

## ШВИДКІСТЬ СВІТЛА- ПЕРША ФУНДАМЕНТАЛЬНА КОНСТАНТА

*Ст. А.В. Новикова*

*Кер. К.О. Мінакова*

*Національний технічний університет «ХПІ»*

Серед невдач Галілея одна настільки повчальна, що язик не повертається назвати її невдачею.

У своїй останній книзі Галілей розповів про спробу виміряти швидкість світла, і, судячи з усього, приводом для відкриття стала спроба вимірювання іншої швидкості- швидкості звуку. Це, звичайно, «дві великі різниці». Почувши відлуння свого голосу, легко зрозуміти, що звук повернувся через маленький, але помітний час, і, це означає, що він поширюється не миттєво, а з якоюсь, нехай і великою швидкістю. Однак в повсякденному житті немає ніяких ознак того, що і світлу потрібен якийсь час на подорож від джерела світла до освітленого предмета. Аристотель підвів філософські висновки: «світло - це присутність чогось, а не рух чого-небудь». Так само думали і все колеги-сучасники Галілея. Він першим вжив вислів «швидкість світла».

Миттєвість - або нескінченна швидкість-світла передбачалась і в перших вимірах швидкості звуку. Спостерігаючи здалеку постріл гармати і вважаючи, що спалах пострілу бачать негайно, вимірювали час між спалахом і звуком пострілу. Розділивши відстань до гармати на цей час, визначили, що швидкість звуку-близько 500 метрів в секунду (що всього в півтора рази більше істинного значення).

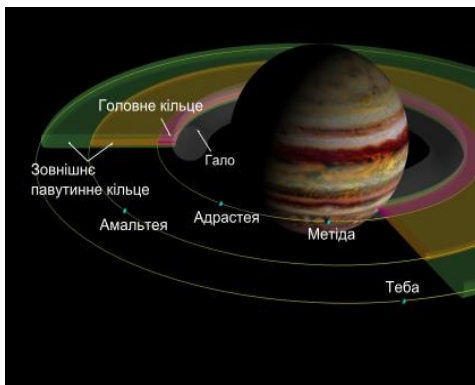
Галілей, однак, вважав, що миттєвість світла - лише гіпотеза, і придумав, як її перевірити. Для цього потрібні дві людини з ліхтарями, які можна відкривати і закривати зараз би сказали: вмикати і вимикати. Спочатку вони, перебуваючи поблизу, тренуються вмикати ліхтар, побачивши світло іншого ліхтаря. Потім розходяться на велику відстань. Перший вмикає ліхтар,



побачивши світло якого, вмикає свій ліхтар другий. І перший вимірює час від моменту, коли він вимкнув свій ліхтар, до моменту, коли побачив світло другого ліхтаря. За цей час світло пройшло шлях туди і назад. «Якщо другий ліхтар відкриється так само швидко, як і поблизу, - пише Галілей, значить, світло доходить миттєво, а якщо світлу потрібен час, то відстані в три милі вистачило б, щоб виявити затримку». Судячи зі слів Галілея, він виконав такий досвід лише на відстані однієї милі і затримку не помітив. І все ж висловив здогад, що світло поширюється не миттєво, хоч надзвичайно швидко.

Батько сучасної фізики не пояснив, чому трьох миль вистачило б, щоб виявити немиттєвість світла. Якщо мінімальним проміжком часу злічити один удар пульсу, то виконаний їм досвід означав, що світло пройшло дві милі за час, менше секунди, тобто зі швидкістю, як мінімум в 10 разів більшою за швидкість звуку. А якби затримки не виявилися і на відстані 10 миль, то це означало б, що швидкість світла як мінімум в 100 разів більше швидкості звуку. Галілей не винен, що насправді швидкість світла більше швидкості звуку в мільйон разів.

Якби він це запідозрив, то міг би збагнути, що земних миль для його досвіду не вистачить, і згадав би відкриті їм супутники Юпітера. Адже, обертаючись, супутник грає роль ліхтаря, який відкривається, виходячи тіні Юпітера, і закривається, заходячи в його тінь. Звичайно, для досвіду Галілея такий ліхтар не годиться, що відкривається без будь-якої команди через рівні інтервали часу. Але досвід можна змінити, помітивши, що земний спостерігач не сидить на місці, навіть вдивляючись в телескоп: разом з телескопом і з планетою Земля він рухається навколо Сонця. Коли спостерігач наближається до Юпітера, кожен наступний «схід»



супутника спостерігається раніше «графіка» (усередненого), тому що першого променя від супутника треба пройти меншу відстань до Землі. Перший промінь прибуде раніше на частку періоду, пропорційну

швидкості Землі і обернено пропорційну швидкості світла. Значить, швидкість світла можна вирахувати, вимірюючи випередження (або запізнювання) сходу супутника Юпітера.

До такого способу сам Галілей не додумався, хоча в його душі були земні застосування астрономії, і додаток земної фізики до розуміння небесних явищ. Він же запропонував використовувати телескоп в земній досвіді по вимірюванню швидкості світла. А відкривши супутники Юпітера вимірявши періоди їх обертання, розгледів в цьому небесний годинник «з боем» в момент сходу кожного супутника. Такі годинники, доступні всім (у кого є телескоп), висновки Галілея, можна використовувати для визначення географічної довготи. А це було життєво важливо для далекого мореплавства і економіки.

Так що батько сучасної фізики не тільки винайшов її, а й продемонстрував взаємозв'язок науки, техніки і економіки.

У фізиці Галілея проявилось хитра взаємодія теорії і експерименту в пошуку фундаментальних законів природи. Зрозуміло, як важливо перевіряти закон зі все більшою точністю. Однак нерідко мала точність вимірювань допомагала робити відкриття. Наприклад, найважливіший для Галілея закон про те, що період коливань маятника не залежить від амплітуди коливань, виконується тим точніше, чим менше амплітуда. Тому, якби Галілей перевіряв цей закон не своїм пульсом, а дуже точним хронометром, йому було б важче.

Аналогічно- з супутниками Юпітера. Вимірявши їх періоди обертання, Галілей залишив їх подальше вивчення астрономам. Залишив він їм у спадок і свою ідею використовувати ці супутники в якості універсальних годинників для визначення довготи. Для цього потрібно знати періоди обертання супутників, або розклад їх затемнень, як можна точніше, чим астрономи і зайнялися, коли прагнули досягти власної їм астрономічної точності. Через тридцять років після смерті Галілея астрономи накопичили достатню кількість спостережень, щоб виявити дивну нерівномірність ходу космічних годин. Період обертання супутника іноді був коротше, іноді довше. У цій нерівномірності виявилася своя закономірність: коротше період ставав, коли Земля наближалася до Юпітеру, а довше коли віддалялась. Тоді-то астрономи, які вивчали галілейські супутники, згадали про впевненість Галілея в тому, що світло поширюється з величезною, але кінцевою швидкістю. Поєднавши спостереження періодів супутників зі знанням планетних рухів, вони отримали вперше величину швидкості світла-220 тисяч

кілометрів на секунду, що було близько до істинної величиною близько 300 тисяч кілометрів на секунду.

Таким чином, інтуїція Галілея, як не дивно, виправдалася. А це дуже дивно. Адже не було ніяких спостережуваних свідочств на користь кінцевої швидкості світла. І видатні сучасники Галілея Кеплер і Декарт, які займалися наукою про світло, вважали швидкість світла нескінченної. Чому Галілей виявився більш прозорливим за своїх колег? Тому що був генієм і фундаментальним фізиком. Розмірковуючи про швидкість світла, Галілей бачив весь світ фізичних явищ і вірив в глибинну єдність цього світу. Знаючи, що сонячне світло, зібраний в увігнутому дзеркалі, здатний розплавити свинець, він зіставив цю «шалену» дію світла з розрядом блискавки і вибухом пороху, які «супроводжуються рухом і до того ж дуже швидким». І дійшов висновку: «Тому я не уявляю собі, щоб дія світла обходилося без руху, до того ж найшвидшого». Галілей був упевнений, що Книга Природи «написана на мові математики», але знав, що зміст цієї книги-фізика. Тому, слухаючи свою інтуїцію, він не вірив їй на слово, а придумував, як перевірити її найнадійнішим для фізика шляхом-вимірювальними експериментами. Зі світлом йому це не вдалося, але він зміг подарувати фізиці саму ідею кінцевої швидкості світла. Ця ідея, завдячує іншому подарунку -галілейським супутникам Юпітера, стала достовірним фактом науки лише через декілька десятиліть після його смерті, на самому початку його безсмертної слави.

Чи здогадувався Галілей, що швидкість світла фундаментальна константа природи, яка причетна до будь-якого фізичного явища, навіть протікає в кромішній тьмі? Наука відповіла на ці питання три століття по тому, після кількох драматичних переворотів фундаментальної фізики, пов'язаних з іменами Ньютона, Максвелла і Ейнштейна. Залишається лише дивуватися, що винахідник фундаментальної фізики відкрив шлях і до першої фундаментальної константи в історії фізики.

1. Горелик. Г.С. Нові слова науки- від маятника Галілея до квантової гравітації Бібліотечка Квант випуск 127. Додаток до журналу "Квант" № 3/2013

2. <https://subject.com.ua/physics/cholpan/123.html>

3. <https://naurok.com.ua/vimiryuvannya-shvidkosti-svitla-39276.html>