулися б саме на ньому. Але насправді він рухається (щодо насипу) і йде назустріч світлу, що йде до нього від  $B$ , тоді як тікає від світла, що йде від  $A$ . Отже, спостерігач побачить перше світло раніше за друге. Спостерігачі, які беруть залізницю як систему відліку, дійдуть висновку, що спалах  $B$  відбувся раніше за спалах  $A$ .

Таким чином, ми приходимо до наступного ключового факту. Події, одночасні щодо насипу, не є одночасними щодо поїзда, і навпаки (відносність одночасності). Кожна система відліку має свій власний час; вказівка часу має сенс лише тоді, коли вказано систему порівняння, використану для вимірювання часу<sup>(1)</sup>.

<sup>(1)</sup> Айнштайн, «Теорія спеціальної та загальної відносності» (пер. Ружьєр), стор. 21 та 22.

Цей уривок дозволяє нам уловити наживо двозначність, яка спричинила чимало непорозумінь. Щоб її розвіяти, ми почнемо з побудови повнішої фігури (рис. 4). Зауважимо, що Айнштайн позначив напрямок поїзда стрілками. Ми позначимо іншими стрілками протилежний напрямок насипу. Бо ми не повинні забувати, що поїзд і насип перебувають у стані відносного руху.

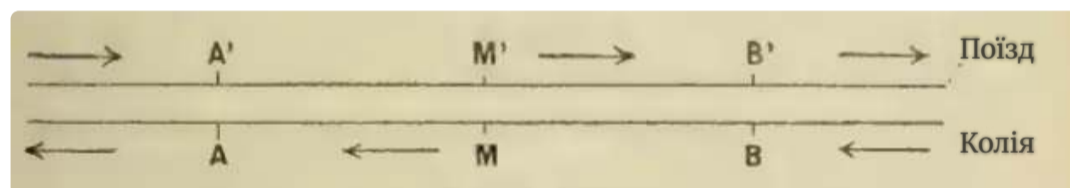


Рисунок 4

Звичайно, Айнштайн теж не забуває про це, коли утримується від малювання стрілок вздовж насипу; цим він вказує, що обирає насип як систему відліку. Але філософ, який хоче зрозуміти природу часу, який запитує себе, чи мають насип і поїзд один і той же реальний час — тобто той самий переживаний час або той, що може бути пережитим — філософ повинен постійно пам'ятати, що йому не доводиться вибирати між двома системами: він помістить свідомого спостерігача в кожну з них і досліджуватиме, що являє собою для кожного з них переживаний час. Тому намалюймо додаткові стрілки. Тепер додамо дві літери,  $A'$  та  $B'$ , щоб позначити кінці поїзда: не надаючи їм власних назв, залишаючи їм позначення  $A$  та  $B$  точок Землі, з якими вони збігаються, ми ризикуємо ще раз забути, що насип і поїзд перебувають у режимі досконалої взаємності і мають однакову незалежність. Нарешті, ми будемо називати більш загально  $M'$  будь-яку точку на лінії  $A'B'$ , яка буде розташована щодо  $B'$  та  $A'$  так, як  $M$  щодо  $A$  та  $B$ . Ось і фігура.

Тепер випустимо дві блискавки. Точки, з яких вони виходять, не належать ні землі, ні поїзду більше; хвилі поширюються незалежно від руху джерела.

Відразу стає очевидним, що дві системи взаємозамінні, і в точці  $M'$  відбудеться те саме, що й у відповідній точці  $M$ . Якщо  $M$  є серединою  $AB$ , і саме в точці  $M$  ми спостерігаємо

одночасність на насипу, то саме в точці  $M'$ , середині  $B' A'$ , ми спостерігатимемо ту саму одночасність у поїзді.

Отже, якщо ми дійсно прив'язуємося до сприйнятого, до пережитого, якщо ми опитаємо реального спостерігача в поїзді та реального спостерігача на насипі, ми виявимо, що маємо справу з одним і тим же часом: те, що є одночасністю щодо насипу, є одночасністю щодо поїзда.

Але, позначаючи подвійну групу стрілок, ми відмовилися від прийняття системи відліку; ми поставили себе думкою *одночасно* на насип і в поїзд; ми відмовилися стати фізиками. Бо ми не шукали математичного представлення Всесвіту: воно має природно бути взяте з певної точки зору і підкорятися законам математичної перспективи. Ми запитували, що є реальним, тобто спостереженим і фактично зафіксованим.

Навпаки, для фізика існує те, що він сам спостерігає, — це він записує як є, — а потім існує те, що він спостерігає з потенційного спостереження інших: це він транспонує, зводить до своєї точки зору, оскільки будь-яке фізичне представлення Всесвіту має бути прив'язане до системи відліку. Але запис, який він тоді зробить, не відповідатиме нічому сприйнятному або сприйнятному; це вже не буде реальністю, це буде символічним. Отже, фізик у поїзді надасть собі математичний погляд на Всесвіт, де все буде перетворено зі сприйнятої реальності на науково корисне представлення, за винятком того, що стосується поїзда та пов'язаних з ним об'єктів. Фізик на насипі надасть собі математичний погляд на Всесвіт, де все буде так само трансформовано, за винятком того, що стосується насипу та пов'язаних з ним об'єктів. Величини, що фігуруватимуть у цих двох поглядах, зазвичай будуть різними, але в обох певні відносини між величинами, які ми називаємо законами природи, будуть однаковими, і ця тотожність точно відображає той факт, що обидва представлення є образами одного й того самого, Всесвіту, незалежного від нашого представлення.

Що ж побачить фізик, розташований у точці  $M$  на колії? Він констатує одночасність двох спалахів. Наш фізик не може одночасно перебувати в точці  $M'$ . Все, що він може зробити, це сказати, що він ідеально бачить у точці  $M'$  констатацію неодночасності двох спалахів. Уявлення, яке він будує про світ, повністю ґрунтується на тому, що обрана система відліку прив'язана до Землі: отже, потяг рухається; отже, не можна констатувати одночасність двох спалахів у точці  $M'$ . Чесно кажучи, нічого не констатується в точці  $M'$ , оскільки для цього там мав би бути фізик, а єдиний фізик у світі за припущенням знаходиться в точці  $M$ . У точці  $M'$  є лише певна позначка, зроблена спостерігачем у точці  $M$ , позначка, яка насправді вказує на відсутність одночасності. Або, якщо завгодно, у точці  $M'$  є лише уявлений фізик, що існує лише в думках фізика з точки  $M$ . Тоді він напише, як Ейнштейн: «Те, що є одночасним щодо колії, не є таким щодо потяга.» І він матиме на це право, якщо додасть: «оскільки фізика будується з точки зору колії». Слід також додати: «Те, що є одночасним щодо потяга, не є таким щодо колії, оскільки фізика будується з точки зору потяга.» І нарешті слід сказати: «Філософія, яка розглядає одночасно з точки зору колії та потяга, яка позначає як одночасність у потязі те, що вона позначає як одночасність на колії, вже не є напівсприйнятою реальністю та напівнауковою конструкцією; вона повністю належить до реального, і, до того ж, лише повністю присвоює ідею Ейнштейна про взаємність руху. Але ця ідея, як завершена, є філософською, а не фізичною. Щоб перекласти її мовою фізика, слід розміститися в тому, що ми назвали гіпотезою односторонньої відносності. Оскільки ця мова є обов'язковою, ми не помічаємо, що на мить прийняли цю гіпотезу. Тоді ми говоримо про множинність часів, які всі знаходяться на одному рівні, всі реальні, якщо один з них реальний. Але правда в тому, що цей час корінним чином відрізняється від інших. Він реальний, тому що

його реально переживає фізик. Інші, лише уявлені, є допоміжними, математичними, символічними часами.»

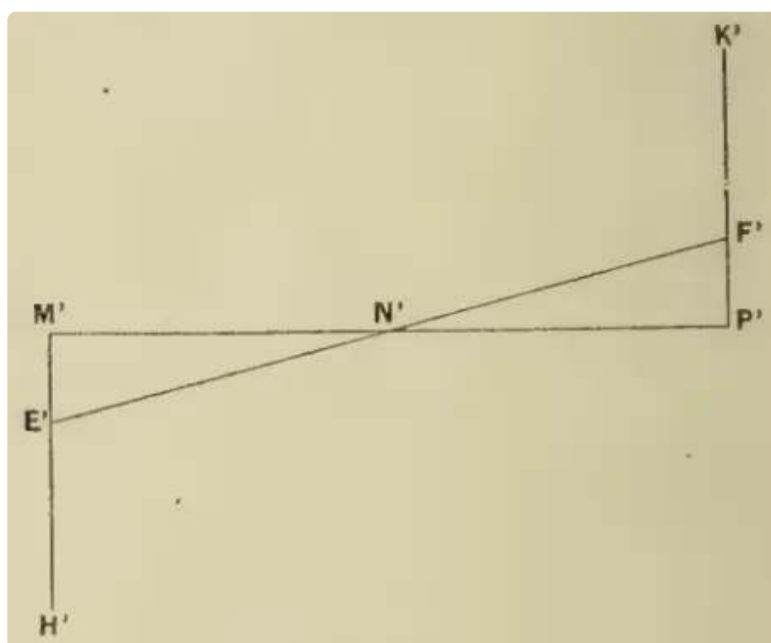


Рисунок 5

Проте двозначність настільки важко розв'язати, що неможливо атакувати її з надто багатьох сторін. Розгляньмо ж (рис. 5) у системі  $S'$ , на прямій, що позначає напрямок її руху, три точки  $M'$ ,  $N'$ ,  $P'$  такі, що  $N'$  знаходиться на однаковій відстані  $l$  від  $M'$  та  $P'$ . Припустимо, що у точці  $N'$  знаходиться персона. У кожній з трьох точок  $M'$ ,  $N'$ ,  $P'$  відбувається низка подій, що становлять історію місця. У певний момент персона спостерігає у точці  $N'$  чітко визначену подію. Але чи визначені також події, що відбуваються одночасно з нею у точках  $M'$  та  $P'$ ? Ні, згідно з теорією відносності. Залежно від того, яку швидкість має система  $S'$ , різними будуть події у точках  $M'$  та  $P'$ , які є одночасними з подією у точці  $N'$ . Отже, якщо ми розглядаємо теперішній момент персони у точці  $N'$  у певний момент як сукупність усіх одночасних подій, що відбуваються у цей момент у всіх точках системи, лише фрагмент із них буде визначений: це подія, що відбувається у точці  $N'$ , де знаходиться персона. Решта залишатиметься невизначеною. Події у точках  $M'$  та  $P'$ , які також є частиною теперішнього моменту нашого спостерігача, будуть тими чи іншими залежно від приписаної системі  $S'$  швидкості, залежно від того, до якої системи відліку її віднести. Позначимо її швидкість як  $v$ . Ми знаємо, що коли годинники, налаштовані належним чином, показують однаковий час у трьох точках, і, отже, коли всередині системи  $S'$  існує одночасність, спостерігач, розташований у системі відліку  $S$ , бачить, що годинник у точці  $M'$  випереджає, а годинник у точці  $P'$  відстає від годинника у точці  $N'$ , причому випередження та відставання становлять  $\frac{lv}{c^2}$  секунд системи  $S'$ . Отже, для зовнішнього спостерігача, минуле у точці  $M'$  та майбутнє у точці  $P'$  входять у структуру теперішнього моменту спостерігача у точці  $N'$ . Те, що у точках  $M'$  та  $P'$  є частиною теперішнього моменту спостерігача у точці  $N'$ , здається цьому зовнішньому спостерігачу тим більш віддаленим у минулому точки  $M'$  та тим більш просунутим у майбутнє точки  $P'$ , чим більшою є швидкість системи. Проведемо тоді на прямій  $M'P'$  у двох протилежних напрямках перпендикуляри  $M'H'$  та  $P'K'$ , і припустимо, що всі події минулого точки  $M'$  розташовані вздовж  $M'H'$ , а всі події майбутнього точки  $P'$  — вздовж  $P'K'$ . Ми можемо назвати лінією одночасності пряму, що проходить через точку  $N'$  і з'єднує події  $E'$  та  $F'$ , розташовані, на думку зовнішнього спостерігача, у минулому точки  $M'$  та майбутньому точки  $P'$  на відстані  $\frac{lv}{c^2}$  у часі (число  $\frac{lv}{c^2}$

позначає секунди системи  $S'$ ). Як бачимо, ця лінія відхиляється від  $M' N' P'$  тим сильніше, чим більшою є швидкість системи.

## РОЗДІЛ 7.7.

### Схема Мінковського

І тут теорія відносності спочатку здається парадоксальною, що вражає уяву. Ідея відразу приходить на думку: наша персону у точці  $N'$ , якби її погляд міг миттєво подолати простір до точки  $P'$ , побачила б там частину майбутнього цього місця, оскільки воно там є, оскільки момент цього майбутнього є одночасним із теперішнім моментом персони. Він передбачив би мешканцю точки  $P'$  події, свідком яких той стане. Безсумнівно, кажуть собі, ця миттєва здатність бачити на відстані неможлива насправді; немає швидкості вищої за швидкість світла. Але можна уявити миттєвість бачення в думках, і цього достатньо, щоб проміжок  $\frac{lv}{c^2}$  у майбутньому точки  $P'$  існував де-юре у теперішньому цієї точки, був там преформованим і, отже, визначеним заздалегідь. — Ми побачимо, що це — ілюзія. На жаль, теоретики відносності нічого не зробили, щоб її розвіяти. Навпаки, вони прагнули її посилити. Ще не настав час аналізувати концепцію простору-часу Мінковського, прийняту Ейнштейном. Вона виразилася у дуже винахідливій схемі, де ризикують, якщо не бути обережними, прочитати те, що ми щойно вказали, і де, до того ж, сам Мінковський та його послідовники фактично так і зробили. Не зупиняючись ще на цій схемі (вона вимагала б цілого ряду пояснень, яких ми можемо зараз уникнути), передаймо думку Мінковського на простішому рисунку, який ми щойно навели.

Якщо ми розглянемо нашу лінію одночасності  $E' N' F'$ , то побачимо, що спочатку збігаючись із  $M' N' P'$ , вона поступово відхиляється від неї в міру зростання швидкості  $v$  системи  $S'$  відносно системи відліку  $S$ . Але це відхилення не безмежне. Ми знаємо, що не існує швидкості вищої за швидкість світла. Отже, довжини  $M' E'$  та  $P' F'$ , рівні  $\frac{lv}{c^2}$ , не можуть перевищувати  $\frac{l}{c}$ . Припустімо, що вони мають саме таку довжину. Тоді, як нам кажуть, за межами  $E'$  у напрямку  $E' N'$  лежить область *абсолютного минулого*, а за межами  $F'$  у напрямку  $F' K'$  — область *абсолютного майбутнього*; ніщо з цього минулого чи майбутнього не може входити до теперішнього спостерігача в  $N'$ . Однак, натомість, жоден із моментів інтервалу  $M' E'$  чи  $P' F'$  не є абсолютно попереднім чи абсолютно наступним щодо того, що відбувається в  $N'$ ; усі ці послідовні моменти минулого та майбутнього можуть бути одночасними з подією в  $N'$ , якщо завгодно; достатньо лише приписати системі  $S'$  відповідну швидкість, тобто вибрати відповідним чином систему відліку. Все, що сталося в  $M'$  протягом минулого інтервалу  $\frac{l}{c}$ , і все, що станеться в  $M' N' P'$  протягом майбутнього інтервалу  $\frac{l}{c}$ , може входити до теперішнього, частково невизначеного, спостерігача в  $N'$ : саме швидкість системи визначатиме це.

Що ж до того, що спостерігач у  $N'$ , якби він мав дар миттєвого бачення на відстані, побачив би як теперішнє в  $P'$  те, що для спостерігача в  $P'$  є майбутнім, і міг би, за допомогою так само миттєвої телепатії, повідомити в  $P'$  про те, що там має статися, теоретики відносності це неявно визнають, оскільки вони вважали за потрібне запевнити нас у наслідках такого стану речей<sup>(1)</sup>. Насправді, як вони нам показують, спостерігач у  $N'$  ніколи не використає цю іманентність свого теперішнього, що є минулим для спостерігача в  $M'$  чи майбутнім для спостерігача в  $P'$ ; ніколи не змусить мешканців  $M'$  і  $P'$

скористатися цим чи постраждати від цього; адже жодне повідомлення не може передаватися, жодна причинність не може діяти зі швидкістю, що перевищує швидкість світла; отже, персонаж, розташований у  $N'$ , не може бути попередженим про майбутнє  $P'$ , яке, тим не менш, є частиною його теперішнього, ні вплинути на це майбутнє будь-яким чином: це майбутнє, хоч і присутнє, включене в теперішнє персонажа в  $N'$ , для нього практично не існує.

---

<sup>(1)</sup> Див. з цього приводу: Langevin, *Le temps, l'espace et la causalité*. Bulletin de la Société française de philosophie, 1912 та Eddington. *Espace, temps et gravitation*, trad. Rossignol, p61-66.

Подивимося, чи немає тут ефекту міражу. Повернемося до припущення, яке ми вже робили. Згідно з теорією відносності, часові відносини між подіями, що відбуваються в системі, залежать виключно від швидкості цієї системи, а не від природи цих подій. Отже, відносини залишаться незмінними, якщо ми зробимо  $S'$  дублікатом  $S$ , що розгортає ту саму історію, що й  $S$ , і спочатку збігається з нею. Ця гіпотеза значно спростить справу і ніяк не зашкодить загальності демонстрації.

Отже, у системі  $S$  є лінія  $MNP$ , з якої лінія  $M'N'P'$  вийшла шляхом подвоєння в момент, коли  $S'$  відокремилася від  $S$ . За припущенням, спостерігач, розташований у  $M'$ , і спостерігач, розташований у  $M$ , перебуваючи у двох відповідних місцях двох ідентичних систем, кожен спостерігає ту саму історію місця, той самий потік подій, що там відбуваються. Так само для двох спостерігачів у  $N$  і  $N'$ , і для тих, що в  $P$  і  $P'$ , доки кожен з них розглядає лише місце, де він знаходиться. З цим усі погоджуються. Тепер ми зосередимося особливо на двох спостерігачах у  $N$  і  $N'$ , оскільки саме одночасність із тим, що відбувається в цих серединних точках лінії, йдеться <sup>(1)</sup>.

---

<sup>(1)</sup> Щоб спростити міркування, ми припустимо в усьому подальшому, що одна й та сама подія відбувається одночасно в точках  $N$  і  $N'$  у двох системах  $S$  і  $S'$ , одна з яких є дублікатом іншої. Іншими словами, ми розглядаємо  $N$  і  $N'$  у точний момент поділу двох систем, допускаючи, що система  $S'$  може набутися своєї швидкості  $v$  миттєво, стрибком, без проходження проміжних швидкостей. На цій події, що становить спільне теперішнє двох персонажів у  $N$  і  $N'$ , ми зосереджуємо нашу увагу. Коли ми говоримо, що збільшуємо швидкість  $v$ , ми маємо на увазі, що ми повертаємо речі на місце, знову поєднуємо дві системи, отже, знову примушуємо персонажів у  $N$  і  $N'$  бути присутніми на тій самій події, і тоді ми роз'єднуємо дві системи, знову миттєво надаючи  $S'$  швидкості, вищої за попередню.

Для спостерігача в  $N$  те, що в  $M$  і  $P$  є одночасним із його теперішнім, є цілком визначеним, оскільки система за припущенням нерухома.

Що ж до спостерігача в  $N'$ , те, що в  $M'$  і  $P'$  було одночасним із його теперішнім, коли його система  $S'$  збігалася з  $S$ , також було визначеним: це були ті самі дві події, що в  $M$  і  $P$  були одночасними з теперішнім у  $N$ .

Тепер  $S'$  рухається відносно  $S$  і набуває, наприклад, зростаючих швидкостей. Але для спостерігача в  $N'$ , внутрішнього до  $S'$ , ця система нерухома. Дві системи  $S$  і  $S'$  перебувають у стані досконалої взаємності; лише для зручності дослідження, для побудови фізики, ми зафіксували одну чи іншу як систему відліку. Все, що реальний спостерігач, з плоті й крові, спостерігає в  $N$ , все, що він спостерігав би миттєво, телепатично, у будь-якій віддаленій точці всередині своєї системи, реальний спостерігач, з плоті й крові, розташований у  $N'$ , сприймав би ідентично всередині  $S'$ . Отже, частина історії місць  $M'$  і  $P'$ , яка реально входить у теперішнє спостерігача в  $N'$  для нього, та, яку він побачив би у  $M'$  і  $P'$ , якби мав дар миттєвого бачення на відстані, є визначеною та незмінною, незалежно від швидкості  $S'$  з точки зору спостерігача всередині системи  $S$ . Це саме та частина, яку спостерігач у  $N$  побачив би у  $M$  і  $P$ .

Додамо, що годинники  $S'$  йдуть абсолютно так само для спостерігача в  $N'$ , як годинники  $S$  для спостерігача в  $N$ , оскільки  $S$  і  $S'$  перебувають у стані взаємного переміщення і, отже, взаємозамінні. Коли годинники, розташовані в  $M$ ,  $N$ ,  $P$ , і оптично синхронізовані один з одним, показують однаковий час, і тоді за визначенням, згідно з релятивізмом, існує одночасність між подіями, що відбуваються в цих точках, те саме стосується відповідних годинників  $S'$ , і тоді знову за визначенням існує одночасність між подіями, що відбуваються в  $M'$ ,  $N'$ ,  $P'$ , — подіями, які відповідно ідентичні першим.

Однак, як тільки я зафіксував  $S$  як систему відліку, ось що відбувається. У системі  $S$ , яка стала нерухомою, і в якій годинники було синхронізовано оптично, як це завжди робиться, за припущенням нерухомості системи, одночасність є *абсолютною*; я маю на увазі, що, оскільки годинники були синхронізовані спостерігачами, які обов'язково знаходяться всередині системи, за припущенням, що оптичні сигнали між двома точками  $N$  і  $P$  проходять однаковий шлях туди й назад, це припущення стає остаточним, закріплюється тим фактом, що  $S$  обрано як систему відліку та остаточно зафіксовано.

Але саме через це  $S'$  рухається; і спостерігач у  $S$  тоді помічає, що оптичні сигнали між двома годинниками у  $N'$  і  $P'$  (які спостерігач у  $S'$  припускав і досі припускає, що проходять однаковий шлях туди й назад) тепер проходять нерівні шляхи, — причому нерівність тим більша, чим більшою стає швидкість  $S'$ . Тоді, згідно з його визначенням (оскільки ми припускаємо, що спостерігач у  $S$  є релятивістом), годинники, які показують однаковий час у системі  $S'$ , в його очах не позначають одночасних подій. Це дійсно події, які є одночасними для нього в його власній системі; так само це дійсно одночасні події для спостерігача в  $N'$  у його власній системі. Але для спостерігача в  $N$  вони з'являються як послідовні в системі  $S'$ ; або, скоріше, вони здаються йому такими, що він повинен відзначити їх як послідовні, через визначення одночасності, яке він дав.

Отже, у міру зростання швидкості  $S'$ , спостерігач у  $N$  відкидає далі в минуле точки  $M'$  і проектує далі в майбутнє точки  $P'$  — за допомогою цифр, які він їм присвоює — події, що відбуваються в цих точках, які є одночасними для нього у його власній системі, а також одночасними для спостерігача, що знаходиться у системі  $S'$ . Про цього останнього спостерігача, з плоттю і кров'ю, вже й мови немає; його було непомітно позбавлено змісту, принаймні свідомості; зі спостерігача він став просто об'єктом спостереження, оскільки саме спостерігач у  $N$  був поставлений як фізик, що будує всю науку. Звідси, повторюю, у міру зростання  $v$ , наш фізик *відзначає* як дедалі віддаленіші в минулому місця  $M'$ , і як дедалі більш наближені в майбутньому місця  $P'$ , ту саму подію, яка, чи то в  $M'$ , чи то в  $P'$ , була б частиною справді свідомого теперішнього для спостерігача в  $N'$  і, отже, є частиною його власного теперішнього. Отже, немає різних подій у місці  $P'$ , наприклад, які по черзі, для зростаючих швидкостей системи, входили б у справжнє теперішнє спостерігача в  $N'$ . Але та сама подія в місці  $P'$ , яка є частиною теперішнього спостерігача в  $N'$  за припущенням нерухомості системи, відзначається спостерігачем у  $N$  як така, що належить до дедалі віддаленішого майбутнього спостерігача в  $N'$ , у міру зростання швидкості системи  $S'$ , яку було приведено в рух. Якщо б спостерігач у  $N$  не відзначав би так, до того ж, його фізична концепція Всесвіту стала б несумісною, оскільки виміри, записані ним для явищ, що відбуваються в системі, виражали б закони, які довелось б змінювати залежно від швидкості системи: так, система, ідентична його власній, кожна точка якої мала б ідентичну історію з відповідною точкою його системи, не регулювалася б тією самою фізикою, що й його (принаймні щодо електромагнетизму). Але тоді,

відзначаючи таким чином, він лише виражає необхідність, у якій він опиняється, коли припускає рух під назвою  $S'$  своєї нерухомої системи  $N$ , викривити одночасність між подіями. Це завжди та сама одночасність; вона здавалася б такою спостерігачу всередині  $S'$ . Але, виражена перспективно з точки  $N$ , вона повинна бути вигнута у формі послідовності.

Отже, немає жодної потреби заспокоювати нас, кажучи, що спостерігач у  $N'$ , безсумнівно, може тримати в своєму теперішньому частину майбутнього місця  $P'$ , але він не може її сприйняти або передати знання про неї, і тому це майбутнє для нього як би не існує. Ми спокійні: ми не зможемо оживити і наповнити змістом нашого спостерігача в  $N'$ , позбавленого змісту, зробити з нього знову свідому істоту і, особливо, фізика, без того, щоб подія в місці  $P'$ , яку ми щойно віднесли до майбутнього, знову стала теперішнім для цього місця. По суті, саме себе фізик у  $N$  потребує тут заспокоїти, і саме себе він заспокоює. Він повинен довести собі, що, нумеруючи подію в точці  $P$  так, як він це робить, розташовуючи її в майбутньому цієї точки та в теперішньому спостерігача в  $N'$ , він не лише задовольняє вимоги науки, але й залишається у згоді зі звичайним досвідом. І йому неважко це довести, бо з того моменту, як він представляє всі речі згідно з прийнятими ним правилами перспективи, те, що є узгодженим у реальності, залишається таким і в поданні. Та сама причина, яка змушує його говорити, що немає швидкості вищої за швидкість світла, що швидкість світла однакова для всіх спостерігачів тощо, зобов'язує його віднести до майбутнього місця  $P'$  подію, яка є частиною теперішнього спостерігача в  $N'$ , яка, до того ж, є частиною його власного теперішнього як спостерігача в  $N$ , і яка належить до теперішнього місця  $P$ . Строго кажучи, він мав би висловитися так: «Я розміщую подію в майбутньому місця  $P'$ , але оскільки я залишаю її в межах майбутнього часового інтервалу  $\frac{l}{c}$ , не відсуваючи її далі, мені ніколи не доведеться уявляти особу в  $N'$  здатною сприйняти те, що відбуватиметься в  $P'$ , та повідомити про це мешканців місця.» Але його спосіб бачення речей змушує його говорити: «Хоч спостерігач у  $N'$  і має у своєму теперішньому щось із майбутнього місця  $P'$ , він не може сприйняти це, ні вплинути на це, ні використати це будь-яким чином.» З цього, безсумнівно, не виникне жодної фізичної чи математичної помилки; але великою була б ілюзія філософа, який прийняв би слова фізика за чисту монету.

Отже, у  $M'$  і  $P'$  немає, поряд із подіями, які ми погоджуємося залишити в «абсолютному минулому» чи «абсолютному майбутньому» для спостерігача в  $N'$ , цілої сукупності подій, які, будучи минулими та майбутніми в цих двох точках, входили б у його теперішнє, коли ми приписували б системі  $S'$  відповідну швидкість. У кожній його точці є лише одна подія, що є частиною справжнього теперішнього спостерігача в  $N'$ , незалежно від швидкості системи: це саме та, яка в  $M$  і  $P$  є частиною теперішнього спостерігача в  $N$ . Але ця подія буде відзначена фізиком як розташована більш-менш далеко в минулому  $M'$ , більш-менш далеко в майбутньому  $P'$ , залежно від приписаної системі швидкості. Це завжди, у  $M'$  і  $P'$ , та сама пара подій, яка разом з певною подією в  $N'$  утворює теперішнє Поля, розташоване в цій останній точці. Але ця одночасність трьох подій здається викривленою у минуле-теперішнє-майбутнє, коли її розглядає П'єр, який уявляє Поля, у дзеркалі руху.

Однак ілюзія, притаманна поширеній інтерпретації, настільки важко розвінчується, що не зайвим буде розглянути її з іншого боку. Припустимо знову, що система  $S'$ , ідентична системі  $S$ , щойно відокремилася від неї та набула миттєвої швидкості. П'єр та Поль були злиті в точці  $N$ : ось вони, у цю саму мить, розділилися в  $N$  та  $N'$ , які ще збігаються. Уявімо тепер, що П'єр, перебуваючи у своїй системі  $S$ , має дар миттєвого зору на будь-яку

відстань. Якби рух, наданий системі  $S'$ , справді робив одночасним із тим, що відбувається в  $N'$  (а отже, і в  $N$ , оскільки відокремлення двох систем відбувається в цю саму мить) подію, розташовану в майбутньому місця  $P'$ , то П'єр спостерігав би майбутню подію місця  $P$ , подію, яка потрапить у теперішній час цього самого П'єра лише за мить: коротше, через посередництво системи  $S'$ , він читав би у майбутньому своєї власної системи  $S$ , не для точки  $N$ , де він знаходиться, але для віддаленої точки  $P$ . І чим більшою була б швидкість, яку система  $S'$  набула миттєво, тим далі його погляд занурювався б у майбутнє точки  $P$ . Якби він мав засоби миттєвого зв'язку, він повідомив би мешканцю місця  $P$  про те, що станеться в цій точці, побачивши це в  $P'$ . Але зовсім ні. Те, що він бачить у  $P'$ , у майбутньому місця  $P'$ , це саме те, що він бачить у  $P$ , у теперішньому місця  $P$ . Чим більша швидкість системи  $S'$ , тим далі в майбутньому місця  $P'$  знаходиться те, що він спостерігає у  $P$ , але це все ще і завжди той самий теперішній момент точки  $P$ . Відтак, бачення на відстані, та ще й у майбутньому, нічого його не навчає. У «проміжку часу» між теперішнім моментом місця  $P$  та майбутнім, ідентичним цьому теперішньому, відповідного місця  $P'$ , немає місця ні для чого: все відбувається так, ніби проміжок був нульовим. І він дійсно нульовий: це — розтягнуте небуття. Але він набуває вигляду проміжку через явище психічної оптики, аналогічне тому, що віддаляє об'єкт від самого себе, коли тиск на очне яблуко змушує нас бачити його подвійним. Точніше, бачення, яке П'єр собі уявив системи  $S'$ , є не що інше, як бачення системи  $S$  *перекривленої* у Часі. Це «перекривлене бачення» робить так, що лінія одночасності, що проходить через точки  $M, N, P$  системи  $S$ , здається все більш похилою в системі  $S'$ , дублікаті системи  $S$ , у міру зростання швидкості  $S'$ : дублікат того, що відбувається в  $M$ , виявляється таким чином відсунутим у минуле, дублікат того, що відбувається в  $P$ , виявляється таким чином випередженим у майбутнє; але в цьому, загалом, лише ефект психічного спотворення. Тепер, те, що ми сказали про систему  $S'$ , дублікат системи  $S$ , було б правильним для будь-якої іншої системи з тією ж швидкістю; бо, ще раз, часові відносини подій усередині  $S'$  залежать, згідно з теорією відносності, лише від більшої чи меншої швидкості системи. Припустимо тому, що  $S'$  є будь-якою системою, а не дублем  $S$ . Якщо ми хочемо знайти точний зміст теорії відносності, ми повинні зробити так, щоб  $S'$  спочатку перебувала в спокої з  $S$ , не зливаючись із нею, а потім рухалася. Ми виявимо, що те, що було одночасністю в спокої, залишається одночасністю в русі, але ця одночасність, спостережена з системи  $S$ , просто перекривлена: лінія одночасності між трьома точками  $M', N', P'$ , здається, повернулася на певний кут навколо  $N'$ , так що один її кінець затримується в минулому, тоді як інший випереджає майбутнє.

Ми наголошували на «уповільненні часу» та «розпаді одночасності». Залишається «поздовжнє скорочення». Непізніше ми покажемо, як воно є лише просторовим проявом цього подвійного часового ефекту. Але вже зараз ми можемо сказати про це кілька слів. Нехай, дійсно (рис. 6), у рухомій системі  $S'$  дві точки  $A'$  та  $B'$ , під час руху системи, стають на дві точки  $A$  та  $B$  нерухомої системи  $S$ , дублікатом якої є  $S'$ .

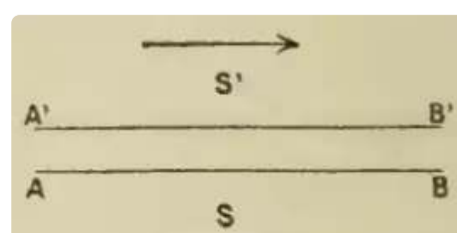


Рисунок 6

Коли ці дві збіги відбуваються, годинники, розташовані в  $A'$  та  $B'$ , і природно синхронізовані спостерігачами, прикріпленими до  $S'$ , показують однаковий час. Спостерігач, прикріплений до  $S$ , який вважає, що в такому випадку годинник у  $B'$  відстає від годинника в  $A'$ , робить висновок, що  $B'$  збігся з  $B$  лише після моменту збігу  $A'$  з  $A$ , і тому  $A'B'$  коротший за  $AB$ . Насправді він це «знає» лише в такому сенсі. Щоб дотримуватися правил перспективи, про які ми говорили раніше, він мусив приписати збігу  $B'$  з  $B$  запізнення відносно збігу  $A'$  з  $A$ , саме тому, що годинники в  $A'$  та  $B'$  показували однаковий час для обох збігів. Звідси, щоб уникнути суперечності, він мусить позначити  $A'B'$  як меншу довжину порівняно з  $AB$ . Крім того, спостерігач у  $S'$  міркуватиме симетрично. Його система для нього нерухома; отже,  $S$  рухається для нього у зворотному напрямку до того, яким рухався  $S'$  раніше. Годинник у  $A$  здається йому відстаючим від годинника в  $B$ . Отже, збіг  $A$  з  $A'$ , на його думку, міг відбутися лише після збігу  $B$  з  $B'$ , якщо годинники  $A$  та  $B$  показували однаковий час під час обох збігів. Звідси випливає, що  $AB$  має бути меншим за  $A'B'$ . Тепер, чи мають  $AB$  та  $A'B'$  реально однакову величину? Повторимо ще раз: ми називаємо реальним те, що сприймається або може бути сприйняте. Тому ми повинні розглянути спостерігача в  $S$  та спостерігача в  $S'$ , П'єра та Поля, та порівняти їхні бачення обох величин. Кожен із них, коли бачить, а не просто є баченим, коли є референтом, а не референційним, нерухомо фіксує свою систему. Кожен бере довжину, яку розглядає, у стані спокою. Дві системи, перебуваючи у реальному стані взаємного переміщення, є взаємозамінними, оскільки  $S'$  є дублікатом  $S$ ; отже, бачення спостерігачем у  $S$   $AB$  є, за припущенням, ідентичним баченню спостерігачем у  $S'$   $A'B'$ . Як можна стверджувати більш строго, більш абсолютно, про рівність двох довжин  $AB$  та  $A'B'$ ? Рівність набуває абсолютного сенсу, вищого за будь-яку умовність вимірювання, лише у випадку, коли два порівнювані терміни ідентичні; і вони оголошуються ідентичними з моменту, коли їх вважають взаємозамінними. Отже, у тезі спеціальної теорії відносності протяжність не може реально скорочуватися більше, ніж час може сповільнюватися чи одночасність розпадатися. Але коли система відліку прийнята і тим самим нерухомо зафіксована, все, що відбувається в інших системах, має бути виражене перспективно, відповідно до більш-менш значної відстані, що існує у шкалі величин між швидкістю системи, що розглядається, та швидкістю, нульовою за припущенням, системи відліку. Не забуваймо цього розрізнення. Якщо ми викликаємо Жана та Жака, усіх живих, з картини, де один займає передній план, а інший — задній, стережімося залишати Жака розміром з карлика. Надаймо йому, як і Жану, нормальні розміри.

## РОЗДІЛ 7.8.

### Плутанина, що є джерелом усіх парадоксів

Підсумовуючи, нам залишається лише повернутися до нашої початкової гіпотези фізика, прикріпленого до Землі, який проводить і повторює експеримент Майкельсона-Морлі. Але тепер ми припустимо, що його турбує переважно те, що ми називаємо реальним, тобто те, що він сприймає або може сприйняти. Він залишається фізиком, не втрачаючи з уваги необхідність отримання узгодженого математичного представлення сукупності речей. Але він хоче допомогти філософу у його завданні; і його погляд ніколи не відривається від рухомої розмежувальної лінії, що відділяє символічне від реального, задумане від сприйнятого. Він говоритиме про «реальність» та «видимість», про «справжні вимірювання» та «хибні вимірювання». Коротше, він не прийме мови теорії відносності. Але

він прийме саму теорію. Переклад, який він дасть нам нової ідеї старою мовою, краще допоможе нам зрозуміти, що ми можемо зберегти, а що мусимо змінити з того, що ми раніше прийняли.

Отже, повертаючи свій прилад на 90 градусів, жодного періоду року він не спостерігає жодного зсуву інтерференційних смуг. Швидкість світла таким чином однакова у всіх напрямках, однакова для будь-якої швидкості Землі. Як пояснити цей факт?

Факт цілком пояснений, скаже наш фізик. Труднощі виникають лише тому, що говорять про Землю в русі. Але в русі відносно чого? Де нерухома точка, до якої вона наближається чи віддаляється? Ця точка могла бути лише довільно обрана. Я тоді вільний ухвалити, що Земля буде цією точкою, і, певною мірою, віднести її до самої себе. Ось вона нерухома, і проблема зникає.

Проте у мене є сумнів. Який же був би мій плутанина, якби концепт абсолютної нерухомості все ж набув сенсу, і дець виявилася б остаточно зафіксована точка відліку? Навіть не йдучи так далеко, мені достатньо подивитися на зорі; я бачу тіла в русі відносно Землі. Фізик, прикріплений до одного з цих позаземних систем, роблячи той самий висновок, що й я, вважатиме себе в свою чергу нерухомим і матиме на це право: він матиме ті самі вимоги до мене, які могли б мати мешканці абсолютно нерухомої системи. І він скаже мені, як сказали б вони, що я помиляюся, що я не маю права пояснювати своєю нерухомістю однакову швидкість поширення світла у всіх напрямках, бо я в русі.

Але ось що мене заспокоює. Жоден позаземний спостерігач ніколи не дорікатиме мені, ніколи не спіймає мене на помилці, бо, розглядаючи мої одиниці вимірювання простору та часу, спостерігаючи переміщення моїх приладів і хід моїх годинників, він зробить такі спостереження:

1° Я безсумнівно приписую світлу ту саму швидкість, що й він, хоч я рухаюся у напрямку світлового променя, а він нерухомий; але це тому, що мої одиниці часу здаються йому довгими за його власні; 2° Я вважаю, що світло поширюється з однаковою швидкістю у всіх напрямках, але це тому, що я вимірюю відстані лінійкою, довжину якої він бачить змінною залежно від орієнтації; 3° Я завжди знаходив би ту саму швидкість світла, навіть якби зміг виміряти її між двома точками траєкторії, пройденої на Землі, відзначивши на годинниках, розташованих відповідно у цих двох місцях, час, витрачений на подолання проміжку? Але це тому, що мої два годинники були синхронізовані оптичними сигналами в припущенні, що Земля нерухома. Оскільки вона рухається, один із двох годинників відстає від іншого тим більше, чим більша швидкість Землі. Це запізнення завжди змушуватиме мене думати, що час, витрачений світлом на подолання проміжку, відповідає постійній швидкості. Отже, я захищений. Мій критик визнає мої висновки правильними, хоча, з його точки зору, яка тепер єдина легітимна, мої посліжки стали хибними. Хіба що він докорить мені за те, що я гадаю, ніби спостерігав постійність швидкості світла у всіх напрямках: на його думку, я стверджую цю постійність лише тому, що мої помилки у вимірюванні часу та простору компенсуються так, щоб дати результат, аналогічний його власному. Звичайно, у поданні Всесвіту, яке він будуватиме, він відобразатиме мої довжини часу та простору такими, якими він їх щойно підрахував, а не такими, якими я їх виміряв сам. Мене вважатимуть за те, що я погано виконав вимірювання протягом усіх операцій. Але мені байдуже, оскільки мій результат визнано правильним. До того ж, якби уявний спостерігач став реальним, він зіткнувся б із тією ж труднощами, мав би ті ж сумніви та заспокоївся б так само. Він сказав би, що рухаючись чи ні, з точними чи помилковими вимірами, він отримує ту саму фізику, що й я, і приходять до універсальних законів.

Іншими словами: враховуючи досвід, такий як дослід Майкельсона та Морлі, все відбувається так, ніби теоретик відносності тисне на одну з двох очних яблук експериментатора, викликаючи тим самим подвійне бачення особливого роду: спочатку побачений образ, спочатку започаткований досвід подвоюється фантастичним зображенням, де тривалість сповільнюється, одночасність викривляється у послідовність, і де, тим самим, довжини змінюються. Це штучно викликане подвійне бачення у експериментатора призначене його заспокоїти чи, скоріше, запевнити проти ризику, який він вважає реальним (і який дійсно був би реальним у певних випадках), беручи себе доволіно за центр світу, відносячи все до своєї особистої системи відліку та будуючи проте фізику, яку він хотів би зробити універсально дійсною: відтепер він може спати спокійно; він знає, що закони, які він формулює, підтвердяться, незалежно від обсерваторії, з якої спостерігатимуть природу. Бо фантастичне зображення його досвіду, яке показує йому, як цей досвід виглядав би, якби експериментальна установка рухалася, для нерухомого спостерігача, наділеного новою системою відліку, безсумнівно є часовим і просторовим спотворенням первинного образу, але спотворенням, яке залишає недоторканими відносини між частинами каркаса, зберігає недоторканими з'єднання та робить так, що досвід продовжує підтверджувати той самий закон, ці з'єднання та відносини є саме тим, що ми називаємо законами природи.

Але наш земний спостерігач ніколи не повинен забувати, що у всій цій справі лише він реальний, а інший спостерігач — фантастичний. До того ж він викличе стільки цих примар, скільки забажає, скільки є швидкостей — безліч. Усі вони здаватимуться йому такими, що будують своє подання Всесвіту, змінюючи виміри, які він зробив на Землі, отримуючи тим самим фізику, ідентичну його власній. Звідси він працюватиме над своєю фізикою, залишаючись просто в обсерваторії, яку він обрав, — на Землі, і більше не турбуючись про них.

Проте було необхідно викликати цих фантастичних фізиків; і теорія відносності, надавши реальному фізику засоби погодитися з ними, зробить великий крок науці вперед.

Ми щойно розмістилися на Землі. Але ми так само могли б обрати будь-яку іншу точку Всесвіту. У кожній із них є реальний фізик, за яким тягнеться хмара фантастичних фізиків, скільки він уявить швидкостей. Чи хочемо ми тоді з'ясувати, що є реальним? Чи хочемо знати, чи існує єдиний Час чи безліч часів? Нам не потрібно турбуватися про фантастичних фізиків, ми повинні враховувати лише реальних фізиків. Ми запитаємо, чи сприймають вони той самий Час. Загалом філософу важко стверджувати з упевненістю, що дві людини живуть у тому самому ритмі тривалості. Він навіть не може надати цьому твердженню суворого й точного сенсу. Проте він може це зробити в гіпотезі відносності: твердження набуває тут дуже чіткого сенсу і стає певним, коли порівнюються дві системи у стані взаємного та рівномірного переміщення; спостерігачі взаємозамінні. Це, до речі, цілком чітко й беззаперечно лише в гіпотезі відносності. У всіх інших випадках дві системи, хоч би наскільки схожі, зазвичай відрізнятимуться чимось, оскільки вони не займають однакового положення щодо привілейованої системи. Але усунення привілейованої системи є самою суттю теорії відносності. Отже ця теорія, далеко не виключаючи гіпотезу єдиного Часу, скоріше вимагає її та надає їй вищу зрозумілість.

## РОЗДІЛ 8.

# Світлові фігури

Такий спосіб розгляду речей дозволить нам глибше проникнути в теорію відносності. Ми щойно показали, як теоретик відносності викликає, поряд із баченням власної системи, усі подання, що їх можна приписати всім фізикам, які бачили б цю систему в русі з усіма можливими швидкостями. Ці подання різні, але різні частини кожного з них з'єднані так, щоб підтримувати всередині нього ті самі відносини між собою та виявляти тим самим ті самі закони. Тепер придивімося уважніше до цих різних подань. Покажемо конкретніше зростаючу деформацію поверхневого образу та незмінне збереження внутрішніх зв'язків у міру зростання приписуваної швидкості. Ми схопимо таким чином генезис множинності часів в теорії відносності. Ми побачимо, як її значення матеріально вимальовується перед нашими очима. І водночас ми розплутаємо певні постулати, які ця теорія містить.

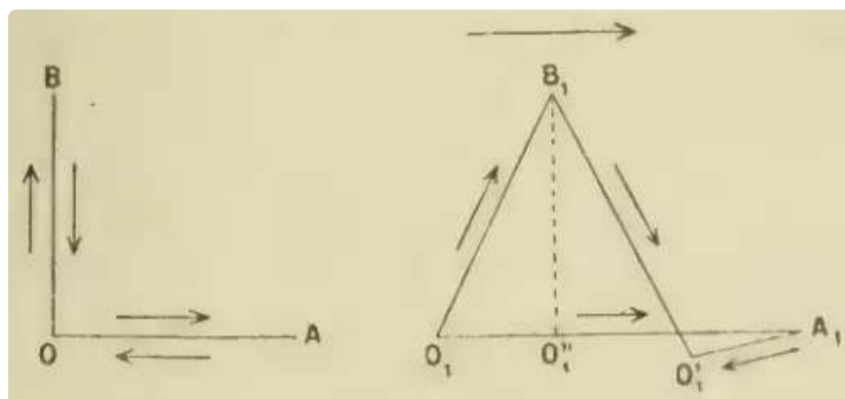


Рисунок 7

## РОЗДІЛ 8.1.

### «Світлові лінії» та «жорсткі лінії»

Отже, у нерухомій системі  $S$ , експеримент Майкельсона–Морлі (Рисунок 7). Назвімо «жорсткою лінією» або просто «лінією» геометричну лінію, таку як  $OA$  чи  $OB$ . Назвімо «світловою лінією» промінь світла, що рухається вздовж неї. Для спостерігача всередині системи, два промені, запущені відповідно з  $O$  до  $B$  та з  $O$  до  $A$  у двох перпендикулярних напрямках, повертаються точно на себе. Експеримент пропонує йому образ подвійної світлової лінії, натягнутої між  $O$  та  $B$ , та ще однієї подвійної світлової лінії, натягнутої між  $O$  та  $A$ , ці дві подвійні світлові лінії перпендикулярні одна одній та рівні між собою.

Дивлячись тепер на систему в стані спокою, уявімо, що вона рухається зі швидкістю  $v$ . Яким буде наше подвійне представлення?

## РОЗДІЛ 8.2.

### «Світлова фігура» та просторова фігура: як вони збігаються і як роз'єднуються

Поки система в спокої, ми можемо розглядати її, байдуже, як утворену двома простими жорсткими прямими лініями, перпендикулярними, або двома подвійними світловими лініями, також перпендикулярними: світлова фігура та жорстка фігура збігаються. Як тільки ми припускаємо її в русі, дві фігури роз'єднуються. Жорстка фігура залишається складатися з двох перпендикулярних прямих. Але світлова фігура деформується. Подвійна світлова лінія, натягнута вздовж прямої  $OB$ , стає зламаною світловою лінією  $O_1 B_1 O_1'$ . Подвійна світлова лінія, натягнута вздовж  $OA$ , стає світловою лінією  $O_1 A_1 O_1'$  (частина  $O_1' A_1$  цієї лінії фактично накладається на  $O_1 A_1$ , але для більшої ясності ми відокремлюємо її на рисунку). Це стосовно форми. Розгляньмо величину.

Той, хто міркував би *априорно*, до фактичного проведення експерименту Майкельсона–Морлі, сказав би: «Я повинен припустити, що жорстка фігура залишається такою, якою є, не лише тому, що дві лінії залишаються перпендикулярними, але й тому, що вони завжди рівні. Це впливає з самої концепції жорсткості. Що ж до двох подвійних світлових ліній, спочатку рівних, я бачу їх у уяві нерівними, коли вони роз'єднуються внаслідок руху, який моя думка надає системі. Це впливає з самої рівності двох жорстких ліній.» Коротше, у цьому *априорному* міркуванні згідно з давніми ідеями, сказали б: «це жорстка фігура простору накладає свої умови на світлову фігуру.»

Теорія відносності, такою, якою вона вийшла з фактично проведеного експерименту Майкельсона–Морлі, полягає у перевертанні цієї пропозиції та у ствердженні: «це світлова фігура накладає свої умови на жорстку фігуру.» Іншими словами, жорстка фігура не є самою реальністю: це лише конструкція думки; і саме світлова фігура, єдина дана, повинна забезпечити правила для цієї конструкції.

Експеримент Майкельсона–Морлі повідомляє нам, що дві лінії  $O_1 B_1 O'_1$ ,  $O_1 A_1 O'_1$ , залишаються рівними, незалежно від швидкості, наданої системі. Отже, саме рівність двох подвійних світлових ліній завжди вважатиметься збереженою, а не рівність двох жорстких ліній: останнім належить пристосуватися відповідно. Погляньмо, як вони пристосуються. Для цього уважно розгляньмо деформацію нашої світлової фігури. Але не забуваймо, що все відбувається в нашій уяві, або краще, в нашому розумі. Фактично, експеримент Майкельсона–Морлі проводиться фізиком всередині його системи, отже, в нерухомій системі. Система знаходиться в русі лише якщо фізик виходить з неї думкою. Якщо його думка залишається в ній, його міркування не застосовуватиметься до його власної системи, а до експерименту Майкельсона–Морлі, проведеного в іншій системі, або краще, до образу, який він собі уявляє, який він повинен собі уявити цього експерименту, проведеного в іншому місці: адже там, де експеримент фактично проводиться, його виконує фізик всередині системи, отже, у ще нерухомій системі. Отже, у всьому цьому йдеться лише про певне позначення, яке слід прийняти для експерименту, що не проводиться, щоб узгодити його з експериментом, що проводиться. Цим просто виражається, що його не проводять. Не втрачаючи ніколи з виду цю точку, простежимо зміну нашої світлової фігури. Ми розглянемо окремо три ефекти деформації, викликані рухом: 1° поперечний ефект, що відповідає, як ми побачимо, тому, що теорія відносності називає подовженням часу; 2° поздовжній ефект, що для неї є роз'єднанням одночасності; 3° подвійний поперечно-поздовжній ефект, що був би «лоренцовим скороченням».

### РОЗДІЛ 8.3.

## Потрійний ефект дисоціації

1° Поперечний ефект або «розширення часу». Надамо швидкості  $v$  значення, що зростають від нуля. Звикнімо нашу думку виводити з первісної світлової фігури  $OAB$  серію фігур, де дедалі більше посилюється розрив між світловими лініями, які спочатку збігалися. Також вправляймося вводити назад у початкову фігуру всі ті, що з неї вийшли. Іншими словами, діймо, як з підзорною трубою, яку витягуємо, а потім знову складаємо. Або ще краще, уявімо дитячу іграшку зі з'єднаними стержнями, вздовж яких розміщені дерев'яні солдатики. Коли ми розсуваємо їх, тягнучи за крайні стержні, вони перетинаються, як літери  $X$ , і солдатики розсіюються; коли ж знову зсуваємо їх, вони з'єднуються, і солдатики знову стоять у щільному строю. Повторюймо собі, що наші світлові фігури, хоч їх і безліч, утворюють одну: їхня множинність виражає лише можливі образи, які мали б спостерігачі, для яких ці фігури рухалися б з різними швидкостями, — тобто, по суті,

образи, які мали б спостерігачі, що рухаються відносно них; і всі ці віртуальні образи ніби телескопуються в реальний образ первісної фігури  $AOB$ . Який висновок напрашується для поперечної світлової лінії  $O_1 B_1 O_1'$ , яка вийшла з  $OB$  і могла б туди повернутися, повертається туди фактично і знову стає єдиною з  $OB$  у саме той момент, коли ми її уявляємо? Ця лінія дорівнює  $\frac{2l}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ , тоді як первісна подвійна світлова лінія була  $2l$ . Її подовження точно відповідає подовженню часу, яке дає теорія відносності. Ми бачимо таким чином, що ця теорія діє так, ніби ми беремо за еталон часу подвійний шлях туди й назад променя світла між двома визначеними точками. Але ми усвідомлюємо одразу ж, інтуїтивно, зв'язок множинних часів з єдиним реальним часом. Не тільки множинні часи, запропоновані теорією відносності, не руйнують єдності реального часу, а й передбачають її та підтримують. Реальний спостерігач, що знаходиться всередині системи, усвідомлює і розрізнення, і тотожність цих різних часів. Він живе психологічним часом, і з цим часом зливаються всі більш-менш розширені математичні часи; бо в міру того, як він розсуває стержні своєї іграшки — тобто в міру того, як він у думці прискорює рух своєї системи — світлові лінії подовжуються, але всі вони заповнюють ту саму пережиту тривалість. Без цієї єдиної пережитої тривалості, без цього реального часу, спільного для всіх математичних часів, який сенс мали б слова про їхню одночасність, про те, що вони вкладаються в той самий інтервал? який сенс можна було б знайти в такому твердженні?

Припустимо (ми незабаром повернемося до цього), що спостерігач у  $S$  має звичку вимірювати свій час світловою лінією, тобто прив'язувати свій психологічний час до своєї світлової лінії  $OB$ . Тоді психологічний час і світлова лінія (взята в нерухомій системі) будуть для нього синонімами. Коли, уявляючи свою систему в русі, він представлятиме свою світлову лінію довшою, він скаже, що час подовжився; але він також побачить, що це вже не психологічний час; це час, який більше не є, як раніше, одночасно психологічним і математичним; він став виключно математичним, не можучи бути чиїмось психологічним часом: щойно якась свідомість захотіла б жити одним із цих подовжених часів  $O_1 B_1$ ,  $O_2 B_2$  тощо, вони миттєво стискаються до  $OB$ , оскільки світлова лінія вже не сприймається уявно, а реально, і система, досі уявно рухома, вимагає своєї фактичної нерухомості.

Отже, узагальнюючи, теза теорії відносності означає тут, що спостерігач, що знаходиться всередині системи  $S$ , уявляючи цю систему в русі з усіма можливими швидкостями, побачив би, як математичний час його системи подовжується зі зростанням швидкості, якби час цієї системи ототожнювався зі світловими лініями  $OB$ ,  $O_1 B_1$ ,  $O_2 B_2$  тощо. Усі ці різні математичні часи були б одночасними в тому сенсі, що всі вони вкладаються в ту саму психологічну тривалість спостерігача в  $S$ . Вони, втім, лише фіктивні часи, оскільки ніхто не міг би переживати їх як відмінні від первинного часу — ні спостерігач у  $S$ , який сприймає їх усі в одній тривалості, ні будь-який інший реальний чи можливий спостерігач. Вони зберігають назву часу лише тому, що перший у серії, а саме  $OB$ , вимірював психологічну тривалість спостерігача в  $S$ . Тоді, за аналогією, часами називають і подовжені світлові лінії системи, що уявляється в русі, примушуючи себе забути, що всі вони вкладаються в ту саму тривалість. Зберігайте для них назву часу, я не заперечую: це будуть, за визначенням, умовні часи, оскільки вони не вимірюють жодної реальної чи можливої тривалості.

Але як пояснити загалом це зближення між часом і світловою лінією? Чому перша світлова лінія,  $OB$ , прив'язується спостерігачем у  $S$  до його психологічної тривалості, передаючи потім наступним лініям  $O_1 B_1$ ,  $O_2 B_2$  ... тощо назву та вигляд часу, через своєрідне "зараження"? Ми вже відповіли на це питання неявно; проте не зайве буде розглянути його

ще раз. Але спочатку, продовжуючи розглядати час як світлову лінію, розгляньмо другий ефект деформації фігури.

2° Поздовжній ефект або «розлад одночасності». У міру зростання розбіжності між лініями світла, що спочатку збігалися в первісній фігурі, посилюється нерівність між двома поздовжніми лініями світла, такими як  $O_1 A_1$  і  $A_1 O_1'$ , спочатку злитими в подвійній лінії світла  $OA$ . Оскільки лінія світла завжди є для нас часом, ми скажемо, що момент  $A_1$  більше не є серединою часового інтервалу  $O_1 A_1 O_1'$ , тоді як момент  $A$  був серединою інтервалу  $OAO$ . Однак, чи припускає спостерігач усередині системи  $S$  її спокій чи рух, його припущення — простий акт думки — не впливає на годинники системи. Але воно впливає, як видно, на їхню узгодженість. Годинники не змінюються; це змінюється Час. Він деформується і розпадається між ними. Це були рівні проміжки часу, які, так би мовити, йшли від  $O$  до  $A$  і поверталися від  $A$  до  $O$  у первісній фігурі. Тепер шлях туди довший за шлях назад. Крім того, легко помітити, що відставання другого годинника відносно першого становитиме  $\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \cdot \frac{lv}{c^2}$  або  $\frac{lv}{c^2}$ , залежно від того, чи рахувати його в секундах нерухомої системи, чи системи в русі. Оскільки годинники залишаються тими ж, працюють як працювали, отже, зберігають той самий взаємозв'язок між собою і залишаються узгодженими між собою, як і спочатку, вони виявляються в думках нашого спостерігача все більше відставати один від одного в міру того, як його уява прискорює рух системи. Чи сприймає він себе нерухомим? Між двома моментами дійсно існує одночасність, коли годинники в  $O$  і  $A$  показують однаковий час. Чи уявляє він себе в русі? Ці два моменти, підкреслені двома годинниками, що показують однаковий час, за визначенням перестають бути одночасними, оскільки дві лінії світла стають нерівними, тоді як спочатку вони були рівними. Я маю на увазі, що спочатку була рівність, а тепер виникла нерівність, яка просочилася між двома годинниками, які самі не рухалися. Але чи мають ця рівність і нерівність однаковий ступінь реальності, якщо вони претендують на застосування до часу? Перша була одночасно рівністю ліній світла і рівністю психологічних тривалостей, тобто часу в тому сенсі, в якому його розуміють усі. Друга — лише нерівність ліній світла, тобто умовних Часів; вона, до того ж, виникає між тими самими психологічними тривалостями, що й перша. І саме тому, що психологічна тривалість залишається незмінною протягом усіх послідовних уявлень спостерігача, він може вважати всі умовні Часи, уявлені ним, еквівалентними. Він стоїть перед фігурою  $BOA$ : він сприймає певну психологічну тривалість, яку вимірює подвійними лініями світла  $OB$  і  $OA$ . І ось, не перестаючи дивитися, отже, завжди сприймаючи цю саму тривалість, він бачить у уяві, як подвійні лінії світла роз'єднуються, подовжуючись, подвійна поздовжня лінія світла розщеплюється на дві лінії нерівної довжини, нерівність зростає зі швидкістю. Усі ці нерівності виходять із первісної рівності, як трубки телескопа; усі вони миттєво повертаються назад, якщо він того забажає, шляхом телескопування. Вони йому еквівалентні саме тому, що справжня реальність — це первісна рівність, тобто одночасність моментів, позначених двома годинниками, а не послідовність, чисто умовна і фіктивна, яку породжували б лише уявний рух системи і викликаний ним розлад ліній світла. Усі ці розлади, усі ці послідовності є, отже, віртуальними; реальною є лише одночасність. І саме тому, що всі ці віртуальності, усі ці різновиди розладу містяться в межах реально сприйнятої одночасності, вони математично замінні нею. Хоч з одного боку є уявне, чиста можливість, тоді як з іншого — сприйняте і реальне.

Але той факт, що теорія відносності свідомо чи ні замінює час лініями світла, яскраво висвітлює один із принципів доктрини. У низці досліджень теорії відносності<sup>(1)</sup> пан Ед. Гійом стверджував, що вона полягає передусім у прийнятті поширення світла за годинник замість обертання Землі. Ми вважаємо, що в теорії відносності є набагато більше. Але ми

вважаємо, що в ній є принаймні це. І додамо, що виділення цього елемента лише підкреслює важливість теорії. Цим встановлюється, що й у цьому питанні вона є природним і, можливо, необхідним результатом цілого розвитку. Згадаймо в двох словах проникливі й глибокі роздуми, які пан Едуар Ле Руа висловлював колись про поступове вдосконалення наших вимірювань, і зокрема часу<sup>(2)</sup>. Він показував, як той чи інший метод вимірювання дозволяє встановлювати закони, і як ці закони, будучи встановленими, можуть впливати на метод вимірювання і змушувати його змінюватися. Що стосується часу, то саме зоряний годинник використовувався для розвитку фізики та астрономії: зокрема, було відкрито закон ньютонівського тяжіння та принцип збереження енергії. Але ці результати несумісні з сталістю зоряної доби, оскільки за ними припливи повинні діяти як гальмо на обертання Землі. Отже, використання зоряного годинника призводить до наслідків, що вимагають прийняття нового годинника<sup>(3)</sup>. Не викликає сумнівів, що прогрес фізики прагне представити нам оптичний годинник — я маю на увазі поширення світла — як граничний годинник, той, що знаходиться в кінці всіх цих послідовних наближень. Теорія відносності фіксує цей результат. І оскільки суттю фізики є ототожнення речі з її вимірюванням, «лінія світла» буде одночасно мірою часу і самим часом. Але тоді, оскільки лінія світла подовжується, залишаючись самою собою, коли уявляють рух і залишають у спокої систему, де її спостерігають, ми матимемо множинні Часи, еквівалентні; і гіпотеза множинності Часів, характерна для теорії відносності, здаватиметься нам умовою розвитку фізики загалом. Так визначені Часи будуть саме Фізичними Часами<sup>(4)</sup>. Вони, до того ж, будуть лише уявними Часами, за винятком одного, який буде реально сприйматися. Цей, завжди той самий, є Часом здорового глузду.

<sup>(1)</sup> *Revue de métaphysique* (травень–червень 1918 та жовтень–грудень 1920). Див. *La Théorie de la relativité*, Лозанна, 1921.

<sup>(2)</sup> *Bulletin de la Société française de philosophie*, лютий 1905.

<sup>(3)</sup> Див. там же, *L'espace et le temps*, с. 25.

<sup>(4)</sup> Ми називали їх математичними у цьому нарисі, щоб уникнути плутанини. Ми дійсно постійно порівнюємо їх із психологічним часом. Але для цього потрібно було їх розрізнити та завжди пам'ятати про цю відмінність. Однак різниця між психологічним і математичним очевидна: набагато менш чітка вона між психологічним і фізичним. Вираз «фізичний час» іноді міг би мати подвійне значення; з виразом «математичний час» не може бути жодної двозначності.

## РОЗДІЛ 8.4.

### Справжня природа часу Ейнштейна

Підсумуймо в двох словах. До часу звичайного здорового глузду, який завжди можна перетворити на психологічну тривалість і який таким чином є реальним за визначенням, теорія відносності замінює час, який можна перетворити на психологічну тривалість лише у випадку нерухомості системи. У всіх інших випадках цей час, який був одночасно лінією світла і тривалістю, стає лише лінією світла — еластичною лінією, що розтягується в міру зростання приписаної системі швидкості. Він не може відповідати новій психологічній тривалості, оскільки продовжує займати ту саму тривалість. Але це неважливо: теорія відносності є фізичною теорією; вона вирішує знехтувати будь-якою психологічною тривалістю, як у першому випадку, так і в усіх інших, і зберігати з часу лише лінію світла. Оскільки ця лінія подовжується або скорочується залежно від швидкості системи, ми таким чином отримуємо сучасні один одному множинні часи. І це здається нам парадоксальним, тому що реальна тривалість продовжує переслідувати нас. Але це, навпаки, стає дуже просто і природно, якщо взяти за заміну часу розтягну лінію світла і називати одночасністю та послідовністю випадки рівності та нерівності між лініями світла, чий взаємозв'язок очевидно змінюється залежно від стану спокою чи руху системи.

Але ці міркування про лінії світла були б неповними, якби ми обмежилися окремим вивченням поперечного та поздовжнього ефектів. Тепер ми маємо спостерігати їхнє поєднання. Ми побачимо, як зв'язок, що завжди має існувати між поздовжніми та поперечними лініями світла, незалежно від швидкості системи, спричиняє певні наслідки щодо жорсткості, а отже, й протяжності. Так ми безпосередньо схопимо переплетіння простору та часу в теорії відносності. Це переплетення чітко виявляється лише тоді, коли час зведено до лінії світла. З лінією світла, яка є часом, але залишається основою простору, яка подовжується внаслідок руху системи і таким чином збирає на своєму шляху простір, з яким вона створює час, ми конкретно схопимо, у часі та просторі кожного, дуже простий початковий факт, що виражається концепцією чотиривимірного простору-часу в теорії відносності.

3° Поперечно-поздовжній ефект або «лоренцеве скорочення». Теорія спеціальної відносності, як ми вже говорили, по суті полягає в тому, щоб спочатку уявити подвійну лінію світла  $BOA$ , потім деформувати її в такі фігури, як  $O_1 B_1 A_1 O'$ , рухом системи, і нарешті змусити всі ці фігури входити, виходити і знову входити одна в одну, звикаючи думати, що вони одночасно є першою фігурою та фігурами, що з неї вийшли. Коротше кажучи, ми отримуємо, з усіма можливими швидкостями, послідовно наданими системі, усі можливі бачення однієї й тієї самої речі, причому ця річ має збігатися з усіма цими баченнями одночасно. Але річ, про яку йдеться, є по суті лінією світла. Розглянемо три точки  $O, B, A$  нашої першої фігури. Зазвичай, коли ми називаємо їх нерухомими точками, ми ставимося до них так, ніби вони з'єднані між собою жорсткими стрижнями. У теорії відносності зв'язок стає світловою петлею, яку запускають із  $O$  до  $B$  так, щоб вона повернулася сама до себе і була схоплена в  $O$ , і ще одна світлова петля між  $O$  і  $A$ , яка лише торкається  $A$  і повертається до  $O$ . Це означає, що час тепер змішається з простором. У гіпотезі жорстких стрижнів три точки були пов'язані в миттєвому або, якщо завгодно, у вічному — поза часом: їхній просторовий зв'язок був незмінним. Тут же, з еластичними та деформованими стрижнями світла, які є представниками часу або, швидше, самим часом, просторовий зв'язок трьох точок стає залежним від часу.

Щоб добре зрозуміти «скорочення», яке за цим впливає, нам достатньо розглянути послідовні світлові фігури, враховуючи, що це фігури, тобто світлові трасування, які розглядаються миттєво, і що лінії треба трактувати так, ніби вони є часом. Оскільки задані лише ці світлові лінії, нам доведеться відтворити розумом просторові лінії, які зазвичай не будуть видимі у самій фігурі. Вони можуть бути лише виведеними, тобто відтвореними розумом. Природно, винятком є лише світлова фігура системи, що вважається нерухомою: так, у нашій першій фігурі  $OB$  і  $OA$  є одночасно гнучкими світловими лініями та жорсткими просторовими лініями, причому апарат  $BOA$  вважається нерухомим. Але в нашій другій світловій фігурі, як нам уявити апарат, дві жорсткі просторові лінії, що підтримують два дзеркала? Розглянемо положення апарата, що відповідає моменту, коли  $B$  опинився в  $B_1$ . Якщо ми опустимо перпендикуляр  $B_1 O_1''$  на  $O_1 A_1$ , чи можна сказати, що фігура  $B_1 O_1'' A_1$  є фігурою апарата? Очевидно, ні, бо якщо рівність світлових ліній  $O_1 B_1$  і  $O' B_1$  повідомляє нам, що моменти  $O_1''$  і  $B_1$  є одночасними, тож  $O_1'' B_1$  зберігає характер жорсткої просторової лінії і, отже, представляє одне плече апарата, то нерівність світлових ліній  $O_1 A_1$  і  $O' A_1$  показує, що моменти  $O_1''$  і  $A_1$  є послідовними. Довжина  $O_1'' A_1$  відповідно представляє друге плече апарата плюс простір, пройдений апаратом за проміжок часу між моментом  $O_1''$  і моментом  $A_1$ . Отже, щоб отримати довжину цього другого плеча, ми маємо взяти різницю між  $O_1'' A_1$  і пройденим простором. Її легко обчислити. Довжина  $O_1'' A_1$  є середнім арифметичним між  $O_1 A_1$  і  $O_1' A_1$ , і оскільки сума цих двох довжин дорівнює

$\frac{2l}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$  (бо загальна лінія  $O_1 A_1 O_1'$  представляє той самий час, що й лінія  $O_1 B_1 O_1'$ ), ми бачимо, що  $O_1'' A_1$  має довжину  $\frac{l}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ . Що ж до простору, пройденого апаратом за проміжок часу між моментами  $O_1''$  і  $A_1$ , його можна відразу оцінити, зазначивши, що цей проміжок вимірюється запізненням годинника на одному кінці плеча апарата відносно годинника на іншому кінці, тобто на  $\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \cdot \frac{lv}{c^2}$ . Пройдена відстань тоді становить  $\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \cdot \frac{lv^2}{c^2}$ . Отже, довжина плеча, яка становила  $l$  у стані спокою, стала

$$\frac{l}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - \frac{lv^2}{c^2 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

, тобто  $l\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ . Таким чином ми відновлюємо «лоренцеве скорочення».

Ось що означає стиснення. Ототожнення часу з лінією світла призводить до того, що рух системи викликає подвійний ефект у часі: розтягнення секунди та розрив одночасності. У різниці

$$\frac{l}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - \frac{lv^2}{c^2 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

перший доданок відповідає ефекту розтягнення, другий — ефекту розриву. В обох випадках можна сказати, що лише час (час уявний) є причиною. Але поєднання цих ефектів у Часі дає те, що називають стисненням довжини в Просторі.

## РОЗДІЛ 8.5.

### Перехід до теорії Простору-Часу

Ось тоді ми усвідомлюємо саму суть теорії Відносності. У простіших термінах її можна висловити так: «Задано спокоючу збіжність жорсткої просторової фігури з гнучкою світловою фігурою; задано також ідеальне розділення цих фігур через рух, що його приписує системі думка; послідовні деформації гнучкої світлової фігури при різних швидкостях — ось що має значення: жорстка просторова фігура пристосується як зможе.» Фактично ми бачимо, що в русі системи зигзагоподібна лінія світла вздовж повинна зберігати ту саму довжину, що й зигзаг поперек, оскільки рівність цих двох часів є першочерговою. Оскільки в таких умовах дві жорсткі просторові лінії — поздовжня та поперечна — не можуть залишатися рівними, простір має поступитися. Він неодмінно поступиться, оскільки жорсткий контур у лініях чистого простору вважається лише записом сукупного ефекту, породженого різними змінами гнучкої фігури, тобто світлових ліній.

## РОЗДІЛ 9.

### Простір-Час у чотирьох вимірах

#### Як виникає ідея четвертого виміру

Залишимо тепер нашу світлову фігуру з її послідовними деформаціями. Ми використовували її, щоб втілити абстракції теорії Відносності та виявити припущення, які вона містить. Зв'язок між множинністю Часів та психологічним часом, встановлений нами раніше, мабуть, став чіткішим. І, мабуть, ми побачили, як відчиняються двері для введення в теорію ідеї чотиривимірного Простору-Часу. Саме Простору-Часу ми зараз присвяtimo увагу.

Навіть попередній аналіз показав, як ця теорія трактує співвідношення речі та її виразу. Річ — це те, що сприймається; вираз — те, що розум ставить замість речі для підпорядкування її обчисленню. Річ дана у реальному баченні; вираз відповідає лише тому, що ми називаємо уявним баченням. Зазвичай ми уявляємо уявні бачення як миттєві, що оточують стійке ядро реального бачення. Але сутність теорії Відносності полягає в тому, щоб поставити всі ці бачення на один рівень. Те бачення, яке ми називаємо реальним, було б лише одним із уявних бачень. Я погоджуюся з цим у тому сенсі, що немає жодного способу математично виразити різницю між ними. Але не слід робити висновок про подібність природи. Саме це відбувається, коли надають метафізичного сенсу континууму Мінковського та Ейнштейна, їхньому чотиривимірному Простору-Часу. Погляньмо, власне, як виникає ідея цього Простору-Часу.

Для цього нам достатньо точно визначити природу «уявних бачень» у випадку, коли спостерігач у системі  $S'$ , реально сприймаючи незмінну довжину  $l$ , уявляв би незмінність цієї довжини, переносячи думкою поза систему та приписуючи тоді системі всі можливі швидкості. Він сказав би собі: «Оскільки лінія  $A'B'$  рухомої системи  $S'$ , проходячи повз мене в нерухомій системі  $S$ , де я розташований, збігається з довжиною  $l$  цієї системи, то ця лінія в спокої була б рівною  $\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \cdot l$ . Розгляньмо квадрат  $L^2 = \frac{1}{1-\frac{v^2}{c^2}} \cdot l^2$  цієї величини. Наскільки він перевищує квадрат  $l^2$ ? На величину  $\frac{1}{1-\frac{v^2}{c^2}} \cdot \frac{l^2 v^2}{c^2}$ , яку можна записати як  $c^2 \left[ \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \cdot \frac{lv}{c} \right]^2$ . А  $\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \cdot \frac{lv}{c}$  вимірює саме часовий інтервал  $T$ , що проходить для мене, перенесеного в систему  $S$ , між двома подіями, що відбуваються відповідно в  $A'$  та  $B'$ , які здавалися б одночасними, якби я перебував у системі  $S'$ . Отже, у міру зростання швидкості  $S'$  від нуля, часовий інтервал  $T$  збільшується між двома подіями в точках  $A'$  та  $B'$ , які в системі  $S'$  вважаються одночасними; але все відбувається так, що різниця  $L^2 - c^2 T^2$  залишається незмінною. Саме цю різницю я раніше називав  $l^2$ ». Отже, беручи  $c$  за одиницю Часу, ми можемо сказати, що те, що дано реальному спостерігачу в  $S'$  як незмінність просторової величини, як незмінність квадрата  $l^2$ , здавалося б уявному спостерігачу в  $S$  як незмінність різниці між квадратом простору та квадратом часу.

Але ми розглянули лише окремий випадок. Узагальнимо питання та спочатку запитаємо, як виражається відстань між двома точками системи відносно прямокутних осей, розташованих усередині матеріальної системи  $S'$ . Потім ми дослідимо, як вона виражатиметься відносно осей, розташованих у системі  $S$ , відносно якої  $S'$  рухатиметься. Якби наш простір був двовимірним, обмеженим аркушем паперу, і якби дві точки, що розглядаються, були  $A'$  та  $B'$ , з відстанями до двох осей  $O'Y'$  та  $O'X'$ , що дорівнюють  $x'_1$ ,  $y'_1$  та  $x'_2$ ,  $y'_2$ , то очевидно, що ми мали б

$$A'B'^2 = (x'_2 - x'_1)^2 + (y'_2 - y'_1)^2$$

Тоді ми могли б взяти будь-яку іншу систему осей, нерухомих відносно перших, і таким чином надати  $x'_1$ ,  $x'_2$ ,  $y'_1$ ,  $y'_2$  значення, які зазвичай відрізняються від початкових: сума двох квадратів  $(x'_2 - x'_1)^2$  та  $(y'_2 - y'_1)^2$  залишиться тією ж самою, оскільки вона завжди дорівнює  $A'B'^2$ . Так само у тривимірному просторі, коли точки  $A'$  та  $B'$  не лежать у площині  $X'O'Y'$  і визначаються своїми відстанями  $x'_1$ ,  $y'_1$ ,  $z'_1$ ,  $x'_2$ ,  $y'_2$ ,  $z'_2$  до трьох граней прямокутного тригранника з вершиною в  $O'$ , спостерігалася б незмінність суми

$$\textcircled{1} \quad (x'_2 - x'_1)^2 + (y'_2 - y'_1)^2 + (z'_2 - z'_1)^2$$

Саме ця незмінність виражала б сталість відстані між  $A'$  та  $B'$  для спостерігача, розташованого в  $S'$ .

Але припустімо, що наш спостерігач переносить свою думку в систему  $S$ , відносно якої  $S'$  вважається рухомою. Припустімо також, що він відносить точки  $A'$  і  $B'$  до осей, розташованих у його новій системі, розташовуючись, до того ж, у спрощених умовах, які ми описали вище, коли виводили рівняння Лоренца. Відстані точок  $A'$  і  $B'$  до трьох взаємно перпендикулярних площин, що перетинаються в  $S$ , тепер будуть  $x_1, y_1, z_1; x_2, y_2, z_2$ . Квадрат відстані  $A'B'^2$  між нашими двома точками, до того ж, знову буде заданий сумою трьох квадратів:

$$\textcircled{2} \quad (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2$$

Але, згідно з рівняннями Лоренца, якщо два останні квадрати цієї суми ідентичні двом останнім попередньої, то з першим справа йде інакше, оскільки ці рівняння дають для  $x_1$  і  $x_2$  відповідно значення  $\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}(x_1' + vt_1')$  і  $\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}(x_2' + vt_2')$ ; таким чином, перший квадрат буде  $\frac{1}{1-\frac{v^2}{c^2}}(x_2' - x_1')^2$ . Ми природно опиняємося перед окремим випадком, який ми щойно розглядали. Ми дійсно розглядали в системі  $S'$  певну довжину  $A'B'$ , тобто відстань між двома миттєвими та одночасними подіями, що відбуваються відповідно у  $A'$  і  $B'$ . Але зараз ми хочемо узагальнити питання. Припустімо тому, що дві події є послідовними для спостерігача в  $S'$ . Якщо одна відбувається в момент  $t_1'$ , а інша в момент  $t_2'$ , рівняння Лоренца дадуть нам

$$x_1 = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}(x_1' + vt_1')$$

$$x_2 = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}(x_2' + vt_2')$$

, так що наш перший квадрат стане

$$\frac{1}{1-\frac{v^2}{c^2}}[(x_2' - x_1') + v(t_2' - t_1')]^2$$

, а наша початкова сума трьох квадратів буде замінена на

$$\textcircled{3} \quad \frac{1}{1-\frac{v^2}{c^2}}[(x_2' - x_1') + v(t_2' - t_1')]^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2$$

— величину, що залежить від  $v$  і вже не є інваріантною. Але якщо в цьому виразі ми розглянемо перший доданок  $\frac{1}{1-\frac{v^2}{c^2}}[(x_2' - x_1') + v(t_2' - t_1')]^2$ , який дає нам значення

$(x_2 - x_1)^2$ , ми побачимо, що він перевищує  $(x_2' - x_1')^2$  на величину:

$$\frac{1}{1-\frac{v^2}{c^2}} \cdot c^2 \left[ (t_2' - t_1') + \frac{v(x_2' - x_1')}{c^2} \right]^2 - c^2 (t_2' - t_1')^2$$

Але рівняння Лоренца дають:

$$\frac{1}{1-\frac{v^2}{c^2}} \left[ (t_2' - t_1') + \frac{v(x_2' - x_1')}{c^2} \right]^2 = (t_2' - t_1')^2$$

Тому ми маємо

$$(x_2 - x_1)^2 - (x_2' - x_1')^2 = c^2 (t_2 - t_1)^2 - c^2 (t_2' - t_1')^2$$

або

$$(x_2 - x_1)^2 - c^2 (t_2 - t_1)^2 = (x_2' - x_1')^2 - c^2 (t_2' - t_1')^2$$

, або, нарешті,

$$(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2 - c^2 (t_2 - t_1)^2 = (x_2' - x_1')^2 + (y_2' - y_1')^2 + (z_2' - z_1')^2 - c^2 (t_2' - t_1')^2$$

Результат, який можна було б сформулювати так: якби спостерігач у  $S'$  розглядав замість суми трьох квадратів

$$(x_2' - x_1')^2 + (y_2' - y_1')^2 + (z_2' - z_1')^2$$

вираз

$$(x_2' - x_1')^2 + (y_2' - y_1')^2 + (z_2' - z_1')^2 - c^2 (t_2' - t_1')^2$$

, що включає четвертий квадрат, він би відновив інваріантність, яка припинила існування в Просторі, шляхом введення Часу.

Наш розрахунок може здатися трохи незграбним. Так воно й є. Нічого не було простіше, ніж відразу констатувати, що вираз

$$(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2 - c^2 (t_2 - t_1)^2$$

не змінюється, коли до його складових застосовується перетворення Лоренца. Але це означало б поставити на одну лінію всі системи, де були взяті всі виміри. Математик і фізик повинні це робити, оскільки вони не намагаються інтерпретувати в термінах реальності Простір-Час теорії відносності, а просто використовують його. Навпаки, наша мета — саме ця інтерпретація. Тому ми мали виходити з вимірів, здійснених у системі  $S'$  спостерігачем у  $S'$  — єдиних реальних вимірів, що належать реальному спостерігачеві, — і розглядати виміри, взяті в інших системах, як зміни чи деформації цих вимірів, зміни чи деформації, узгоджені між собою таким чином, що певні відносини між вимірами залишаються незмінними. Щоб зберегти центральне місце точки зору спостерігача в  $S'$  і підготувати таким чином аналіз Простору-Часу, який ми наведемо згодом, зроблений нами обхідний шлях був необхідний. Також потрібно було, як буде видно, встановити різницю між випадком, коли спостерігач у  $S'$  бачить події  $A'$  і  $B'$  одночасними, і випадком, коли він відзначає їх як послідовні. Ця різниця зникла б, якби ми розглядали одночасність лише як окремий випадок, коли  $t_2' - t_1' = 0$ ; ми б таким чином поглинули її в послідовності; будь-яка різниця в природі ще була б знищена між вимірами, реально взятими спостерігачем у  $S'$ , і вимірами, просто продуманими спостерігачами поза системою. Але наразі це не має значення. Просто покажемо, як теорія відносності дійсно веде до постулювання Простору-Часу з чотирма вимірами.

Ми говорили, що вираз квадрата відстані між двома точками  $A'$  і  $B'$ , віднесеними до двох прямокутних осей у двовимірному просторі, є  $(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2$ , якщо позначити  $x_1$ ,  $y_1$ ,  $x_2$ ,  $y_2$  їхні відстані до двох осей. Ми додавали, що у тривимірному просторі це було б  $(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2$ . Ніщо не заважає нам уявити простори з 4, 5, 6, ... ,  $n$  вимірами. Квадрат відстані між двома точками там задавався б сумою 4, 5, 6, ... ,  $n$  квадратів, кожен з яких є квадратом різниці між відстанями точок  $A'$  і  $B'$  до однієї з 4, 5, 6, ... ,  $n$  площин. Розгляньмо тоді наш вираз

$$(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2 - c^2 (t_2 - t_1)^2$$

Якби сума перших трьох доданків була інваріантною, вона могла б виражати інваріантність відстані, як ми її уявляли в нашому тривимірному Просторі до теорії відносності. Але остання по суті стверджує, що для отримання інваріантності необхідно

ввести четвертий доданок. Чому цей четвертий доданок не відповідав би четвертому виміру? Два міркування спочатку, здається, проти цього, якщо ми дотримуємося нашого виразу відстані: по-перше, квадрат  $(t_2 - t_1)^2$  має знак мінус замість знака плюс, і, по-друге, він має коефіцієнт  $c^2$ , відмінний від одиниці. Але оскільки на четвертій осі, що представляла б час, часи неодмінно повинні позначатися як довжини, ми можемо постановити, що секунда там матиме довжину  $c$ : таким чином наш коефіцієнт стане одиницею. Крім того, якщо ми розглянемо час  $\tau$  такий, що  $t = \tau\sqrt{-1}$ , і, загалом, замінимо  $t$  на уявну величину  $\tau\sqrt{-1}$ , наш четвертий квадрат буде  $-\tau^2$ , і тоді ми дійсно матимемо справу з сумою чотирьох квадратів. Умовимося називати  $\Delta x, \Delta y, \Delta z, \Delta \tau$  чотири різниці  $x_2 - x_1, y_2 - y_1, z_2 - z_1, \tau_2 - \tau_1$ , які є відповідними приростами  $x, y, z, \tau$  при переході від  $x_1$  до  $x_2$ , від  $y_1$  до  $y_2$ , від  $z_1$  до  $z_2$ , від  $\tau_1$  до  $\tau_2$ , і назвемо  $\Delta s$  інтервалом між двома точками  $A'$  і  $B'$ . Ми матимемо:

$$\Delta s^2 = \Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2 + \Delta \tau^2$$

І тоді ніщо не заважатиме нам сказати, що  $s$  — це відстань, а краще інтервал, у Просторі та Часі одночасно: четвертий квадрат відповідав би четвертому виміру континууму Простору-Часу, де Час і Простір були б об'єднані разом.

Ніщо не заважатиме нам також припустити, що дві точки  $A'$  і  $B'$  нескінченно близькі, так що  $A'B'$  так само може бути елементом кривої. Скінченне збільшення, таке як  $\Delta x$ , стане тоді нескінченно малим збільшенням  $dx$ , і ми матимемо диференціальне рівняння:

$$ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 + d\tau^2$$

, звідки ми зможемо повернутися шляхом підсумовування нескінченно малих елементів, шляхом «інтегрування», до інтервалу  $s$  між двома точками кривої, що займає одночасно Простір і Час, яку ми назвемо  $AB$ . Ми запишемо це:

$$s = \int_A^B \sqrt{dx^2 + dy^2 + dz^2 + d\tau^2}$$

— вираз, який треба знати, але на який ми не повертатимемося в подальшому. Краще використовувати безпосередньо міркування, що до нього привели<sup>(1)</sup>.

<sup>(1)</sup> Децю математично налаштований читач помітить, що вираз  $ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 - c^2 dt^2$  можна розглядати як такий, що відповідає гіперболічному простору-часу. Метод Мінковського, описаний вище, полягає в наданні цьому простору-часу евклідової форми шляхом заміни змінної  $t$  уявною змінною  $ct\sqrt{-1}$ .

Ми щойно побачили, як позначення четвертого виміру вводиться майже автоматично в теорію відносності. Звідси, безсумнівно, часто висловлювана думка, що саме цій теорії ми завдячуємо першою ідеєю чотиривимірного середовища, що охоплює час і простір. Але недостатньо помічено, що четвертий просторовий вимір підказується будь-якою просторовою концепцією часу: він завжди був притаманний нашій науці та мові. Більше того, його можна виокремити у більш точній, принаймні більш образній формі зі звичайного розуміння часу, ніж із теорії відносності. Проте у звичній теорії ототожнення часу з четвертим виміром лише підрозумівається, тоді як фізика відносності змушена вводити його до своїх обчислень. Це пов'язано з подвійним ефектом осмосу між часом і простором, їх взаємним вторгненням один в одного, що, здається, відображено в рівняннях Лоренца: тут стає необхідним для визначення положення точки явно вказувати її позицію в часі так само, як і в просторі. Тим не менш, простір-час Мінковського та Ейнштейна є окремим випадком, де загальна просторова концепція часу в чотиривимірному просторі є загальним поняттям. Далі наш шлях чітко визначено. Ми повинні спочатку з'ясувати, що означає в загальному сенсі введення чотиривимірного середовища, що поєднує час і простір. Потім ми запитаємо, що додається або віднімається, коли співвідношення між просторовими вимірами та часовим виміром розуміється на кшталт Мінковського та Ейнштейна. Вже зараз видно, що якщо звичне уявлення простору

з просторовою концепцією часу природно набуває форми чотиривимірного середовища, і якщо це середовище є фіктивним у тому сенсі, що воно лише символізує конвенцію просторової концептуалізації часу, то те саме стосуватиметься й окремих випадків, для яких це чотиривимірне середовище було загальним поняттям. У будь-якому разі, окремий випадок і загальне поняття, ймовірно, матимуть однаковий ступінь реальності, і простір-час теорії відносності, ймовірно, не буде несумісним з нашою давньою концепцією тривалості більше, ніж був би чотиривимірний простір-час, що символізує одночасно звичний простір і просторово концептуалізований час. Тим не менш, ми не зможемо уникнути розгляду простору-часу Мінковського та Ейнштейна особливо, коли ми займемося загальним чотиривимірним простором-часом. Спочатку приділимо увагу саме йому.

## РОЗДІЛ 9.2.

### Загальне уявлення чотиривимірного простору-часу

Уявити новий вимір важко, якщо виходити з тривимірного простору, оскільки досвід не показує нам четвертого. Але немає нічого простішого, якщо ми наділимо цією додатковою мірою двовимірний простір. Ми можемо уявити плоских істот, що живуть на поверхні, зливаються з нею, знають лише два виміри простору. Одна з них міг бути спонукана своїми обчисленнями постулювати існування третього виміру. Поверхневі у подвійному сенсі цього слова, її побратими, безсумнівно, відмовляться слідувати за нею; самій їй не вдасться уявити те, що її розум зміг би концептуалізувати. Але ми, що живемо у тривимірному просторі, мали б реальне сприйняття того, що вона лише уявляла як можливе: ми точно усвідомлювали б, що вона додала б, ввівши новий вимір. І оскільки це було б щось подібне до того, що ми зробили б самі, якби припустили, обмежені трьома вимірами, що ми занурені в чотиривимірне середовище, ми майже так уявимо цей четвертий вимір, який спочатку здавався неймовірним. Це, правда, не зовсім те саме. Бо простір із більш ніж трьома вимірами є чистою концепцією розуму і може не відповідати жодній реальності. Тоді як тривимірний простір є простором нашого досвіду. Тому коли в подальшому ми використаємо наш тривимірний простір, реально сприйманий, щоб надати тілесності уявленням математика, обмеженого плоским всесвітом, — уявленням, що для нього концептуальні, але не уявні, — це не означатиме, що існує чи може існувати чотиривимірний простір, здатний у свою чергу реалізувати в конкретній формі наші власні математичні концепції, коли вони виходять за межі нашого тривимірного світу. Це було б надто великою поступкою для тих, хто відразу інтерпретує теорію відносності метафізично. Метод, який ми використовуватимемо, має єдиною метою забезпечити теорію образною опорою, зробити її таким чином зрозумілішою і цим краще висвітлити помилки, до яких можуть призвести поспішні висновки.

Отже, ми просто повернемося до гіпотези, з якої ми виходили, коли малювали дві перпендикулярні осі та розглядали лінію  $A'B'$  в одній площині з ними. Ми мали лише поверхню аркуша паперу. Цей двовимірний світ теорія відносності наділяє додатковим виміром, яким був би час: інваріантом вже не буде  $dx^2 + dy^2$ , а  $dx^2 + dy^2 - c^2 dt^2$ . Звичайно, цей додатковий вимір має особливу природу, оскільки інваріант був би  $dx^2 + dy^2 + dt^2$  без необхідності писемного прийому для надання йому цієї форми, якби час був виміром, подібним до інших. Ми повинні враховувати цю характерну відмінність, яка вже турбувала нас і на якій ми зосередимо нашу увагу незабаром. Але поки що ми залишаємо її осторонь, оскільки сама теорія відносності запрошує нас до цього: якщо вона вдалася тут до прийому, і якщо вона постулювала уявний час, то саме для того, щоб її

інваріант зберіг форму суми чотирьох квадратів, кожен з яких має коефіцієнт одиниці, і щоб новий вимір був тимчасово прирівняний до інших. Запитаймо ж загалом, що додається, а що, можливо, віднімається у двовимірному всесвіті, коли його час робиться додатковим виміром. Потім ми врахуємо особливу роль, яку цей новий вимір відіграє в теорії відносності.

Не можна зайве підкреслити: час математика обов'язково є часом, що вимірюється, а отже — просторово опростореним. Зовсім не обов'язково вдаватися до гіпотези відносності: будь-яким чином (ми зазначали це понад тридцять років тому) математичний час можна трактувати як додатковий вимір простору. Припустимо поверхневий всесвіт, обмежений площиною  $P$ , і розгляньмо на цій площині рухому точку  $M$ , що описує будь-яку лінію, наприклад коло, починаючи з певної точки, яку ми візьмемо за початок координат. Ми, що мешкаємо у тривимірному світі, можемо уявити точку  $M$ , що тягне за собою лінію  $MN$ , перпендикулярну до площини, чия змінна довжина вимірювала  $b$  у кожний момент часу, що минув від початку. Кінець  $N$  цієї лінії опише у тривимірному просторі криву, яка в даному випадку матиме форму гвинтової лінії. Легко побачити, що ця крива, намальована у тривимірному просторі, розкриває нам усі часові особливості змін, що відбуваються у двовимірному просторі  $P$ . Відстань будь-якої точки гвинтової лінії до площини  $P$  вказує нам момент часу, з яким ми маємо справу, а дотична до кривої в цій точці дає нам через свій нахил до площини  $P$  швидкість рухомої точки в цей момент<sup>(1)</sup>. Отже, скажуть, «двовимірна крива»<sup>(2)</sup> зображує лише частину реальності, зафіксованої на площині  $P$ , бо вона є лише простором у значенні, яке мешканці  $P$  надають цьому слову. Навпаки, «тривимірна крива» містить цю реальність цілком: для нас вона має три виміри простору; для математика у двовимірному світі, що мешкає на площині  $P$  і нездатного уявити третій вимір, але змушеного спостереженням руху його концептуалізувати та аналітично виразити, вона була б тривимірним простором-часом. Він міг би потім дізнатися від нас, що тривимірна крива існує дійсно як образ.

---

<sup>(1)</sup> Дуже простий розрахунок показав би це.

<sup>(2)</sup> Ми змушені вживати ці ледве коректні вирази — «двовимірна крива», «тривимірна крива» — для позначення тут плоскої кривої та просторової кривої. Немає іншого способу вказати просторові та часові імплікації однієї та іншої.

До того ж, коли тривимірна крива, простір і час водночас, вже постала, двовимірна крива з'явилася б математику плоского всесвіту як проста проекція цієї кривої на площину, де він мешкає. Вона була б лише поверхневим і просторовим аспектом суцільної реальності, яку слід називати часом і простором водночас.

Коротше кажучи, форма тривимірної кривини повідомляє нам тут і про плоску траєкторію, і про часові особливості руху, що відбувається у двовимірному просторі. Загальніше, *те, що дається як рух у просторі будь-якої кількості вимірів, може бути представлено як форма у просторі з додатковим виміром.*

Але чи є це представлення дійсно адекватним представленому? Чи містить воно точно те, що містить останнє? На перший погляд можна подумати, що так, як ми щойно сказали. Але правда в тому, що воно містить більше з одного боку, менше з іншого, і якщо дві речі здаються взаємозамінними, то лише тому, що наш розум непомітно вилучає з представлення зайве й не менш непомітно вводить те, чого бракує.

### РОЗДІЛ 9.3.

## Як нерухомість виражається в термінах руху

Починаючи з другого пункту, очевидно, що *ставання* як таке було усунуто. Адже науці воно не потрібне в даному випадку. Яка її мета? Просто знати, де буде рухома точка у будь-який момент її шляху. Вона незмінно переноситься до кінця вже пройденого інтервалу; вона цікавиться лише результатом, коли той уже отриманий: якщо вона може уявити одночасно всі результати, досягнуті в усі моменти, і так, щоб знати, який результат відповідає якому моменту, вона досягла такого ж успіху, як дитина, що навчилася миттєво читати слово замість того, щоб вимовляти його по літерах. Саме це відбувається у випадку нашого кола та гвинтової лінії, що взаємно відповідають точка в точку. Але ця відповідність має значення лише тому, що наш розум *прослідковує* криву і *послідовно* займає її точки. Якщо нам вдалося замінити послідовність співставленням, реальний час — просторово опростореним часом, *що стає* — *що стало*, то лише тому, що ми зберігаємо в собі ставання, реальну тривалість: коли дитина читає слово миттєво, вона його віртуально вимовляє по літерах. Тож не уявляймо, що наша тривимірна крива віддає нам, ніби кристалізовані разом, рух, яким простежується плоска крива, і сама ця плоска крива. Вона просто витягла зі ставання те, що цікавить науку, і наука, до того ж, зможе використати цей витяг лише тому, що наш розум відновлює усунене ставання або відчуває себе здатним це зробити. У цьому сенсі крива з  $n + 1$  вимірами *вже простежена*, що була б еквівалентом кривої з  $n$  вимірами, *що простежується*, реально представляє менше, ніж претендує.

Але в іншому сенсі вона представляє більше. Віднімаючи тут, додаючи там, вона подвійно неадекватна.

Ми отримали її, справді, чітко визначеним процесом: круговим рухом у площині  $P$  точки  $M$ , що тягла за собою пряму змінної довжини  $MN$ , пропорційно минулому часу. Ця площина, це коло, ця пряма, цей рух — ось чітко визначені елементи операції, якою фігура була накреслена. Але готова фігура не обов'язково передбачає цей спосіб утворення. Навіть якщо вона його передбачає, вона могла бути результатом руху іншої прямої, перпендикулярної до іншої площини, чий кінець  $M$  описував би у цій площині, зі зовсім іншими швидкостями, криву, яка не була колом. Уявімо, приміром, довільну площину та спроектуймо на неї нашу гвинтову лінію: вона так само добре представлятиме нову плоску криву, пройдену з новими швидкостями, поєднану з новим часом. Отже, якщо, у розумінні, яке ми щойно визначили, гвинтова лінія містить менше, ніж коло та рух, який у ній намагаються відновити, то в іншому розумінні вона містить більше: прийнята як поєднання певної плоскої фігури з певним способом руху, у ній так само добре можна виявити безліч інших плоских фігур, доповнених відповідно безліччю інших рухів. Отже, як ми й проголошували, подання є подвійно неадекватним: воно залишається недоліком і виходить за межі. І причину цього можна вловити. Додаючи вимір до простору, де ми перебуваємо, ми, безсумнівно, можемо представити у цьому новому просторі *річчю процес* чи *становлення*, дані у попередньому. Але оскільки ми замінюємо *готове* на те, що сприймаємо *що стається*, ми, з одного боку, усуваємо становлення, властиве часу, а з іншого — вводимо можливість безлічі інших процесів, якими річ могла б бути так само добре побудована. Протягом часу, коли ми спостерігали поступове становлення цієї речі, існував чітко визначений спосіб утворення; але в новому просторі, збільшеному на один вимір, де річ розгортається одразу завдяки додаванню часу до старого простору, ми вільні уявляти безліч способів утворення, однаково можливих; і той, який ми фактично спостерігали, хоч і єдиний реальний, вже не виглядає привілейованим: його помилково ставлять на одну лінію з іншими.

#### РОЗДІЛ 9.4.

### Як час таким чином здається зливатися з простором

Вже тепер проглядає подвійна небезпека, якій ми піддаємося, коли символізуємо час четвертим виміром простору. З одного боку, ми ризикуємо сприйняти розгортання всієї минулої, теперішньої та майбутньої історії Всесвіту як просту подорож нашої свідомості вздовж цієї історії, даної одразу у вічності: події більше не проходять перед нами, це ми проходимо повз їхнє вишикування. З іншого боку, у Просторі-Часі або Просторі-Часі, який ми таким чином утворимо, ми вважатимемо себе вільними вибирати між безліччю можливих розподілів Простору та Часу. Адже цей Простір-Час був побудований із чітко визначеним Простором, чітко визначеним Часом: лише певний конкретний розподіл у Просторі та Часі був реальним. Але ми не робимо різниці між ним та усіма іншими можливими розподілами: або, краще сказати, ми бачимо лише безліч можливих розподілів, а реальний розподіл стає лише одним із них. Коротше, ми забуваємо, що вимірюваний час, неодмінно символізований простором, містить водночас більше і менше у вимірі простору, взятому за символ, ніж у самому часі.

Але чіткіше це видно наступним чином. Ми припустили двовимірний всесвіт. Це буде площина  $P$ , нескінченно продовжена. Кожен із послідовних станів Всесвіту буде миттєвим зображенням, що охоплює всю площину та включає сукупність об'єктів, усіх пласких, з яких складається Всесвіт. Отже, площина буде подібна до екрану, на якому розгорталася б кінематографія Всесвіту, з тією різницею, що тут немає зовнішнього кінематографа, ніякої фотографії, проєктованої ззовні: зображення малюється на екрані мимовільно. Тепер мешканці площини  $P$  зможуть уявляти послідовність кінематографічних зображень у своєму просторі двома різними способами. Вони розділяться на два табори, залежно від того, чи вони надають перевагу даним досвіду чи символізму науки.

Перші вважатимуть, що існують послідовні зображення, але ніде ці зображення не вишикувані разом уздовж плівки; і це з двох причин: 1° Де знайшла б плівка місце? Кожне зображення, охоплюючи екран повністю, за припущенням заповнює всю площу, можливо нескінченного, простору Всесвіту. Отже, цим зображенням доводиться існувати лише послідовно; вони не можуть бути дані глобально. Час справді є для нашої свідомості тривалістю та послідовністю, атрибутами, незвідними до будь-яких інших та відмінними від суміжності. 2° На плівці все було б наперед визначене чи, якщо завгодно, детерміноване. Ілюзорною була б тоді наша свідомість вибору, дії, творення. Якщо існує послідовність і тривалість, то саме тому, що реальність вагається, пробує, поступово виробляє непередбачувану новизну. Звичайно, частка абсолютної детермінації велика у Всесвіті; саме тому можлива математична фізика. Але те, що наперед визначене, є віртуально вже зробленим і триває лише через свою солідарність із тим, що робиться, із тим, що є реальною тривалістю та послідовністю: треба враховувати це переплетення, і тоді видно, що минула, теперішня та майбутня історія Всесвіту не може бути дана глобально вздовж плівки<sup>(1)</sup>.

---

<sup>(1)</sup> З цього приводу, щодо того, що ми називали кінематографічним механізмом мислення, та щодо нашого безпосереднього уявлення речей, див. розділ IV «Творчої еволюції», Париж, 1907.

Інші відповіли б: «По-перше, нам немає справи до вашої нібито непередбачуваності. Мета науки — обчислювати, отже й передбачати: ми тому нехтуватимемо вашим почуттям невизначеності, яке, можливо, лише ілюзія. Далі, ви кажете, що у Всесвіті немає місця для зображень, окрім того, що називається теперішнім. Це було б правдою, якби Всесвіт був засуджений мати лише два виміри. Але ми можемо припустити в ньому третій, недоступний нашим почуттям, крізь який наша свідомість подорожувала б саме тоді, коли розгортається в «Часі». Завдяки цьому третьому виміру Простору, усі зображення, що становлять усі минулі й майбутні моменти Всесвіту, даються одночасно з теперішнім зображенням — не розташовані одне відносно одного, як фотографії на плівці (для цього, справді, не було б місця), а

впорядковані в іншій послідовності, яку ми не можемо уявити, але можемо концептуально осягнути. Жити в Часі означає перетинати цей третій вимір, тобто деталізувати його, спостерігати одне за одним зображення, які він дає змогу поєднати. Уявна невизначеність того, що ми спостерігатимемо, полягає просто в тому, що це ще не спостережено: це об'єктивація нашої необізнаності<sup>(1)</sup>. Ми вважаємо, що зображення створюються в міру їх появи саме тому, що вони нібито виникають перед нами, тобто виникають перед нами й для нас, приходять до нас. Але не забуваймо, що будь-який рух є взаємним чи відносним: якщо ми сприймаємо їх такими, що приходять до нас, так само вірно сказати, що це ми йдемо до них. Вони справді там; вони чекають на нас, вишикувані; ми проходимо повз них. Тож не кажімо, що події чи випадки трапляються з нами; це ми трапляємося з ними. І ми переконалися б у цьому миттєво, якби знали третій вимір так само, як інші.»

---

<sup>(1)</sup> На сторінках, присвячених «кінематографічному механізму думки», ми колись показали, що такий спосіб міркування природний людському розуму. (Творча еволюція, розд. IV.)

Тепер уявімо, що мене обрали арбітром між двома таборами. Я звернувся б до тих, хто щойно говорив, і сказав би: «Дозвольте перше привітати вас з тим, що ви маєте лише два виміри, бо так ви отримуєте для своєї тези підтвердження, яке я даремно шукав би, якби вдався до подібних міркувань у просторі, куди доля мене кинула. Справа в тім, що я мешкаю в тривимірному просторі; і коли я погоджуюсь із тими чи іншими філософами, що може існувати четвертий вимір, я кажу щось, що, можливо, абсурдне саме по собі, хоч і математично допустиме. Надлюдина, яку я в свою чергу взяв би за арбітра між нами, пояснила б нам, мабуть, що ідея четвертого виміру виникає через продовження певних математичних звичок, здобутих у нашому Просторі (так само, як ви здобули ідею третього виміру), але що ця ідея цього разу не відповідає й не може відповідати жодній реальності. Проте існує тривимірний простір, у якому я саме перебуваю: це щаслива нагода для вас, і я можу вас проінформувати. Так, ви вгадали правильно, припустивши можливість співіснування зображень, подібних до ваших, кожне з яких простягається на нескінченній «поверхні», тоді як у усіченому Просторі вся ваша всесвітня цілісність здається вам поміщатися в кожен момент. Для цього достатньо, щоб ці зображення — названі нами «пласкими» — нашарувалися, як ми кажемо, одне на одне. Ось вони нашарувалися. Я бачу ваш всесвіт «суцільним», згідно з нашою термінологією; він утворений нагромадженням усіх ваших пласких зображень, минулих, теперішніх і майбутніх. Я також бачу вашу свідомість, що подорожує перпендикулярно до цих «площин», сприймаючи лише ту, якою вона проходить, сприймаючи її як теперішність, згадуючи тоді ту, яку залишає позаду, але не знаючи тих, що попереду й які по черзі входять у її теперішність, щоб миттєво збагатити її минуле.»

Однак ось що вражає мене ще більше.

Я взяв довільні зображення, а точніше, плівки без зображень, щоб зобразити ваше майбутнє, яке мені невідоме. Я так нашарував на теперішній стан вашого всесвіту майбутні стани, що залишилися для мене порожніми: вони відповідають минулим станам, що знаходяться по той бік теперішнього стану й які я, навпаки, сприймаю як визначені зображення. Але я анітрохи не впевнений, що ваше майбутнє співіснує так із вашим теперішнім. Це ви мені це кажете. Я побудував свою схему на ваших вказівках, але ваша гіпотеза залишається гіпотезою. Не забувайте, що це гіпотеза, і що вона просто передає певні властивості цілком конкретних фактів, вирізаних із безмежності реального, якими займається фізична наука. Тепер я можу вам сказати, користуючись своїм досвідом третього виміру, що ваше представлення часу через простір вам дає одночасно більше й менше, ніж те, що ви хочете представити.

Вона дасть вам менше, бо купа зображень, що становлять усі стани всесвіту, не містить нічого, що пояснювало б рух, завдяки якому ваш Простір Р їх послідовно займає, або

завдяки якому (що для вас те саме) вони послідовно заповнюють Простір  $P$ , де ви перебуваєте. Я знаю, що цей рух для вас не має значення. Оскільки всі зображення віртуально дані — і це ваше переконання — оскільки теоретично можна взяти будь-яке з тієї частини купи, що попереду (у цьому полягає розрахунок чи передбачення події), рух, що змушує вас спочатку проходити крізь проміжні зображення між цим зображенням і теперішнім — рух, який був би саме часом — здається вам простим *«запізненням»* чи перешкодою, фактично внесеною до бачення, яке за правом мало бути миттєвим; тут був би лише дефіцит вашого емпіричного знання, який якраз заповнює ваша математична наука. Зрештою, це було б негативним; і ви давали б *більше*, отримуючи *менше*, коли постулюєте послідовність, тобто необхідність перегортати сторінки альбому, тоді як усі сторінки вже є. Але я, хто досліджує цей тривимірний всесвіт і хто може справді спостерігати уявлений вами рух, мушу вас попередити: ви розглядаєте лише один аспект рухливості, а отже, і тривалості: інший, істотний, вам ухиляється. Безсумнівно, можна вважати теоретично нагромадженими одне на одне, заздалегідь дані за правом, усі частини майбутніх станів всесвіту, що передвизначені: цим лише виражається їхня передвизначеність. Але ці частини, що становлять так званий фізичний світ, вставлені в інші, на які ваш розрахунок досі не мав впливу, і які ви оголошуєте обчислюваними внаслідок цілком гіпотетичного ототожнення: існує органічне, існує свідоме. Я, хто вбудований у світ організований моїм тілом, у свідомий світ духом, сприймаю рух уперед як поступове збагачення, як безперервність винаходу й творення. Час для мене — це найреальніше й найнеобхідніше; це фундаментальна умова дії; — що я кажу? це сама дія; і обов'язок, що на мене покладено, проживати його, неможливість ніколи перестрибнути майбутній часовий інтервал, сама собою довела б мені — якби я не мав безпосереднього відчуття цього — що майбутнє справді відкрите, непередбачуване, невизначене. Не вважайте мене метафізиком, якщо ви так називаєте людину діалектичних конструкцій. Я нічого не конструював, я просто констатував. Я передаю вам те, що є моїм органам чуття та свідомості: безпосередньо дане має вважатися реальним, доки не доведено, що це проста видимість; вам отже, якщо ви бачите тут ілюзію, належить навести доказ. Але ви підозрюєте тут ілюзію лише тому, що самі робите метафізичну конструкцію. Швидше, конструкція вже готова: вона походить від Платона, що вважав час простою позбавленістю вічності; і більшість давніх і сучасних метафізиків прийняли її як є, бо вона справді відповідає фундаментальній вимозі людського розуму. Створений для встановлення законів, тобто для вилучення з мінливого потоку речей певних незмінних відношень, наш розум природно схильний бачити лише їх; лише вони існують для нього; він виконує отже свою функцію, відповідає своєму призначенню, стаючи поза часом, що тече й триває. Але думка, що виходить за межі чистого розуму, добре знає, що якщо суттю інтелекту є виявлення законів, то це для того, щоб наша дія мала на що спиратися, щоб наша воля мала більше влади над речами: розум ставиться до тривалості як до дефіциту, як до чистої запереченості, щоб ми могли працювати з максимальною ефективністю в цій тривалості, яка проте є найпозитивнішою річчю у світі. Метафізика більшості метафізиків є отже лише законом функціонування розуму, що є однією зі здібностей думки, але не самою думкою. Вона, у своїй цілісності, враховує цілісність нашого досвіду, а цілісність нашого досвіду — це тривалість. Отже, що б ви не робили, ви вилучаєте щось, і навіть істотне, замінюючи блоком, що раз поставлений, стани всесвіту, що проходять по черзі <sup>(1)</sup>.

---

<sup>(1)</sup> Про відношення, встановлене метафізиками між блоком і зображеннями, що даються по черзі, ми довго говорили в "Творчій еволюції", розд. IV.

Цим ви даєте собі менше, ніж потрібно. Але в іншому сенсі ви даєте собі більше, ніж потрібно.

Ви дійсно хочете, щоб ваша площина  $P$  перетнула всі образи, розташовані там, щоб чекати на вас, усіх послідовних моментів всесвіту. Або — що те саме — ви хочете, щоб усі ці образи, дані в мить або у вічності, були засуджені через недосконалість вашого сприйняття до того, щоб з'являтися вам як такі, що проходять по черзі на вашій площині  $P$ . Не має значення, як ви висловіте це: в обох випадках є площина  $P$  — це Простір — і зсув цієї площини паралельно до самої себе — це Час — що змушує площину пройти всю повноту блоку, покладеного раз і назавжди. Але якщо блок дійсно дано, ви так само можете перетнути його будь-якою іншою площиною  $P'$ , що також рухається паралельно до самої себе й таким чином охоплює всю реальність в іншому напрямку<sup>(1)</sup>. Ви зробите новий поділ простору й часу, такий же легітимний, як і перший, оскільки лише твердий блок має абсолютну реальність. Саме це є вашою гіпотезою. Ви уявляєте, що отримали додаванням додаткового виміру Простір-і-Час у трьох вимірах, який можна поділити на простір і час безліччю способів; ваш власний, той, який ви переживаєте, був би лише одним із них; він стояв би на одному рівні з усіма іншими. Але я, який бачу, якими були б усі досліди, просто задумані вами, спостерігачів, прикріплених до ваших площин  $P'$  і рухаються з ними, можу сказати вам, що маючи в кожен момент бачення образу, складеного з точок, запозичених з усіх реальних моментів всесвіту, він жив би в безладді й абсурді. Сукупність цих несумісних і абсурдних образів дійсно відтворює блок, але лише тому, що блок був створений зовсім іншим способом — певною площиною, що рухається у певному напрямку — він існує як блок, і можна потім дозволити собі фантазію відтворити його думкою за допомогою будь-якої іншої площини, що рухається в іншому напрямку. Ставити ці фантазії на один рівень з реальністю, казати, що рух, що дійсно породив блок, є лише одним із можливих рухів, означає нехтувати другим пунктом, на який я щойно звернув вашу увагу: у вже готовому блоку, звільненому від тривалості, в якій він ставав, результат, отриманий і відокремлений, більше не несе відбитку праці, якою його досягли. Тисячі різних операцій, виконаних думкою, так само добре відтворили б його в ідеалі, хоч він і був складений дійсно певним єдиним способом. Коли будинок буде збудований, наша уява обійде його в усіх напрямках і відтворить так само добре, поставивши спочатку дах, а потім прикріплюючи поверхи один за одним. Хто поставив би цей метод на один рівень з методом архітектора й вважав би його рівноцінним? Придивившись, побачили б, що метод архітектора є єдиним дійсним засобом скласти цілісність, тобто зробити її; інші, попри видимість, є лише засобами розкласти її, тобто, власне, зруйнувати; їх стільки, скільки завгодно. Те, що можна було збудувати лише в певному порядку, можна зруйнувати будь-яким способом.

---

<sup>(1)</sup> Воістину, у звичному уявленні просторового часу ніколи не виникає спокуса зсувати плівку у напрямку часу та уявляти новий поділ континууму чотирьох вимірів на час і простір: це не дало б жодної переваги й призвело б до несумісних результатів, тоді як у теорії відносності така операція видається неминучою. Тим не менш, злиття часу з простором, яке ми вважаємо характерним для цієї теорії, могло б, строго кажучи, бути задумане, як видно, у звичній теорії, хоч і в іншому вигляді.

## РОЗДІЛ 9.5.

### Подвійна ілюзія, якій ми піддаємося

Ось дві речі, які ніколи не слід втрачати з уваги, коли ми поєднуємо час із простором, наділяючи останній додатковим виміром. Ми розглянули найзагальніший випадок; ми ще не розглянули особливого вигляду, який цей новий вимір набуває в теорії відносності. Справа в тому, що теоретики відносності, кожного разу, коли вони виходили за межі чистої науки, щоб дати нам уявлення про метафізичну реальність, яку ця математика передає, починали з того, що неявно припускали, що четвертий вимір має принаймні атрибути трьох інших, не кажучи вже про щось додаткове. Вони говорили про свій Простір-Час,

беручи за належне наступні два пункти: 1° Усі поділи, які можна в ньому зробити на простір і час, мають бути поставлені на один рівень (правда, ці поділи можна буде зробити лише за певним законом, про який ми ще поговоримо); 2° наш досвід послідовних подій лише висвітлює одну за одною точки лінії, даної відразу. Вони, здається, не врахували того, що математичний вираз часу, справді надаючи йому властивості простору й вимагаючи, щоб четвертий вимір, якими б не були його власні якості, мав спочатку якості трьох інших, помилятиметься і в нестачі, і в надлишку одночасно, як ми щойно показали. Кожен, хто не внесе тут подвійного виправлення, ризикує помилитися щодо філософського значення теорії відносності й звести математичне представлення до трансцендентної реальності. У цьому можна переконатися, звернувшись до певних уривків із вже класичної книги пана Еддінгтона: *«Події не відбуваються; вони є тут, і ми зустрічаємо їх на своєму шляху. <Формальність відбування> є просто вказівкою того, що спостерігач у своїй подорожі-дослідженні пройшов у абсолютне майбутнє цієї події, і вона не має великого значення»<sup>(1)</sup>.* Вже в одній із перших книг з теорії відносності, пана Зільберштайна, читали, що пан Веллс чудово передбачив цю теорію, коли змусив свого *«мандрівника в часі»* сказати: *Між часом і простором немає жодної різниці, окрім того, що вздовж часу наша свідомість рухається»<sup>(2)</sup>.*

---

<sup>(1)</sup> Еддінгтон, *«Простір, Час і Тяжіння»*, пер. франц., с. 51.

<sup>(2)</sup> Зільберштайн, *«Теорія відносності»*, с. 130.

## РОЗДІЛ 9.6.

### Особливі риси цього представлення в теорії відносності

Але тепер ми повинні розглянути особливий вигляд, який набуває четвертий вимір у Просторі-Часі Мінковського та Ейнштейна. Тут інваріант  $ds^2$  вже не є сумою чотирьох квадратів з одиничними коефіцієнтами, як було б, якби час був виміром, подібним до інших: четвертий квадрат, з коефіцієнтом  $c^2$ , має відніматися від суми трьох попередніх, що надає йому особливого статусу. Хоча математичним прийомом можна усунути цю особливість виразу, вона залишається в самій суті явища, і математик попереджує нас, кажучи, що перші три виміри є *«реальними»*, а четвертий — *«уявним»*. Розгляньмо ж цей особливий Простір-Час якнайуважніше.

## РОЗДІЛ 9.7.

### Ілюзія, що може виникнути

Але оголосімо відразу результат, до якого ми йдемо. Він неодмінно буде дуже схожим на той, що ми отримали при розгляді множинності часів; та й не може бути іншим, як лише новим виразом того самого. Проти здорового глузду та філософської традиції, що виступають за єдиний час, теорія відносності спочатку ніби стверджувала множинність часів. При уважнішому розгляді ми не знайшли жодного іншого реального часу, окрім часу фізика, що будує науку: інші є часами віртуальними, тобто фіктивними, що приписуються уявним спостерігачам. Кожен із цих спостерігачів-привидів, раптово оживаючи, займав би місце в реальній тривалості колишнього реального спостерігача, сам ставши привидом. Таким чином, звична концепція реального часу зберігається недоторканою, доповнена лише розумовою конструкцією, призначеною показати, що застосування формул Лоренца зберігає математичний вираз електромагнітних явищ незмінним як для нерухомого спостерігача, так і для того, що приписує собі будь-який рівномірний рух. Простір-Час Мінковського та Ейнштейна є саме таким виразом. Якщо під Простором-Часом у чотири

виміри розуміти реальне середовище, де діють реальні істоти та об'єкти, то Простір-Час теорії відносності належить усім, адже кожен із нас починає уявляти Простір-Час у чотири виміри, щойно ми просторово уявляємо час, а виміряти час чи навіть говорити про нього без просторового уявлення неможливо<sup>(1)</sup>. Але в цьому Просторі-Часі час і простір залишаються різними: простір не може "виплюнути" час, а час — повернути простір. Якщо ж вони проникають один в одного, причому у різних пропорціях залежно від швидкості системи (саме так відбувається в Просторі-Часі Ейнштейна), то мова йде лише про віртуальний Простір-Час — Простір-Час фізика, уявленого як той, що експериментує, а не реального фізика, що експериментує. Бо останній Простір-Час перебуває у спокої, і в спокійному Просторі-Часі час і простір залишаються чітко розрізненими; вони змішуються лише в умовному перемішуванні, викликаному рухом системи; але система рухається лише тоді, коли фізик, що в ній перебував, покидає її. Покинути ж її він не може, не перейшовши до іншої системи: та, опинившись у спокої, матиме чітко розрізнені простір і час, як у нас. Отже, простір, що ковтає час, чи час, що поглинає простір, завжди лишаються віртуальними, лише уявленими, ніколи не актуальними й не реалізованими. Воістину, концепція цього Простору-Часу впливає на сприйняття актуального простору й часу. Крізь час і простір, що ми завжди знали розділеними, а отже, аморфними, ми розгледімо, наче крізь прозору тканину, артикульований організм Простору-Часу. Математична нотація цих артикуляцій, виконана на віртуальному та доведена до найвищого ступеня узагальнення, дасть нам несподівану владу над реальним. Ми отримаємо у руки потужний засіб дослідження, принцип пошуку, від якого людський розум, можна передбачити, не відмовиться й сьогодні, навіть якщо досвід нав'яже теорії відносності нову форму.

<sup>(1)</sup> Ми висловлювали це іншими словами (стор. 76 та наст.), коли казали, що наука не має жодного способу розрізнити час, що розгортається, і час, що вже розгорнутий. Вона просторово уявляє його самим фактом вимірювання.

## РОЗДІЛ 9.8.

### Що справді представляє амальгама Простору-Часу

Щоб показати, як Час і Простір починають переплітатися лише в той момент, коли вони стають один для одного фіктивними, повернемося до нашої системи  $S'$  та спостерігача, який, перебуваючи фактично в  $S'$ , переноситься думкою в іншу систему  $S$ , нерухомо її фіксує і припускає, що  $S'$  рухається з усіма можливими швидкостями. Ми хочемо зрозуміти, що саме означає в теорії Відносності переплетення Простору з Часом, розглянувши як додатковий вимір. Ми не змінимо результату і спростимо виклад, припустивши, що простір систем  $S$  і  $S'$  зведений до єдиного виміру — прямої лінії, а спостерігач у  $S'$ , маючи червоподібну форму, мешкає на ділянці цієї лінії. По суті, ми просто повертаємося до умов, у яких перебували раніше (стор. 190). Ми говорили, що наш спостерігач, доки тримає свою думку в  $S'$ , де він знаходиться, констатує суто й просто незмінність довжини  $A'B'$ , позначеної як  $l$ . Але як тільки його думка переноситься в  $S$ , він забує про конкретну, констатовану незмінність довжини  $A'B'$  або її квадрата  $l^2$ ; він уявляє її лише в абстрактній формі як незмінність різниці між двома квадратами  $L^2$  і  $c^2 T^2$ , які були б єдиними даними (називаючи  $L$  подовженим простором  $\frac{l}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ , а  $T$  — часовим інтервалом  $\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \cdot \frac{lv}{c^2}$ , що вклинився між двома подіями  $A'$  і  $B'$ , сприйнятими всередині системи  $S'$  як одночасні). Ми, знаючи простори більш ніж одного виміру, легко перекладемо геометрично різницю між цими двома концепціями; адже у двовимірному

просторі, що оточує для нас лінію  $A'B'$ , нам досить звести на ній перпендикуляр  $B'C'$ , рівний  $cT$ , і ми відразу помічаємо, що реальний спостерігач у  $S'$  реально сприймає сторону  $A'B'$  прямокутного трикутника як незмінну, тоді як уявний спостерігач у  $S$  безпосередньо сприймає (або радше уявляє) лише іншу сторону  $B'C'$  та гіпотенузу  $A'C'$  цього трикутника: лінія  $A'B'$  була б для нього лише ментальним слідом, яким він доповнює трикутник, образним виразом  $\sqrt{A'C'^2 - B'C'^2}$ . Тепер припустимо, що магічний удар жезла ставить нашого спостерігача, реального в  $S'$  та уявного в  $S$ , в умови, в яких знаходимося ми самі, і дозволяє йому сприймати або уявляти простір більш ніж одного виміру. Як реальний спостерігач у  $S'$  він побачить пряму лінію  $A'B'$ : це реальність. Як уявний фізик у  $S$  він сприйме або уявить ламану лінію  $A'C'B'$ : це лише віртуальне; це пряма лінія  $A'B'$ , що з'являється, подовжена і роздвоєна, у відбитку руху. Отже, пряма лінія  $A'B'$  — це Простір. Але ламана лінія  $A'C'B'$  — це Простір і Час; і так само було б з безліччю інших ламаних ліній  $A'D'B'$ ,  $A'E'B'$  ... тощо, що відповідають різним швидкостям системи  $S'$ , тоді як пряма  $A'B'$  залишається Простором. Ці ламані лінії Простору-Часу, суто віртуальні, виникають із прямої лінії Простору лише через рух, який дух надає системі. Вони всі підкоряються закону, що квадрат їхньої просторової частини, зменшений на квадрат їхньої часової частини (умовно приймаючи швидкість світла за одиницю часу), дає залишок, рівний незмінному квадрату прямої лінії  $A'B'$ , яка є лінією чистого Простору, але реальною. Таким чином, ми точно бачимо співвідношення поєднання Простору-Часу з окремими Простором і Часом, які завжди залишалися тут поруч, навіть коли час, просторово його уявляючи, робили додатковим виміром Простору. Це співвідношення стає цілковито вражаючим у конкретному випадку, який ми навмисно обрали, — коли лінія  $A'B'$ , сприйнята спостерігачем у  $S'$ , з'єднує дві події  $A'$  і  $B'$ , дані в цій системі як одночасні. Тут Час і Простір настільки чітко розрізнені, що Час зникає, залишаючи лише Простір: простір  $A'B'$  — ось усе, що констатовано, ось реальність. Але цю реальність можна віртуально відтворити за допомогою поєднання віртуального Простору та віртуального Часу, цей Простір і цей Час подовжуючись у міру зростання віртуальної швидкості, наданої системі спостерігачем, який ідеально від неї відділяється. Таким чином ми отримуємо безліч поєднань Простору і Часу, суто мислених, усі рівнозначні чистому й простому Простору, сприйнятому та реальному.

Але сутність теорії Відносності полягає в тому, щоб поставити на один рівень реальний образ і віртуальні образи. Реальне було б лише окремим випадком віртуального. Між сприйняттям прямої лінії  $A'B'$  всередині системи  $S'$  та уявленням ламаної лінії  $A'C'B'$ , коли ми припускаємо себе всередині системи  $S$ , не було б різниці в природі. Пряма лінія  $A'B'$  була б ламаною лінією, як  $A'C'B'$ , з нульовим сегментом  $C'B'$ , де значення нуль, надане тут  $c^2 T^2$ , є значенням, як і будь-яке інше. Математик і фізик, безперечно, мають право так висловлюватися. Але філософ, який повинен відрізнити реальне від символічного, говоритиме інакше. Він обмежиться описом того, що відбулося. Є сприйнята, реальна довжина  $A'B'$ . І якщо ми погодимося брати лише її, вважаючи  $A'B'$  і  $B'$  миттєвими та одночасними, то за припущенням маємо просто цю довжину Простору плюс ніщо Часу. Але рух, наданий думкою системі, призводить до того, що спочатку розглянутий простір здається набряклим від Часу:  $l^2$  стає  $L^2$ , тобто  $l^2 + c^2 T^2$ . Тоді новий простір матиме вивільнити час,  $L^2$  має зменшитися на  $c^2 T^2$ , щоб ми повернули  $l^2$ .

Так ми повертаємося до наших попередніх висновків. Нам показували, що дві події, одночасні для особи, яка спостерігає їх усередині своєї системи, стають послідовними для

того, хто уявляв би, ззовні, систему в русі. Ми погоджувалися, але зауважували, що інтервал між двома подіями, що стали послідовними, хоч і називався часом, не міг містити жодної події: це, казали ми, «розширене ніщо»<sup>(1)</sup>. Тут ми спостерігаємо розширення. Для спостерігача в  $S'$  відстань між  $A'$  і  $B'$  була довжиною простору  $l$ , збільшеною на нуль часу. Коли реальність  $l^2$  стає віртуальністю  $L^2$ , нуль реального часу розквітає у віртуальний час  $c^2 T^2$ . Але цей інтервал віртуального часу — це лише первісне ніщо часу, що створює невідомий оптичний ефект у відбитку руху. Думка не змогла б помістити подію в нього, навіть найкоротшу, так само як не поштовхнули б меблі у вітальню, побачену в глибині дзеркала.

<sup>(1)</sup> Див. вище, стор. 154.

Але ми розглянули окремий випадок, коли події в точках  $A'$  та  $B'$  сприймаються всередині системи  $S'$  як одночасні. Нам здалося, що це найкращий спосіб проаналізувати операцію, за допомогою якої Простір додається до Часу, а Час до Простору в теорії Відносності.

Розгляньмо тепер загальніший випадок, коли події  $A'$  та  $B'$  відбуваються в різні моменти часу для спостерігача в  $S'$ . Повернемося до нашої початкової нотації: позначимо через  $t_1'$  час події  $A'$ , а через  $t_2'$  час події  $B'$ ; через  $x_2' - x_1'$  позначимо відстань між  $A'$  та  $B'$  у Просторі, де  $x_1'$  та  $x_2'$  — відстані від  $A'$  та  $B'$  до початкової точки  $O'$ . Для спрощення знову припустимо, що Простір обмежений одним виміром. Але цього разу ми поставимо питання: як спостерігач всередині  $S'$ , констатує в цій системі сталість просторової довжини  $x_2' - x_1'$  та часового інтервалу  $t_2' - t_1'$  для будь-яких припустимих швидкостей системи, уявив би цю сталість, розмістивши думкою себе в нерухомій системі  $S$ . Ми знаємо

<sup>(1)</sup>, що для цього  $(x_2' - x_1')^2$  мав би розтягнутися до

$$\frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}} [(x_2' - x_1') + v(t_2' - t_1')]^2$$

— величини, що перевищує  $(x_2' - x_1')^2$  на

$$\frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}} \left[ \frac{v^2}{c^2} (x_2' - x_1')^2 + v^2 (t_2' - t_1')^2 + 2v(x_2' - x_1')(t_2' - t_1') \right]$$

І тут знову час, як бачимо, набув би обсягу в просторі.

Але, у свою чергу, простір додався до часу, бо те, що спочатку було  $(t_2' - t_1')^2$ , перетворилося<sup>(2)</sup> на

$$\frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}} \left[ (t_2' - t_1') + \frac{v(x_2' - x_1')}{c^2} \right]^2$$

— величину, що перевищує  $(t_2' - t_1')^2$  на

$$\frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}} \left[ \frac{v^2}{c^2} (x_2' - x_1')^2 + \frac{v^2}{c^2} (t_2' - t_1')^2 + \frac{2v}{c^2} (x_2' - x_1')(t_2' - t_1') \right]$$

<sup>(1)</sup> Див. стор. 193

<sup>(2)</sup> Див. стор. 194

Отже, квадрат часу зріс на величину, яка, помножена на  $c^2$ , дала б приріст квадрата простору. Таким чином ми бачимо, як утворюється простір, що поглинає час, і час, що поглинає простір, інваріантність різниці  $(x_2 - x_1)^2 - c^2 (t_2 - t_1)^2$  для всіх приписаних системі швидкостей.

Але цей сплав Простору й Часу починає виникати для спостерігача в  $S'$  лише в той момент, коли його думка приводить систему в рух. І сплав існує лише в його думці. Те, що реальне, тобто спостережуване або можливе для спостереження, — це окремі Простір і Час, з якими він має справу у своїй системі. Він може поєднувати їх у чотиривимірному континуумі: це ми всі робимо, більш-менш плутано, коли просторово уявляємо час, а ми уявляємо його просторово, щойно починаємо його вимірювати. Але Простір і Час залишаються тоді окремо інваріантними. Вони зіллються до купи чи, точніше, інваріантність перейде до різниці  $(x_2 - x_1)^2 - c^2 (t_2 - t_1)^2$  лише для наших уявних спостерігачів. Реальний спостерігач залишиться спокійним, адже кожен з його двох доданків  $x_2 - x_1$  та  $t_2 - t_1$  — просторова довжина та часовий інтервал — є незмінним, незалежно від точки спостереження у системі; він залишає їх уявному спостерігачеві, щоб той включив їх за власним бажанням у вираз свого інваріанта; заздалегідь він приймає цей вираз, заздалегідь знає, що він підійде до його системи, оскільки відношення між постійними величинами обов'язково постійне. І він багато виграє, адже вираз, що йому пропонують, виражає нову фізичну істину: він вказує, як «поширення» світла поводить себе відносно «переміщення» тіл.

Але це повідомляє йому про відношення цього поширення до цього переміщення, не кажучи нічого нового про Простір і Час: вони залишаються тими ж самими, окремими один від одного, нездатними змішатися інакше як через математичну вигадку, призначену символізувати фізичну істину. Бо цей Простір і Час, що взаємопроникають, не є Простором і Часом жодного реального фізика чи такого, що його уявляють. Реальний фізик робить виміри в системі, де він знаходиться, і яку він нерухомо фіксує, приймаючи її як систему відліку: Час і Простір там залишаються окремими, непроникними один для одного. Простір і Час взаємопроникають лише в системах, що рухаються, де реального фізика немає, де мешкають лише фізики, уявлені ним самим — уявлені на велике благо науки. Але ці фізики не уявляються реальними чи такими, що можуть бути: припустити їх реальними, приписати їм свідомість означало б зробити їхню систему системою відліку, перенестися туди самому й злитися з ними, у будь-якому разі оголосити, що їхній Час і Простір перестали взаємопроникати.

Таким чином ми довгим шляхом повертаємося до вихідної точки. Про перетворення Простору на Час і Часу назад на Простір ми просто повторюємо те, що вже сказали про множинність Часів, про послідовність і одночасність, що вважаються взаємозамінними. І це цілком природно, адже в обох випадках йдеться про те саме. Інваріантність виразу  $dx^2 + dy^2 + dz^2 - c^2 dt^2$  безпосередньо впливає з рівнянь Лоренца. А Простір-Час Мінковського та Ейнштейна лише символізує цю інваріантність, як гіпотеза множинності Часів і перетворення одночасностей у послідовності лише передає ці рівняння.

## РОЗДІЛ 10.

### Заключна заувага

Ось ми й дійшли кінця нашого дослідження. Воно мало стосуватися Часу та парадоксів щодо Часу, які зазвичай пов'язують із теорією Відносності. Тому воно обмежиться спеціальною відносністю. Чи залишаємося ми через це в абстракції? Звісно ні, і нам не довелося б додавати нічого істотного про Час, якби ми ввели в спрощену реальність, якою досі займалися, гравітаційне поле. Адже згідно з теорією загальної відносності, у гравітаційному полі вже не можна визначити синхронізацію годинників або стверджувати, що швидкість світла є сталою. Отже, строго кажучи, оптичне визначення часу зникає. Щойно захочеться надати змісту координаті «час», неодмінно доведеться

поставити себе в умови спеціальної відносності, за необхідності відшукуючи їх у нескінченності.

У кожний момент всесвіт спеціальної відносності є дотичним до Всесвіту загальної відносності. З іншого боку, ніколи не доводиться розглядати швидкості, порівнянні зі швидкістю світла, чи гравітаційні поля, що були б інтенсивними пропорційно. Отже, загалом, з достатньою точністю можна запозичити поняття Часу зі спеціальної відносності та зберегти його таким, яким воно є. У цьому сенсі Час належить до спеціальної відносності, як Простір — до загальної.

Однак час у спеціальній теорії відносності та простір у загальній теорії відносності мають різний ступінь реальності. Поглиблене дослідження цього питання було б надзвичайно повчальним для філософа. Воно підтвердило б радикальну відмінність природи, яку ми колись встановили між реальним Часом та чистим Простором, необґрунтовано вважаних аналогічними традиційною філософією. І, можливо, воно не було б без цікавості для фізика. Воно виявило б, що спеціальна теорія відносності та загальна теорія відносності не керуються цілком однаковим духом і не мають цілком однакового значення. Перша, до того ж, виникла в результаті колективних зусиль, тоді як друга відображає власний геній Ейнштейна. Перша приносить нам головним чином нову формулу для вже досягнутих результатів; вона є, у власному розумінні слова, теорією, способом представлення. Друга ж є по суті методом дослідження, інструментом відкриття. Але ми не маємо проводити між ними порівняння. Скажімо лише кілька слів про різницю між Часом першої та Простором другої. Це буде повернення до ідеї, неодноразово висловленої у цьому нарисі.

Коли фізик загальної теорії відносності визначає структуру Простору, він говорить про Простір, у якому фактично перебуває. Все, що він стверджує, він перевіряв би відповідними вимірювальними інструментами. Ділянка Простору, кривизну якої він визначає, може бути як завгодно віддаленою: теоретично він міг би туди перенестися, теоретично він дав би нам змогу спостерігати перевірку своєї формули. Коротше, Простір загальної теорії відносності має особливості, які не просто уявляються, але також можуть сприйматися. Вони стосуються системи, у якій мешкає фізик.

Але особливості часу, зокрема множинність Часів у спеціальній теорії відносності, не лише фактично недоступні спостереженню фізика, який їх постулює: вони принципово неперевірні. Тоді як Простір загальної теорії відносності є Простором, у якому ми перебуваємо, Часи спеціальної теорії відносності визначені так, щоб усі, крім одного, були Часами, у яких ми не перебуваємо. Ми не могли б там перебувати, бо ми приносимо з собою всюди, куди б не йшли, Час, який витісняє інші, як промінь світла, прикріплений до мандрівника, розганяє туман на кожному кроці. Ми навіть не уявляємо себе там, бо перенестися думкою в один із розширених Часів означало б прийняти систему, до якої він належить, зробити її своєю системою відліку: одразу цей Час стиснувся б і повернувся до Часу, який ми переживаємо всередині системи, Часу, який ми не маємо підстав вважати неоднаковим у всіх системах.

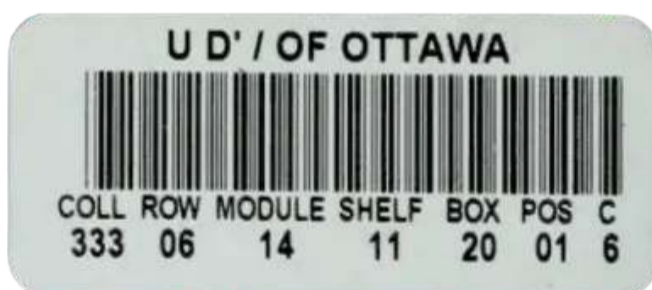
Отже, розширені та роз'єднані Часи є допоміжними Часами, вставленими думкою фізика між відправною точкою обчислення, якою є реальний Час, і кінцевою точкою, якою є той самий реальний Час. У ньому були взяті вимірювання, над якими проводяться операції; до нього застосовуються результати операції. Інші є проміжними ланками між постановкою задачі та її розв'язанням.



Фізик ставить їх усіх на один рівень, називає їх однаково, поводить з ними однаково. І він має рацію. Усі вони є вимірами Часу; і оскільки вимір речі, з погляду фізики, є самою цією річчю, усі вони повинні бути для фізика Часами. Але лише в одному з них — ми вважаємо,

що довели це — є послідовність. Лише один із них триває; інші не тривають. Тоді як той Час є часом, безсумнівно прив'язаним до довжини, що його вимірює, але відмінним від неї, інші є лише довжинами. Точніше, той Час є одночасно і Часом, і *«лінією світла»*; інші є лише лініями світла. Але оскільки ці останні лінії походять від подовження першої, і оскільки перша була приклеєна до Часу, про них скажуть, що це розширені Часи. Звідси усі Часи, у невизначеній кількості, у спеціальній теорії відносності. Їхня множинність, далеко не виключаючи єдність реального Часу, передбачає його.

Парадокс починається тоді, коли стверджують, що всі ці Часи є реальностями, тобто речами, які сприймають або могли б сприймати, які переживають або могли б пережити. Неявно припускали протилежне для всіх — крім одного — коли ототожнювали Час з лінією світла. Це суперечність, яку наша думка відчуває, коли не бачить її чітко. До того ж, вона не може бути приписана жодному фізику як фізику: вона виникає лише у фізиці, яка проголошує себе метафізикою. Наша думка не може змиритися з цією суперечністю. Помилково було приписати їй опір упередженості здорового глузду. Упередження зникають або принаймні слабшають під впливом роздумів. Але в даному випадку роздуми зміцнюють наше переконання і навіть роблять його непохитним, бо вони відкривають нам у Часах спеціальної теорії відносності — крім одного з них — Часи без тривалості, де події не могли б змінювати одна одну, речі існувати, а істоти старіти.

Старіння та тривалість належать до порядку якості. Жодна аналітична зусиль не розв'яже їх у чистій кількості. Річ залишається тут відмінною від свого виміру, який, до того ж, стосується Простору, що представляє Час, а не самого Часу. Але з Простором справа інша. Його вимір вичерпує його сутність. Цього разу особливості, виявлені та визначені фізикою, належать до самої речі, а не до погляду думки на неї. Скажімо краще: вони є самою реальністю; *річ* цього разу є *відношенням*. Декарт зводив матерію — розглянуту в мить — до протяжності: фізика, на його думку, досягала реального в тій мірі, в якій вона була геометричною. Дослідження загальної теорії відносності, паралельне тому, що ми зробили для спеціальної теорії відносності, показало б, що зведення гравітації до інерції було саме усуненням готових понять, що, втручаючись між фізиком та його об'єктом, між думкою та відносинами, що становлять річ, перешкоджали тут фізиці бути геометрією. У цьому плані Ейнштейн є продовжувачем Декарта.



З подякою  Archive.org та Університету Оттави,  Канада, за надання фізичної копії першого видання в інтернеті. Відвідайте їхній філософський факультет на [uottawa.ca/faculty-arts/philosophy](http://uottawa.ca/faculty-arts/philosophy)



# CosmicPhilosophy.org

<https://ua.cosmicphilosophy.org/>

*Надруковано 22 листопада 2025 р.*

Наші інші проекти:

- ▶ [GMODebate.org](https://gmodebate.org/): Проект, що досліджує філософські основи евгеніки, сциєнтизму, руху «емансипації науки від філософії», антинаукового нарративу та сучасних форм наукової інквізиції.