

Натисніть тут, щоб

**КУПИТИ КНИГУ НА САЙТІ**

або

**замовляйте по телефону:**

(0352) 28-74-89, 51-11-41

(067) 350-18-70

(066) 727-17-62

КЛАСИКИ ПОПУЛЯРИЗАЦІЇ НАУКИ  
Країна Перельманія

Я.І. Перельман

# **ЗАХОПЛЮЮЧА ФІЗИКА**

## **Книга 1**

Переклад з російської мови, передмова,  
примітки та загальна редакція  
В.О. Тадеєва



ТЕРНОПІЛЬ  
НАВЧАЛЬНА КНИГА — БОГДАН

*Серію «Класики популяризації науки» засновано 2007 року.*

**Перельман Я.І.**

П27 Захоплююча фізика . Кн. 1 / Я.І. Перельман ; пер. з рос. В.О. Тадєєва ; за ред. В.О. Тадєєва. — Тернопіль: Навчальна книга – Богдан, 2017. — 392 с. : іл. — Серія «Класики популяризації науки».

ISBN 978-966-10-4709-8

«Захоплююча фізика» Я. І. Перельмана — одна з найцікавіших книг про фізику в історії людства. Автор працював над нею понад чверть століття, постійно вдосконалюючи для кожного наступного видання. Востаннє за життя Я.І. Перельмана книга вийшла 13-м виданням у 1936 р., однак відтоді не тільки не втратила своєї принадності, а й набула нових рис — своєрідного історичного документа тієї епохи — епохи великих подвижників і романтиків у науці та освіті.

Книга перекладена багатьма мовами світу, однак ніколи не виходила у повному обсязі, оскільки автор постійно додавав до неї нові сюжети і вилучав ті, які вважав застарілими. Траплялися й цензурні втручання та «корекції». Цей український переклад є першим повним виданням, у якому зібрано все, що коли-небудь виходило під заголовком «Захоплююча фізика» Я.І. Перельмана. Він присвячується 100-літньому ювілею книги.

Книга містить цікаві розповіді, хитромудрі запитання, досліді, парадокси й головоломки із царини фізики. Своім неймовірним успіхом у читача вона зобов'язана рідкісному таланту автора демонструвати фундаментальні фізичні закономірності на простих і буденних явищах та найпростіших технологічних процесах. Неабияке значення мають і численні ілюстрації з історії наукових відкриттів, а також вдало підібрані уривки з творів художньої літератури.

Видання зацікавить усіх, хто хоче мати правдиве уявлення про фізику, зокрема, отримати переконливі свідчення про можливість її практичного застосування та довідатися про її значення для духовного й культурного життя людини. Насамперед рекомендується учням та студентам як додатковий посібник для неформального опанування цієї науки.

ББК 22.1я72

*Охороняється законом про авторське право.*

*Жодна частина цього видання не може бути використана чи відтворена в будь-якому вигляді без дозволу автора чи видавництва*

# СТО ЛІТ БЕЗ СТАРОСТІ

(Передмова редактора й перекладача)

Якщо хочете, то шлях наукового прогресу — це шлях від цікавості й допитливості до знаттєлюбності.

*Я.І. Перельман<sup>1)</sup>*

У сузір'ї науково-популярних книг Якова Ісидоровича Перельмана найяскравішою, подвійною зіркою сіяє його «Захоплююча фізика». Ця книга — єдина в доробку великого популяризатора, яка виходила у 2-х частинах. Вона й з'явилася першою — у 1913 р., тобто понад 100 років тому. І дивна річ, незважаючи на свій поважний вік, ще й досі залишається не тільки захоплюючою, а й бездоганною з наукового погляду. Воістину — сто літ без старості! К.Е. Ціолковський, який високо цінував внесок Я.І. Перельмана в популяризацію космічних ідей, усе-таки частіше з любов'ю називав його автором «Захоплюючої фізики».

Тепер важко повірити, що знаменитий книговидавець П.П. Сойкін (1862–1938) довго не наважувався видавати «Захоплюючу фізику», а в бесіді з автором застерігав:

Що за дивна назва — «Захоплююча фізика»? Хіба фізика, наука строга, може бути захоплюючою? А підзаголовок зовсім зіб'є читача з пантелику: «Сто сорок парадоксів, задач, дослідів, витівчатих запитань і таке інше». Чи не здається вам, що ви замахнулися на освячені віками шкільні традиції? Вапа «Захоплююча фізика», як стій та дивись, ще стане викликом гімназійній фізиці. Поміркуйте над цим, Якове Ісидоровичу, адже проти вас можуть ополчитися не тільки вчителі фізики, а й пани з міністерства освіти...

Що ж відповів тоді маститому видавцеві автор-початківець?

Запевняю вас, Петре Петровичу, — дещо конфузливо відповів Перельман, — фізику можна подати й інакше, ніж у казенних підручниках, а саме — захоплюю, живо й притому без жодної шкоди для наукового підґрунтя. Сподіваюся, що, прочитавши рукопис, ви в цьому самі переконаєтесь.<sup>2)</sup>



Я.І. Перельман



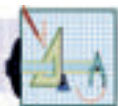
П.П. Сойкін



О.Д. Хвольсон

<sup>1)</sup> Джерело: Мишкевич Г. И. Дом занимательной науки // Наука и жизнь, 1968, № 3, с. 72.

<sup>2)</sup> Мишкевич Г. И. Доктор занимательных наук (Жизнь и творчество Якова Исидоровича Перельмана). — М.: Знание, 1986, с. 31.



Так воно й сталося, і вже після 2-го видання «Захоплюючої фізики» у 1916 р. ця книга була:

*Посилено рекомендована для учнівських бібліотек старших класів середніх шкіл (Постанова навчально-виховного комітету Педагогічного музею військово-навчальних закладів);*

*Визнана такою, що заслуговує на увагу при поповненні бібліотек сільськогосподарських навчальних закладів (Постанова ученого комітету Міністерства землеробства);*

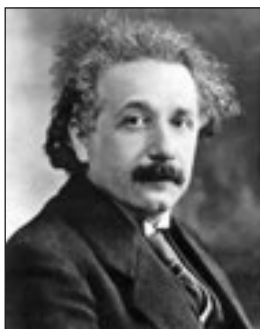
*Рекомендована для учнівських бібліотек старших класів середніх навчальних закладів (Постанова відомства установ імператриці Марії);*

*Схвалена для учнівських бібліотек духовних семінарій та єпархіальних училищ (Постанова навчального комітету св. Синоду)<sup>1)</sup>.*

«Захоплюючу фізику» з ентузіазмом вітали навіть професійні фізики-теоретики. Зокрема, пафосну рецензію на неї написав професор Петербурзького університету й автор широковідомого на той час 4-томного академічного «Курсу фізики» Орест Данилович Хвольсон (1852 – 1934). У його рецензії, зокрема, зазначалося: «Справді захоплююча книга, цікава навіть для спеціалістів із фізики. У ній зібрано багатий і різноманітний матеріал, виклад зрозумілий та правильний». А в усній бесіді з автором О.Д. Хвольсон сказав: «Вашу книгу прочитав з величезним задоволенням; вона чудова, з якого боку не підійди. Я старий фізик, курс в університеті читаю ось уже майже сорок років, однак, зізнаюся, й гадки не мав, що цей предмет можна так захопливо викласти».<sup>2)</sup>



Пауль Еренфест



Альберт Ейнштейн



Осип Димов

Про «Захоплюючу фізику» Я.І. Перельмана тепло відгукувався відомий австрійський фізик-теоретик Пауль Еренфест (1880–1933), а також славетний Альберт Ейнштейн, якому Еренфест про неї повідомив<sup>3)</sup>. Старший брат Якова Ісидоровича Осип, письменник, драматург, кіносценарист і критик, відомий в літературних колах під псевдонімом Осип Димов, у своїх спогадах, опублікованих у середині 40-х років ХХ ст., згадував:

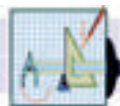
Я пам'ятаю, як професор Ейнштейн, коли я з ним зустрівся у Берліні, з повагою і подивом зауважив: «Ви брат Якова Перельмана?!».<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> Перельман Я. И. Занимательная физика. Книга вторая. Изд. 2-е. — Петроград: Утро жизни, 1918, с. VIII.

<sup>2)</sup> Мишкевич Г. И. Цит. вище книга «Доктор занимательных наук», с. 33–34.

<sup>3)</sup> Пауль Еренфест був одружений на росіяниці Т.А. Афанасьєвій (1876 – 1964) і з 1907 по 1912 рр. проживав у Росії. Тому він був добре обізнаним з культурним життям цієї країни.

<sup>4)</sup> Осип Дымов. Вспомнилось, захотелось рассказать... Из мемуарного и эпистолярного наследия. В 2-х тт. Т. 1: То, что я помню / Пер. с идиша М. Лемстера. Общая ред., вступ. статья и коммент. В. Хазана. — Jerusalem: The Hebrew University of Jerusalem; Center of Slavic Languages and Literatures, 2011, с. 360.



Так само захоплено відгукувалися про «Захоплюючу фізику» й пересічні читачі — учні, батьки, вчителі, інженери, діячі культури. У мережі Інтернет можна знайти чимало відгуків теперішніх читачів, які закінчуються на взір: «Ось як потрібно викладати фізику! Чому в нас немає таких підручників? Як шкода, що ми раніше не чули про цю книгу!».

Розповім про свій власний досвід першого знайомства із «Захоплюючою фізикою». На початку далеких уже 1970-х років я вступав до фізико-математичної школи-інтернату при Київському університеті (тоді це була єдина в Україні і одна з чотирьох в СРСР спеціалізованих фізико-математичних шкіл, тепер — Український фізико-математичний лицей Київського університету). У ті часи відбір на навчання у школі провадився під час літніх місячних зборів абітурієнтів, які з'їжджалися до Києва з усієї України (а також із Молдови) у супроводі представників обласних відділів освіти. Проживали ми тоді у великих палатах (на 15–20 ліжок) спального корпусу інтернату. Тоді це сприймалося абсолютно нормально і, здається, навіть неабияк сприяло нашому розвитку, особливо тих, хто приїхав з далеких сіл та малих містечок. Адже ділилися всім, і в першу чергу книгами. В одного з абітурієнтів виявилася «Захоплююча фізика» Перельмана. Яким чином пішов розголос про неї, вже не пам'ятаю. Однак невдовзі на кожен день уже склалися дві черги на двогодинне читання 1-ї і 2-ї частин. Ось ці дві години на день для багатьох із нас тоді стали справжнім одкровенням, хоча у традиційній «шкільній» фізиці ми слабаками не були.

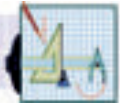
Щиро раджу кожному читачеві, кому потрапить до рук ця книга, якомога швидше почати її читати. Почніть з будь-яких 2–3-х сюжетів, ліпше з різних розділів. Далі «задавати додому» вже не буде потреби: ви самі із захопленням читатимете все нові й нові розповіді. Найгострішим відчуттям, яке можу гарантувати кожному, буде здивування. Здивування від того, що у вас немовби розплющуються очі і ви почнете помічати багато з того, що начебто було перед очима й раніше, однак ви його по-справжньому «не бачили», бо не ставали на точку зору справжньої, живої, а не завченої фізики. Ви гадали, що фізика — це тільки те, що написано у шкільному підручнику, а виявляється — ось вона, довкола вас, і одна й та сама, що під мікроскопом, що в далеких космічних просторах. За незчисленими проявами — одні й ті самі закони, жодної сваволі чи випадковості!

Вас вразить величезна кількість різноманітних застосувань фізичних закономірностей у технічних пристроях і технологічних процесах, у побуті, у спостереженнях за природою і в розвагах. А ще приємно здивує вибрана автором форма короткого, яскравого, образного, майже імпресіоністського оповідання, з тенденцією до одухотвореного, на межі з містичним сприйняттям навколишнього світу. Нарешті, особливою «фішкою» усіх науково-популярних книг Перельмана є використання в них сюжетів із художньої літератури. Ніхто ні раніше, ні пізніше не використовував цей прийом так влучно й так майстерно, як він. А «Захоплююча фізика» містить справжнє розсипище цих перлин. Тут ви зустрінете уривки з творів Ломоносова, Пушкіна, Чехова, Некрасова, Крилова, Салтикова-Щедріна, Сирано де Бержерака, Діккенса, Едгара По, Джерома, Купера, Марка Твена, Жуля Верна, Герберта Веллса, Курта Ласвіца та інших авторів. Майже в усіх випадках для уривків із класичних творів нам удалося віднайти мистецькі українські переклади.

\* \* \*

Не буду далі агітувати читача за книгу, яка зараз знаходиться у нього перед очима. Скажу лише про структуру цього ювілейного українського видання та підготовку його до друку.

Видання існує у двох варіантах — базовому і розширеному. Одразу після цієї передмови у розширеному варіанті вміщено розлогий біографічний нарис (168 с.) про автора кни-



ги Я.І. Перельмана. Цей нарис істотно відрізняється від усього, що досі в зібраному вигляді публікувалося про життєвий і творчий шлях великого популяризатора. Насамперед — обсягом залучених першоджерел. Перша його частина значною мірою ґрунтується на мало-відомих спогадах старшого брата Якова Ісидоровича — письменника Осипа Димова, що стали доступними для широкого наукового загалу лише у 2011 р., а друга — на нашому аналізі сорокарічної журналістської діяльності Я.І. Перельмана, яка була основним поста-чальником сюжетів для його книг.

Після біографічного нарису в розширеному варіанті подаються передмови автора до усіх прижиттєвих видань «Захоплюючої фізики», а також передмови редакторів по-воєнних видань, що побачили світ уже після передчасної смерті автора у блокадному Ленінграді. Ці передмови теж певною мірою відображають столітню історію книги, а також прочиняють двері до творчої лабораторії великого майстра популяризації.

Основне ж ядро видання, спільне для базового та розширеного варіантів, — це, звісно, наш новий переклад «Захоплюючої фізики». З його підготовкою були неабиякі труднощі. Я.І. Перельман писав свою книгу впродовж 25 років, видозмінюючи її від видання до видання: одні сюжети вилучалися, інші додавалися, ті розширювалися, а ті скорочувалися. У передмові до останнього 13-го прижиттєвого видання (1936 р.) зазначалося, що в ньому від тексту першого видання (1913 р.) збереглася заледве половина, а від ілюстрацій — майже жодної. Автор постійно «освіжав» книгу новими ідеями і сюжетами, а тому йому постійно доводилося вилучати менш цікаве або менш актуальне. Однак вилучене теж мало свою цінність. Примітно, що знавці та ерудити частенько посилаються на ті матеріали із «Захоплюючої фізики», які публікувалися у перших (тепер уже рідкісних) виданнях і яких немає в останніх виданнях. Усі такі матеріали ми повністю відновили. Відновлювалися й окремі фрагменти та деталі, які можна було б умовно віднести до аранжування і які пізніше з різних причин (у пізніші радянські часи — найчастіше з ідеологічних) вилучалися. Ось декілька прикладів.

**Приклад 1.** Лише у 1-у виданні розповідь про планерні властивості насіння індійсько-го жасмину (сюжет «Безмоторне літання у рослин» у розділі 3), котре, натрапивши під час лету на перешкоду, не втрачає рівноваги й не падає, а плавно спускається долу, завершувалася непідробним захопленням автора: «Скількох нещастя можна було б уникнути, якби наші аероплани мали оттаку автоматичну стійкість у повітрі!».

**Приклад 2.** Лише у виданнях 1–5 у сюжеті «Швидше за Сонце та Місяць» (розділ 1) мимохідь зазначалося, що для пасажира швидкісного автомобіля Сонце може, як колись для Ісуса Навіна, зупинитися й нерухомо висіти у небі.

**Приклад 3.** Лише у виданнях 1–7 у кінці 1-го абзацу сюжету «Зелений промінь» (розділ 8) містилася фраза «Якщо в Раю існує зелений колір, то, звісно, він не може мати іншого відтінку, як саме такого, — істинного зеленого кольору надії».

Словом, узявшись за підготовку цього ювілейного видання до 100-річчя книги, ми поставили собі за мету створити літературний пам'ятник, зібравши під одними палітурками все, що будь-коли публікувалося під заголовком «Захоплююча фізика» — від 1-го видання 1913 р. до 23-го видання 1991 р.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> 23-є видання російською мовою було останнім за часів СРСР. У 1991 – 2015 рр. «Захоплююча фізика» видавалася в Росії багато разів і різними видавництвами. Однак майже усі ці видання були лише передруками останніх радянських видань (а подекуди й скороченими), обгорнутими в сучасні барвисті обкладинки. Тому особливого інтересу в нас вони не викликали. Єдиним відомим нам винятком став передрук перших видань обох книг «Захоплюючої фізики» відповідно 1913 і 1916 рр. московським видавництвом «Римис» — у 2009 і 2015 рр. (Книга 1: 208 с.; Книга 2:



У зв'язку із цим після основного ядра книги у розширеному її варіанті подаються ще й ґрунтовні «Примітки редактора щодо трансформації змісту 1-ї книги „Захоплюючої фізики”» (120 с.), у яких для кожного сюжету вказується видання, в якому він уперше з'явився, коли вилучався, якщо таке траплялося, а також усі істотні відмінності, що зустрічаються у різних виданнях — як стосовно тексту, так і стосовно ілюстрацій. Звісно, ця частина книги адресується вужчому колу читачів, яких цікавлять загальні питання генезису змісту й стилістики науково-популярної книги і книг Я.І. Перельмана зокрема, питання методики навчання природничих дисциплін, історії науки та освіти.

Інколи редактори повоєнних видань уносили корективи в авторський текст — найчастіше у формі приміток, невеличких доповнень або вилучень (траплялися й політико-ідеологічні «корекції»). Щодо приміток, то вони подаються в основному тексті з прямою вказівкою редакторів, які їх робили. Усі інші редакторські втручання зазначаються або коментуються у «Примітках редактора щодо трансформації змісту...».

Крім приміток попередніх редакторів, в основному тексті додано доволі багато приміток і редактора цього видання. Вони позначаються як *Прим. ред.* У них подаються короткі додаткові відомості про згадуваних у тексті вчених та інших видатних постатей (редактором додано і їхні портрети; в оригінальних виданнях портрети не подавалися), відомості про їхні праці та основні здобутки. У примітках редактора подаються також тлумачення деяких застарілих слів, одиниць вимірювання тощо. На відміну від приміток усіх редакторів, примітки автора книги Я.І. Перельмана позначаються як *Прим. авт.*

Окрім портретів, редактором долучені в деяких місцях основного ядра й додаткові сюжетні ілюстрації. На відміну від оригінальних ілюстрацій, вони не нумеруються, і за цією ознакою їх легко розпізнати. Усі відібрані для основного ядра ілюстрації наші художники перевели із чорно-білого формату в кольоровий.

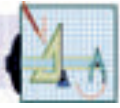
Розподіл змісту «Захоплюючої фізики» по обох її книгах від видання до видання майже не змінювався. Траплялися лише поодинокі випадки, коли окремі сюжети переносилися з однієї книги в іншу (усі вони зазначені в наших примітках). За основу для розподілу сюжетів у книгах цього видання взято такий принцип: кожен сюжет як правило подається у тій книзі і в тому місці, де він розміщувався в останній прижиттєвій публікації (лише в одному-двох випадках ми змушені були відступити від цього правила). За такого підходу абсолютно інваріантним залишився розподіл змісту останнього прижиттєвого та усіх повоєнних видань. Тому кожному охочому, хто візьме яке-небудь повоєнне видання і захоче швидко з'ясувати, які саме сюжети у нашому виданні додаються зі старіших прижиттєвих видань, це дуже легко буде зробити.

«Захоплююча фізика» раніше уже декілька разів видавалася українською мовою. Вперше — ще у 1925 р. (в перекладі П.Т. Дідусенка з 5-го російського видання: Державне видавництво України). Це був узагалі перший переклад праці Я.І. Перельмана іншою мовою (сам автор неодноразово зазначав це у своїх передмовах до російських видань), і цим ми можемо заслужено пишатися. Цей переклад ще містив ті глибинні мовні барви, які, на жаль, майже втрачені в лексиці сучасної української навчальної книги. Видання вирізнялося й чудовим поліграфічним виконанням, яке можна було б узяти за взірець навіть багатьом теперішнім видавцям. Однак у ньому був істотний недолік: воно було скороченим — настільки, що дві книги російського видання вмістилися в одну українського. Вилучалися як цілі сюжети, так і окремі фрагменти.

---

256 с.). Окремі ілюстрації у цих виданнях дуже вдало відреставровані і стилізовані (хоча деякі й спотворені або замінені).





Друге українське видання виходило у 1935 р. (переклад з 11-го російського Кулініча (ініціали перекладача не вказувалися), Київ–Одеса: видавництво «Молодий Більшовик»). Воно вже було повним і друкувалося у 2-х книгах. Лексика й фізична термінологія у ньому майже сучасні, хоча окремі мовні звороти все ще тішать слух своєю первозданною мелодикою.

Нарешті, 3-є українське видання вийшло друком у 1950 р. (переклад М. Матійка, Київ: Держтехвидав України). Як і перше, воно було скороченим і «втиснуте» в одну книгу. Однак ще більшою його вадою було те, що цей переклад було зроблено з 2-го повоєнного (а загалом 15-го) російського видання 1949 р., яке зазнало найбільшої ідеологічної «чистки»; зокрема з авторського тексту були вилучені майже всі вказівки на внесок у науку зарубіжних учених XIX–XX ст.<sup>1)</sup> Ще одним недоліком цього перекладу були часті русизми й невластиві для української мови «кальки» з російської. Однак видання мало великий наклад — 20 000 примірників — і його ще й досі можна знайти навіть у невеликих бібліотеках, тим часом як перші два українські видання давно стали бібліографічною рідкістю. Після 1950 р. «Захоплююча фізика» Я.І. Перельмана більше жодного разу українською мовою не видавалася. У своїй роботі над новим перекладом ми постійно звірялися з усіма попередніми українськими виданнями, добираючи кращих перекладацьких рішень.

Сподіваємося, що нове видання «Захоплюючої фізики» Я.І. Перельмана українською мовою, з усіма зазначеними удосконаленнями, буде поціноване читачами як достойне відзначення 100-літнього ювілею цієї унікальної книги, й відтепер настане її друга молодість, на яку вона, без сумніву, заслуговує. Що ж до можливої перестороги що, мовляв, зміст «Захоплюючої фізики», мабуть, уже застарів, відповімо словами самого Я.І. Перельмана, які він сказав з приводу романів свого улюбленого письменника Жуля Верна. У ювілейній статті, присвяченій 100-літтю від дня його народження, Я.І. Перельман писав: «Було б дивно, якби наукові романи, написані десятиліття тому... не містили жодних помилкових даних: це означало б, що наука за такий тривалий час не пішла вперед!.. Незважаючи на певну застарілість наукового матеріалу романів Жуля Верна, вони й досі зовсім не втратили свого освітнього значення»<sup>2)</sup>. Крім цього, не забуваймо, що, за дивовижним законом, цінність великих творів не підвладна часу, і навіть «Фізика» Аристотеля, яка була написана ще у III ст. до н. е., досі не втратила своєї принадності. Через порівняння з минулим, ці твори спонукають до глибшого розмірковування над сучасним.

\* \* \*

Користуючись з нагоди, висловлюю щире вдячність за безкорисливу моральну та інформаційну допомогу в підготовці цього видання колишньому редакторові 21–23-го видань «Захоплюючої фізики» (1982, 1986 і 1991 рр.), а нині провідному науковому співробітнику Лабораторії рентгенівської астрономії Сонця Московського Фізичного інституту ім. П.М. Лебедева Олександрові Вікторовичу Митрофанову. Незмірно вдячний також професору-славісту з Єрусалимського університету Володимирі Іллічу Хазану за надіслане відредаговане ним рідкісне («єрусалимське») видання спогадів брата Я.І. Перельмана — письменника Осипа Димова, а також за додаткові консультації і фотоматеріали.

*В. О. Тадеєв*

<sup>1)</sup> На цьому тлі майже як наруга тепер сприймається маскувальне повідомлення «ВІД ВИДАВНИЦТВА», розміщене після передмови: «Г'ятнадцяте видання випускається без істотних змін. Внесено лише декілька незначних виправлень, що стосуються застарілих прикладів». Тільки через 10 років, у 16-у виданні 1959 р., були відновлені авторські тексти.

<sup>2)</sup> Перельман Я. Жюль Верн. К столетию со дня рождения // Вокруг света (Москва), 1928, № 2, с. 45.



## РОЗДІЛ ПЕРШИЙ

# ШВИДКІСТЬ. ДОДАВАННЯ РУХІВ

## ЯК ШВИДКО МИ РУХАЄМОСЯ?

Від природи людина має здатність розвивати лише доволі скромну швидкість пересування: пересічний пішохід долає за секунду близько 1,5 м. Це трохи швидше, ніж рухається вода у більшості рівнинних річок, однак повільніше від помірного вітру (2 м за секунду, або близько 7 км за годину).

Наш недавній зарубіжний гість, французький спортсмен Жуль Лядумег, який у 1934 р. продемонстрував москвичам свою майстерність з бігу, здобув світову славу тим, що встановив неперевершений рекорд зі швидкості бігу: дистанцію 1 км він пробіг за 2 хвилини і 23, 6 секунди! Для порівняння зі звичайною швидкістю пішохода —  $1\frac{1}{2}$  м/с — потрібно виконати невеличке обчислення; тоді з'ясується, що Лядумег пробігав за секунду 7 м. Втім, ці швидкості не цілком порівняльні: пішохід може ходити довго, годинами, долаючи по 5 км за годину, а спортсмен здатний підтримувати високу швидкість свого бігу лише упродовж декількох хвилин. Піхотна військова частина пересувається бігом утричі повільніше від рекордсмена; вона долає 2 м за секунду, або трохи більше 7 км за годину, — однак має перед спортсменом ту перевагу, що може здійснювати значно більші переходи.

Цікаво порівняти нормальну ходу людини зі швидкістю таких повільних тварин, як слимак та черепаха, що увійшли в прислів'я. Слимак цілком виправдовує репутацію, яку йому приписує прислів'я «Слимак їде — коли-то буде!»<sup>1)</sup>: він долає лише 1,5 мм за секунду, або близько  $5\frac{1}{2}$  метрів за годину — рівно у тисячу разів менше ніж людина! Інша класично повільна тварина, черепаха, не надто переганяє слимака: її звичайна швидкість — 70 метрів за годину.

Прудка поряд зі слимаком і черепахою, людина постає перед нами у новому світлі, якщо зіставити її рух з іншими, навіть не дуже швидкими ру-

<sup>1)</sup> Це — дослівний переклад з російської: «Улита едет — когда-то будет». В українській мові цьому прислів'ю відповідають інші форми: «Поки сонце зійде, роса очі виїсть», «Поки баба пече книші, у діда не буде душі» тощо. Однак для образної ілюстрації фізичного руху вони не придатні. — *Прим. ред.*

хами в навколишній природі. Навіть з мухою, яка під час спокійного лету долає 5 м за секунду (отже, утричі меткіша від пішохода, а коли її ганяти, то може перегнати не лише людину, а й коня на скаку), людина може успішно змагатися хіба що на лижах. Зайця або мисливського собаку людина не пережене, навіть на коні кар'єром. А змагатися зі швидкості з орлом вона може лише на літаку.

Узагалі, допомога створених людиною машин відносить її до когорти найпрудкіших істот природи. Цікаво, що на суші людина може рухатися швидше, ніж на воді. Легкий крейсер пересувається зі швидкістю близько 75 км на годину. Водночас за кордоном тепер існують електропоїзди, які долають на рейках 175 км за годину, а вагони удосконаленої конструкції досягають навіть швидкості 206 км за годину. У нас в СРСР розроблена (інженерами О.Д. Полуяном та М.М. Івановим<sup>1)</sup>) конструкція надшвидкісного поїзда (автомотриси), яка дасть змогу на звичайній рейковій колії досягти швидкості 250 км за годину (рис. 1)<sup>2)</sup>. Ще далі у цьому напрямку просувається автомобіль: на змаганнях він показав небачений результат — 435 км за годину. Власник цього автомобіля, названого «Синім голубом» (рис. 2), передбачає досягнути ще більшої швидкості — 480 км за годину.



Рис. 1. Радянський надшвидкісний поїзд  
(проект інж. О.Д. Полуяна та М.М. Іванова)

<sup>1)</sup> Автор подавав лише прізвища цих інженерів, навіть без ініціалів. Їхні повні імена — Олег Дмитрович Полуян та Микола Миколайович Іванов — вдалося знайти у статті М. Фрішмана «Надшвидкісні поїзди», опублікованій у № 9 журналу «Техника молодежи» за 1934 р. (с. 33). У цій статті зазначається, що свій проект інженери розробили наприкінці 1933 р. Деталі проекту описані у наступній статті того самого автора: «Автопоїзд великої швидкості» //Техника молодежи, 1934, № 11, с. 37–38. Там же вказується, що перший рейс цього поїзда за маршрутом Москва – Ленінград планувався на 1935 р. — *Прим. ред.*

<sup>2)</sup> Цей оптимістичний прогноз не був реалізований так швидко, як сподівалися у 30-х роках ХХ ст. Незважаючи на численні успішні експериментальні випробування, перше регулярне високошвидкісне залізничне сполучення (зі швидкістю понад 200 км/год.) розпочалося у 1964 р., і то не в Європі, а в Японії, в якій зуміли зібрати й синтезувати всі напрацювання у цьому напрямку. І лише у 1981 р. таке сполучення було запроваджене у Франції. В Росії та Україні його немає й досі. — *Прим. ред.*

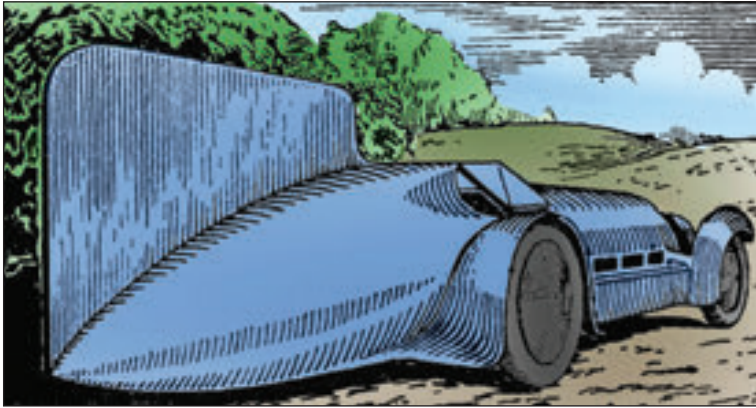
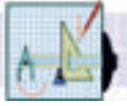


Рис. 2. Автомобіль «Синій голуб», який в Америці у 1932 р. встановив світовий рекорд швидкості для автомобілів — 435 км за годину

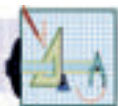


Рис. 3. Гідроплан «Маккі-Кастальді», на якому італійський льотчик Ф. Аджело у 1934 р. встановив світовий рекорд зі швидкості польоту — 709,2 км за год.

Усі ці досягнення залишає далеко позаду повітряний транспорт. Літак-винищувач під час штатного польоту долає 350 км за годину, а гідроплан демонструє ще більшу швидкість. Восени 1934 р. італійський льотчик Франческо Аджело встановив світовий рекорд зі швидкості польоту на гідроплані (рис. 3) — 709,2 км за годину, побивши цим самим свій власний попередній рекорд у 682 км за годину. Цю швидкість уже можна зіставити зі швидкістю кулі, якщо не гвинтівкової, то револьверної, оскільки для рекорду 1934 р. швидкість гідроплана наближалася до 200 м за секунду!

## ЗМАГАННЯ ЗІ ШВИДКОСТІ

Якби можна було влаштувати змагання зі швидкості між людиною, її машинами та різними тваринами, яке тривало б, наприклад, 1 го-



дину, то за цей проміжок часу слимак, виправдовуючи свою репутацію зразково-повільної тварини, встиг би проповзти всього 5–6 м, тимчасом як гідроаероплан міг би відлетіти на 700 і більше кілометрів. Такими є рекорди повільності й швидкості у цьому змаганні. А в проміжку між ними розмістилися б інші учасники у такій послідовності (див. також рис. 4 і 5):

|                           |                              |
|---------------------------|------------------------------|
| Слимак .....              | 1,5 мм/с — 5,5 м/год.        |
| Черепаша .....            | 20 мм/с — 70 м/год.          |
| Риби .....                | 1 м/с — 3,6 км/год.          |
| Пішохід .....             | 1,4 м/с — 5 км/год.          |
| Кіннота ступою .....      | 1,7 м/с — 6 км/год.          |
| » риссю .....             | 3,5 м/с — 12,5 км/год.       |
| Муха .....                | 5 м/с — 18 км/год.           |
| Лижник .....              | 5 м/с — 18 км/год.           |
| Кіннота кар'єром .....    | 8,5 м/с — 30 км/год.         |
| Лінійний корабель .....   | 13,5 м/с — 50 км/год.        |
| Заєць .....               | 18 м/с — 75 км/год.          |
| Легкий крейсер .....      | 22 м/с — 80 км/год.          |
| Орел .....                | 24 м/с — 86 км/год.          |
| Мисливський собака.....   | 25 м/с — 90 км/год.          |
| Залізничний поїзд .....   | до 57 м/с — 206 км/год.      |
| Літак-винищувач .....     | 100 м/с — 360 км/год.        |
| Автомобіль (рекорд) ..... | 120 м/с — 435 км/год.        |
| Гідроплан (рекорд) .....  | 197 м/с — 709 км/год.        |
| Звук у повітрі .....      | 330 м/с — 1 200 км/год.      |
| Земля на орбіті .....     | 30 000 м/с — 108 000 км/год. |

Отже, з механізмів, споруджених людськими руками, найшвидше рухаються аероплан та автомобіль<sup>1)</sup>.

Ще швидше летять кулі й снаряди. Куля вилітає зі ствола гвинтівки зі швидкістю 800–900 м за секунду (а з недавно сконструйованої у США протитанкової гвинтівки — зі швидкістю 1 600 м) і, отже, навіть на екваторі могла б «випередити Сонце». Сучасні так звані «наддалекобійні» гармати вивергають свої снаряди зі ще більшою початковою швидкістю, яка сягає 1 700 м за першу секунду; в подальшому русі снаряда ця швидкість, звичайно, поступово зменшується.

<sup>1)</sup> При цьому, як бачимо із таблиці, на час її компоновання (1935/36 рр. — для 12–13-го видань «Захоплюючої фізики») максимальна швидкість аероплана більше як у півтора рази перевищувала максимальну швидкість автомобіля. Цікаво, що на час виходу 2-го видання (1916 р.) ці швидкості були ще майже рівними й розміщувалися біля позначки 210 верст за годину. Тоді з цього приводу Я.І. Перельман писав: «...повчально зауважити, що автомобіль майже не відстає від ширяючого в повітрі аероплана; неохоче віддає він пальму першості своєму повітряно-му супернику». — *Прим. ред.*

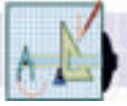


Рис. 4. Наочне зображення швидкостей за різних умов руху

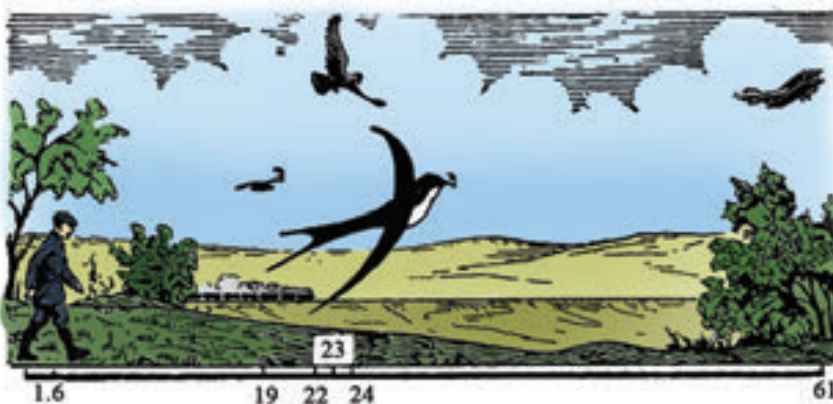
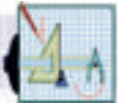


Рис. 5. Змагання зі швидкості між аеропланом (61 м за сек.), ластівкою (24 м за сек.), орлом (23 м за сек.), швидкісним поїздом (22 м за сек.), голубом (19 м за сек.) та пішоходом (1,6 м за сек.)

Ще донедавна вважали, що надзвичайно велику швидкість розвивають птахи під час своїх сезонних перельотів. Вважалося, наприклад, за встановлене, що ластівка тоді може розвивати швидкість до 300 і біль-



ше кілометрів за годину. Однак найновіші дослідження пташиних перельотів показали, що це уявлення помилкове і що навіть найвправніші літуни з пернатого світу розвивають відносно помірні швидкості — не більше 90 км за годину: поштовий голуб — 19 м/с, орел — 23–24 м/с, ластівка — 24 м/с.

## РІЗНІ СПОСОБИ ВИРАЖАТИ ШВИДКІСТЬ

У повсякденному житті швидкість виражають кількістю кілометрів за годину; у техніці надають перевагу кількості метрів за секунду, у науці — кількості сантиметрів за секунду. А спортсмени та фізкультурники зазвичай виражають швидкість руху кількістю секунд, потрачених на подолання 100 м. Вираження однієї й тієї самої швидкості у представників різних галузей звучить по-різному. Ось, наприклад, як скажуть:

неспеціаліст — 18 км за годину;  
технік — 5 м за секунду;  
фізкультурник — 100 м за 20 сек.

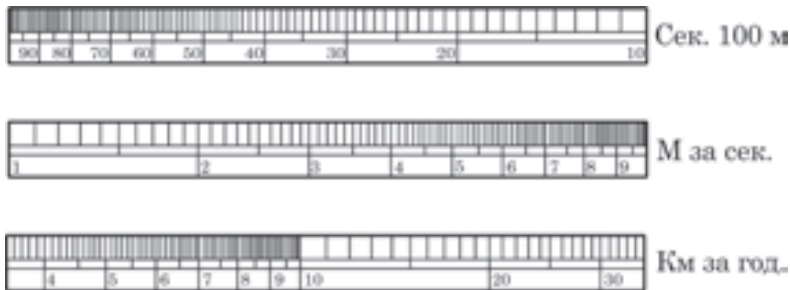


Рис. 6. Шкали для переведення швидкостей

За допомогою нескладного перерахунку одне вираження швидкості легко переводиться в інше. Однак можна обійтися й без обчислень, якщо користуватися доданою тут шкалою (рис. 6). Користування нею не потребує довгих пояснень: числа, які відповідають однаковій швидкості, розміщені одне під одним. Лише для швидкостей понад 36 км за годину потрібне нехитре додаткове обчислення.

## ШВИДШЕ ЗА СОНЦЕ ТА МІСЯЦЬ

У 1896 р. на автомобільних перегонах між Парижем і Брестом, у Франції, було досягнуто швидкості 20 км за годину, тобто близько 6 м за секунду. Для автомобіля це вважалося великим тріумфом. Однак



уже через рік швидкість автомобіля було подвоєно, а в 1907 р. автомобілі уже розвивали швидкість у п'ятеро більшу — 30 м за секунду<sup>1)</sup>, або 108 км за годину. Аби чіткіше уявити, наскільки великою є ця швидкість — 30 м за секунду, — зазначимо, що камінь, кинутий щосили, пролітає за першу секунду удвічі менше — 15 м.

Однак, як уже було сказано, це ще далеко не гранична швидкість, яку здатні розвинути машини: на змаганні автомобілів у 1923 р. було досягнуто швидкості 219 км за годину. У 1929 р. в Америці автомобіль особливої конструкції («Золота стріла» Сігрейва) (рис. 7) розвинув нечувану швидкість — 370 км за годину, або 100 м за секунду. А в 1932 р. на гоночній машині «Синій голуб» у 1 400 кінських сил (див. рис. 2) було перевищено і цей рекорд — досягнуто швидкості 435 км за годину!



Рис. 7. Автомобіль «Золота стріла», на якому в 1929 р. в Америці було встановлено світовий рекорд швидкості — 370 км за годину. У 1932 р. цей рекорд побив «Синій голуб» (див. рис. 2) — 435 км за годину

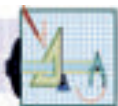
На такому автомобілі можна буквально «випередити Сонце» — принаймні у полярних широтах. На 75-й паралелі (Нова Земля) такий автомобіль пробігає стільки само, скільки встигає за цей самий проміжок часу пробігти точка земної поверхні при обертанні Землі навколо осі. Для пасажера такого автомобіля, як колись для Ісуса Навіна, Сонце зупиниться й нерухомо висітиме в небі, не схиляючись до обр'ю...<sup>2)</sup>

Ще легше «випередити Місяць» у його власному обертанні довкола Землі. Тут, аби повторити описане «чудо» відносно власного руху Місяця (а не уявного його добового руху), зовсім не потрібно забиратися за полярне коло і мчати із запаморочливою швидкістю. Місяць обертається навколо Землі у 29 разів повільніше, ніж Земля довкола своєї осі (порівнюються, звичайно, так звані «кутові», а не лінійні швидкості). Тому

<sup>1)</sup> До 10-го видання для цього нового рекорду вказувався 1909 р. з уточненням місця його встановлення: на перегонах Париж – Мадрид. — *Прим. ред.*

<sup>2)</sup> За Старим Заповітом, Ісус Навін — один із керманців єврейського народу в період підкорення Ханаану, сподвижник, а потім наступник Мойсея. Під час переможної битви з об'єднаними силами п'ятеро ханаанських царів Ісус Навін зупинив сонце й місяць, аби ворог, що тікав схилами в долину, не міг скористатися сутінками й уникнути помети: «І сонце стало на половині неба, і не поспішалося заходити майже цілий день» (Нав., 10: 13). Серед ілюстрацій Біблії Гюстава Доре є твір на цю тему. Ми вважали за доречне подати його в нашому виданні, хоча в оригіналі такого рисунка не було. — *Прим. ред.*





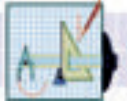
звичайний пароплав, котрий долає 25–30 км за годину, уже в середніх широтах може «випередити Місяць».



Гюстав Доре. Ісус Навін зупиняє сонце. Гравюра

Про такі явища згадує Марк Твен у своїх нарисах «Простаки за кордоном». Під час переїзду Атлантичним океаном від Нью-Йорка до Азорських островів «стояла чудова літня погода, а ночі були навіть ліпші за дні. Ми спостерігали дивне явище: Місяць, який з'являвся щовечора у той самий час у тій самій точці неба. Причина цієї оригінальної поведінки Місяця спочатку була для нас загадковою, однак згодом ми збагнули, у чому річ: ми зміщувалися щогодини на 20 мінут довготи на схід, тобто якраз з такою самою швидкістю, якої потрібно, аби не відставати від Місяця!».

Ми легко можемо «випередити» й інший астрономічний рух: прямуючи уздовж меридіана зі швидкістю всього  $11\frac{1}{2}$  км за добу, тобто долаючи по півверсти за годину, ми могли б позбутися річної зміни висоти Сонця над горизонтом і цілий рік отримувати однакову дозу сонячного випромінювання.



## ТИСЯЧНА ДОЛЯ СЕКУНДИ

Для нас, що звикли вимірювати час на свою людську мірку, тисячна доля секунди рівнозначна нулеві. Колись люди вважали навіть і хвилину за надто мізерну величину, аби варто було її вимірювати. Стародавня людина жила таким неквапливим життям, що на її годиннику — сонячному, водяному, пісковому — не було спеціальних поділок для хвилин (рис. 8 і 9). Тільки від початку XVIII ст. на циферблаті почала з'являтися хвилинна стрілка. А від початку XIX ст., коли життя ще більше ускладнилося, стало квапливішим, з'явилася й секундна стрілка.



Рис. 8. Визначення пори дня за положенням Сонця на небі (ліворуч) і за довжиною тіні (праворуч)

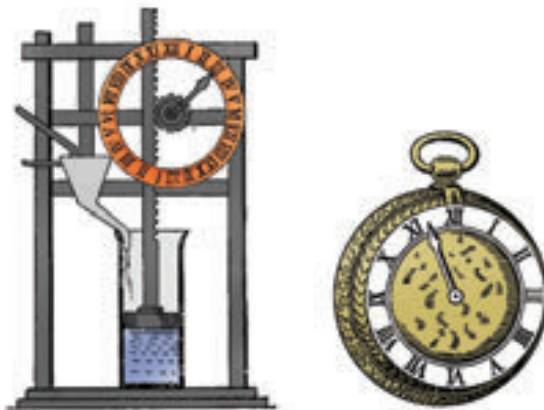
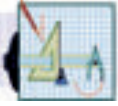


Рис. 9. Водяний годинник (ліворуч), що використовувався у стародавні часи. Праворуч — старовинний кишеньковий годинник. На кожному із цих годинників ще немає хвилинної стрілки

Однак якщо для буденних життєвих цілей достатньо вимірювати час до 1 секунди, то для наукових цілей цього замало. При вивченні ви-



Френк і Ліліан Гілбрети

робничих рухів заводських робітників (способом Ф. Гілбрета<sup>1)</sup>) застосовуються годинники з 1 000-ми поділками хвилини, а в психотехнічних лабораторіях можна побачити годинники, які показують тисячні долі секунди.

Що ж, тоді, може встигнути відбутися за тисячну долю секунди? Дуже багато! Кур'єрський поїзд, щоправда, за цей проміжок часу зміщується лише на 1–1½ см, однак аероплан переміщується на 10 см, а звук навіть проходить 30 см; Земна куля у своєму русі довкола Сонця за таку долю секунди пролетить 30 м, а світло — 300 км.

Дрібні істоти, що нас оточують, якби вони вміли міркувати, мабуть не вважали б 1000-у долю секунди за мізерний проміжок часу. Для комах, наприклад, ця величина достатньо відчутна. Комар упродовж однієї секунди здійснює 500–600 повних змахів крильцями<sup>2)</sup>; отже, за 1000-у долю секунди він устигає їх підняти або опустити.



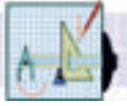
Віктор Анрі

Людина неспроможна переміщувати члени свого тіла так швидко, як комахи. Наш найшвидший рух — кліпання очей; зважаючи на це, кажуть, наприклад: «як оком змигнути» або «не встигнеш і оком моргнути». Цей рух відбувається так швидко, що ми не помічаємо навіть тимчасового затемнення поля нашого зору. Однак мало хто знає що цей рух — синонім небаченої хуткості — насправді відбувається доволі повільно, якщо вимірювати його тисячними долями секунди. Повне «мигання ока» триває, як з'ясували точні виміри (Віктора Анрі<sup>3)</sup>), в середньому  $\frac{2}{5}$  секунди, тобто 400 тисячних її часток. Воно розпадається на такі фази: опускання повіки (75–90 тисячних секунди), стан

<sup>1)</sup> **Гілбрет** (Джільбрет) (Gilbreth) Френк Банкер (1868 – 1924) — американський менеджер і винахідник, засновник напрямку наукових методів оптимізації виробничих рухів на виробництві. У своїх дослідженнях, які він проводив разом зі своєю дружиною Ліліан Моллер Гілбрет (1878 – 1972), широко використовував винайдений ним мікрохронометр, котрий давав змогу фіксувати проміжки часу з точністю до 1/2000 с. У поєднанні з кінозйомкою це давало змогу виявляти непродуктивні рухи, що невидимі неозброєним оком. Усунення цих рухів давало відчутну економію фізичних сил працівників і підвищувало продуктивність їхньої праці. — *Прим. ред.*

<sup>2)</sup> Дрібні комарики цератонгоніди роблять і 1000 змахів за секунду. — *Прим. ред. 21–23-го видань.*

<sup>3)</sup> **Анрі** Віктор Олександрович (Victor Henri) (1872 – 1940) — французький фізіолог та фізико-хімік російського походження. Гімназичну освіту здобув у Росії, потім навчався у Сорбонні та Геттінгені. З 1916 по 1925 рр. працював у Росії, зокрема, в Інституті біологічної фізики (1916 – 1918) та Державному оптичному інституті (1919 – 1929). Разом із С.І. Вавиловим та Е.В. Шпольським заснував відомий науковий журнал «Успехи физических наук» (1918 р.). — *Прим. ред.*



нерухомості опущеної повіки (130–170 тисячних) і її підняття (близько 170 тисячних). Як бачите, одне «мигання» у буквальному значенні цього слова — проміжок доволі значний, упродовж якого очна повіка встигає навіть трохи відпочити. І якби ми могли роздільно сприймати враження, які тривають тисячну долю секунди, то ввіймали б «за одне мигання ока» два плавних рухи повіки, розділених проміжком спокою.

При такому влаштуванні нашої нервової системи ми побачили б навколишній світ спотвореним до невпізнанності. Наочний опис тих дивних картин, які тоді постали б перед нашими очима, подає англійський письменник Герберт Веллс в оповіданні «Найновіший прискорювач». Герої оповідання випили особливої — звісно, фантастичної — мікстури, яка діє на нервову систему саме так, що робить органи відчуття чутливими для роздільного сприймання швидкоплинних явищ. Ось декілька прикладів із цього оповідання:

«— Чи бачили ви раніше, щоб віконна фіранка кріпилася такою-от манерою?

Я поглянув на фіранку й побачив, що вона немовби застигла, і її краєчок як загорнувся од вітру, так і залишився.

— Не бачив ніколи, — сказав я. — Що за диво!

— А це? — сказав він і розчепірів пальці, якими тримав склянку.

Я очікував, що склянка впаде й розіб'ється, однак вона навіть не ворухнулася: вона нерухомо зависла в повітрі.

— Ви, звичайно, знаєте, — сказав Гібберн, — що падаючий предмет опускається за першу секунду на 5 м. І склянка пролітає тепер ці 5 м, — але, ви розумієте, не минуло ще й сотої долі секунди<sup>1)</sup>. Це вам може дати уявлення про силу мого «прискорювача».

Склянка повільно опускалася. Гібберн [товариш оповідача] провів рукою довкола склянки, над нею і під нею...

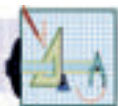
Я поглянув у вікно. Якийсь велосипедист, який застиг на одному місці з нерухомою хмарою пилу позаду, наздоганяв якусь бричку, яка теж не зрушувалася ні на дюйм.

... Нашу увагу привернув омнібус, абсолютно закам'янілий. Верхівки коліс, кінські ноги, кінець батога й нижня щелепа кучера (він тільки-но почав позіхати), — усе це, хоч і повільно, але рухалось; решта ж у цьому незграбному екіпажі зовсім застигло. Люди, які у ньому сиділи, були, наче статуї.

... Перед нами була бджола; вона повільно перебирала крильцями в повітрі й зміщувалася зі швидкістю доволі лінивого слимака.

... Якийсь чоловік застиг саме в той момент, коли він надлюдським зусиллям намагався скласти на вітрі газету. Але для нас цього вітру не існувало.

<sup>1)</sup> До того ж потрібно мати на увазі, що за першу соту долю першої секунди свого падіння тіло проходить не соту частину від 5 м, а 10 000-у (за формулою  $S = \frac{1}{2}gt^2$ ), тобто півміліметра, а за першу тисячну долю секунди — всього 1/200 мм. — Прим. авт.



... Усе, що було сказано, подумано, зроблено мною відтоді, як «прискорювач» проник у мій організм, було лише однією миттю для всіх інших людей і для всього всесвіту».

Читачам, мабуть, буде цікаво довідатися, який найменший проміжок часу можна виміряти засобами сучасної науки. Ще на початку ХХ ст. він дорівнював 10 000-й частці секунди, а тепер фізик у своїй лабораторії може виміряти (електричним способом) десятимільярдну долю секунди<sup>1)</sup>. Цей проміжок приблизно у стільки ж разів менший від цілої секунди, у скільки разів секунда менша від 300 років!

## ОДНА ІЗ ПРИЧИН АВТОМОБІЛЬНИХ НЕЩАСТЬ

Багатьом і на думку не спадає, що навіть психічні явища відбуваються упродовж певного часу. Для того, аби зовнішнє враження передалося по нервових каналах до нашого мозку, сприйнялося свідомістю й викликало яку-небудь відповідь, потрібен певний час. Вдалося навіть виміряти, скільки саме часу для цього потрібно — звісно, у найпростіших випадках. Уявіть собі такі умови досліду. Ви сидите у темній кімнаті й тримаєте руку на кнопці електричного дзвінка; у той момент, коли засвітять світло, ви повинні натиснути кнопку. Це так звана «проста реакція» на зорове враження. Виміряли, що вона потребує близько  $\frac{1}{3}$  секунди: стільки часу проходить з моменту появи світлового сигналу до того моменту, як ви натиснете кнопку. Можливі й складніші умови: якщо з'являється червоний сигнал, то ви маєте натиснути кнопку під вашою правою рукою, якщо зелений — під лівою; сприйнявши сигнал, вам ще потрібно подумати, якою рукою відповідати. Час такої «складеної реакції» зростає до  $\frac{1}{2}$  секунди і навіть більше.

Тепер можемо перейти до теми цього сюжету.

Швидкісний автомобіль проходить кілометрів 60 за годину, тобто метрів 8 за півсекунди. Отже, якщо водій побачить дерево на відстані, яка менша від 8 м, то він уже не встигне загальмувати або повернути кермо автомобіля, оскільки йому потрібно не менше  $\frac{1}{2}$  секунди на реакцію. (Тут відбувається складена, а не проста реакція, оскільки водієві потрібно ще зважити, як діяти — кермом, гальмами чи тим і тим

<sup>1)</sup> У виданнях 16–20 повідомлялося про удесятеро дрібнішу долю секунди, а у виданнях 21–23 — про долю секунди, у тисячу разів дрібнішу. У зв'язку з цим редактор останніх видань зробив таку примітку:

«Зручніше цю величину записати як  $10^{-10}$  с = 0,1 нс. Вимірювання інтервалів часу й дослідження подій у наносекундному діапазоні ( $1$  нс =  $10^{-9}$  с) вже давно проводяться в науці і техніці. Тепер експериментатори освоюють так званий пікосекундний діапазон ( $1$  пс =  $10^{-12}$  с). У порівнянні з пікосекундою тисячна доля секунди — це все одно, що ціла «вічність» для однієї секунди: адже одне століття триває приблизно  $\pi \cdot 10^9$  с». — *Прим. ред.*



разом.) Звідси виходить, що водій неминуче наскочить на таку перепону, хоч би яким він не був уважним та метким.

А проте й цю граничну відстань — 8 м, потрібно ще збільшити і ось чому. По-перше, внаслідок знову ж таки великої швидкості автомобіля, неможливо миттєво ні спинити його, ні змінити напрям його руху. На це потрібен час, не менше секунди, і, отже, граничну відстань потрібно потроїти. По-друге, тривалість реакції  $\frac{1}{2}$  секунди характерна тільки для нормального стану людини і за нормальних умов. Якщо ж людина втомилася або випила горілки<sup>1)</sup> — тривалість подовжується. Усе це, разом узятє, практично доводить безпечну відстань до перешкоди до значної величини.

Неважко збагнути, чому питання про небезпеки від швидкого пересування так загострилися лише останнім часом. Коні везуть екіпаж зі швидкістю не більше 15–20 км на годину, тобто значно повільніше від автомобілів. Велосипеди зазвичай ненабагато перевищують швидкість коней. Паровози рухаються по прокладеній колії, з якої усунуто всі перепони. На морі — немає доріг й місця усім вистачає; та й пересування кораблів порівняно повільне. Отже, автомобілі (а також мотоцикли) стали першими екіпажами, які, вільно рухаючись звичайними дорогами, значно перевищили поріг безпечної швидкості.

## ЛУПА ЧАСУ<sup>2)</sup>

Коли Герберт Веллс писав свій «Найновіший прискорювач»<sup>3)</sup>, він на-вряд чи думав, що колись щось таке насправді здійсниться. Однак йому довелося дожити до цього. Він міг на власні очі побачити, — щоправда, тільки на екрані, — ті картини, які колись створила його уява<sup>4)</sup>. Так звана «лупа часу» показує нам на екрані у сповільненому темпі багато явищ, які зазвичай перебігають дуже швидко.

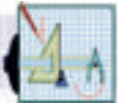
«Лупа часу» — це кінематографічний фотоапарат, котрий робить за секунду не 16 знімків, як звичайні кіноапарати, а в багато разів більше. Якщо зняте таким способом явище проектувати на екран, пропускаючи стрічку зі звичайною швидкістю 16 кадрів за секунду, то глядачі побачать явище розтягнутим у часі, тобто сповільненим у відповідну кількість разів проти звичайного. Читачеві доводилося, мабуть, бачити на

<sup>1)</sup> Та поширена думка, ніби спиртні напої прискорюють психічні процеси, абсолютно неправильна: це може лише здаватися; насправді ж спиртні напої сповільнюють психічні процеси. — *Прим. авт.*

<sup>2)</sup> **Лупа** — у прямому значенні слова: оптичний прилад для збільшення видимих розмірів дрібних предметів. Тут вживається у переносному значенні — як пристрій для збільшення (подовження) часових проміжків. — *Прим. ред.*

<sup>3)</sup> Див. про цей твір вище в сюжеті «Тисячна доля секунди». — *Прим. ред.*

<sup>4)</sup> Герберт Джордж Веллс (1866 – 1946) прожив довге життя. Двічі, у 1920 і 1934 рр., відвідував СРСР. — *Прим. ред.*



Герберт Веллс із сином на прогулянці  
у Центральному парку культури і відпочинку в Москві 23 липня 1934 р.<sup>1)</sup>

екрані такі неприродно затяжні стрибки та інші уповільнені явища. За допомогою складніших апаратів такого самого ґатунку досягається ще більше сповільнення, яке майже відтворює те, що описано в оповіданні Герберта Веллса.

## У ДЕНЬ ЧИ ВНОЧІ?

У паризьких газетах якось з'явилося оголошення, в якому за 25 сантиметрів обіцялося кожному сповістити спосіб подорожувати дешево й, до того ж, без жодної втоми. Знайшлися легковіри, які надіслали призначених 25 сантиметрів. У відповідь кожен із них одержав поштою листівку такого змісту:

«Залишайтеся, громадянине, спокійно у своєму ліжку й пам'ятайте, що наша Земля крутиться. На паралелі Парижа — 49-й — ви долаєте щодоби понад 25 000 км. А якщо ви любите живописні краєвиди, то відхиліть на вікні фіранку й захоплюйтесь картиною зоряного неба».

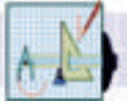
Винуватець цієї витівки, коли його притягнули до суду за шахрайство, вислухав вирок, сплатив накладений штраф і, кажучи, ставши в театральну позу, урочисто повторив славнозвісний вигук Галілея:

— А все ж таки вона крутиться!

Обвинувачений був подвійно правий, оскільки кожен мешканець земної кулі не тільки «подорожує», кружляючи довкола земної осі, а й ще з більшою швидкістю переноситься Землею в її обертанні довкола Сонця. Що се кунди наша планета з усіма своїми мешканцями переміщується у просторі на 30 км, обертаючись одночасно ще й довкола осі.

З цього приводу можна поставити цікаве запитання: а коли ми рухаємося довкола Сонця швидше — вдень чи вночі?

<sup>1)</sup> Рідкісна світлина зі статті: Мишкевич Г. Встреча в «Астории» //Уральский следопыт, 1962, № 7, с. 37. — Прим. ред.



Запитання може здивувати: адже завжди на одному боці Землі день, а на іншому — ніч; який же сенс у нашому запитанні? Здається, жодного.

Проте, це не так. Адже запитується не про те, коли вся Земля переміщується швидше, а про те, коли ми, її мешканці, рухаємося швидше серед зірок. А це вже аж ніяк не беззмістовне запитання. У Сонячній системі ми здійснюємо два рухи: мчимо довкола Сонця і водночас обертаємося навколо земної осі. Обидва ці рухи додаються, однак результат виходить різний, залежно від того, перебуваємо ми на денній, чи на нічній половині Землі. Погляньте на рис. 10 і ви зрозумієте, що опівночі швидкість обертання додається до поступальної швидкості Землі, а опівдні, навпаки, віднімається від неї.

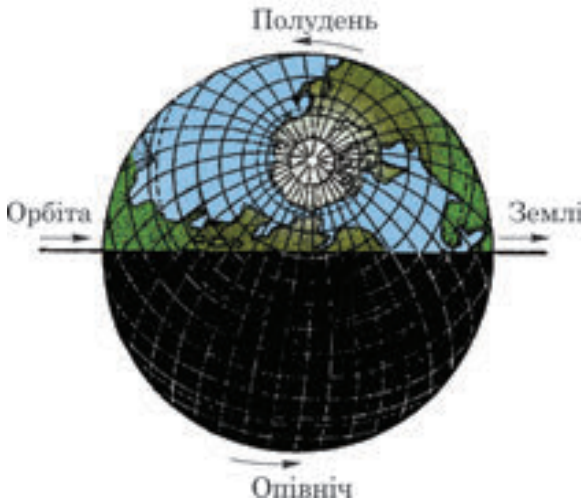


Рис. 10. На нічній половині земної кулі люди рухаються довкола Сонця швидше, ніж на денній

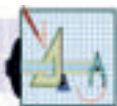
Отже, опівночі ми рухаємося у Сонячній системі швидше, ніж опівдні.

Оскільки точки екватора пробігають за секунду близько півкілометра, то для екваторіальної смуги різниця між швидкостями опівдні та опівночі досягає цілого кілометра за секунду. Обізнані з геометрією можуть легко обчислити, що для Ленінграда<sup>1)</sup> (який знаходиться на 60-й паралелі) ця різниця удвічі менша; опівночі ленінградці щосекунди додають у Сонячній системі на півкілометра більше, ніж опівдні<sup>2)</sup>.

<sup>1)</sup> Теперішнє місто Санкт-Петербург у Росії. — Прим. ред.

<sup>2)</sup> Площина земного екватора нахилена до площини орбіти під кутом 23,5°. Тому, строго кажучи, лінійні швидкості орбітального руху й обертання поверхні Землі можуть точно додаватися за абсолютною величиною лише двічі на рік: у певний час у дні літнього й зимового сонцестояння. В інші дні при додаванні швидкостей потрібно враховувати, що вектори швидкостей утворюють між собою деякий кут, який змінюється не тільки упродовж доби, а й при зміні пір року. — Прим. ред. 21–23-го видань.





## ЗАГАДКА ВОЗОВОГО КОЛЕСА

Прикріпіть збоку до обода вазового колеса (або до шини велосипедного) кольоровий папірець і спостерігайте за ним під час руху воза (або велосипеда). Ви помітите дивне явище: поки папірець перебуває внизу рухомого колеса, його видно досить виразно; а ось у верхній частині він миготить так швидко, що ви не встигаєте його розгледіти.

Виходить немовби верхня частина колеса рухається швидше, ніж нижня. Те саме спостереження можна зробити, коли порівняти між собою верхні й нижні шпиці рухомого колеса якого-небудь екіпажа. Здаватиметься, що верхні шпиці зливаються в одне суцільне ціле, а нижні — видимі роздільно. Тут знов-таки виходить, немовби верхня частина колеса рухається швидше, ніж нижня.

У чому ж розгадка цього дивного явища? Та просто у тому, що верхня частина рухомого колеса справді рухається швидше, ніж нижня. Факт здається на перший погляд неймовірним, а тимчасом просте міркування переконає нас у цьому. Адже кожна точка рухомого колеса здійснює одразу два рухи: обертається навколо осі і водночас просувається вперед разом із цією віссю. Відбувається, як і в випадку із земною кулею, додавання двох рухів, і результат для верхньої та нижньої частин колеса виходить неоднаковий. Угорі обертовий рух колеса додається до поступального, оскільки обидва рухи спрямовані в один і той самий бік. А внизу обертовий рух спрямований у протилежний бік і, отже, віднімається від поступального. Ось чому верхні частини колеса переміщуються відносно нерухомого спостерігача швидше, ніж нижні.

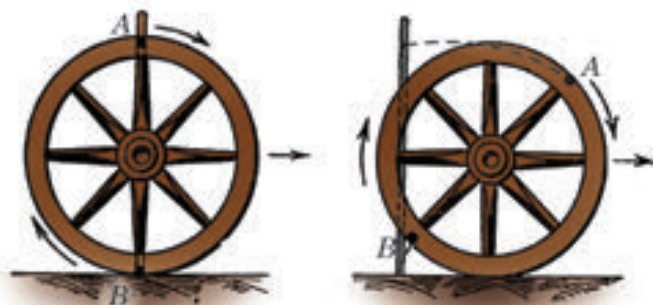
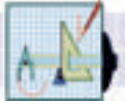


Рис. 11. Як можна переконатися, що верхня частина колеса рухається швидше, ніж нижня. Порівняйте, на які відстані від нерухомої палиці змістилися точки А і В відкоченого колеса (правий рисунок)

Що це справді так, легко побачити на простому досліді, котрий при нагоді радимо провести. Встроміть у землю палицю поруч із колесом поставленого воза — так, щоби вона приходилася навпроти осі. На ободі колеса у найвищій і найнижчій його частинах зробіть позначки крейдою або вуглем; позначки прийдуться, отже, якраз навпроти палиці.



Тепер відкотіть воза трохи праворуч (рис. 11), щоби вісь змістилася від палиці сантиметрів на 20–30, і зауважте, як перемістились ваші позначки. Виявиться, що верхня позначка *A* змістилася значно більше, ніж нижня *B*, яка тільки ледве відступила від палиці.

## НАЙПОВІЛЬНІША ЧАСТИНА КОЛЕСА

Отже, не всі точки колеса рухомого воза переміщуються однаково швидко. Яка ж частина колеса рухається найповільніше?

Неважко збагнути, що найповільніше рухаються ті точки колеса, які в цей момент стикаються із землею. Строго кажучи, у момент стику із землею ці точки колеса абсолютно нерухомі.

Усе сказане істинне, звісно, тільки для колеса, яке котиться, а не для того, яке обертається на нерухомій осі. Наприклад, у маховому колесі верхні й нижні точки обода рухаються з однаковою швидкістю.

## ЗАДАЧА — НЕ ЖАРТ

Ось ще одна, не менш цікава, задача (придумана В. Гампсоном, автором «Парадоксів природи»<sup>1)</sup>): чи існують у поїзді, який мчить, скажімо, із Ленінграда до Москви, точки, які відносно полотна дороги рухаються назад — від Москви до Ленінграда?<sup>2)</sup>

Ви гадаєте, що таких точок не може існувати? Поміляєтесь: кожної миті, у кожному вагоні є чотири (або навіть вісім) таких точок. Де ж вони?

<sup>1)</sup> Книга англійського природодослідника Вільяма Гампсона (William Hampson) (1854 – 1926) «Парадоксы природы» виходила російською мовою в Москві (у видавництві «Задруга» у 1914 р.), а ще раніше — в Одесі (у видавництві «Mathesis», у 1910 р.) в перекладі з німецького видання в обробці К. Шеффера. Існує новітнє перевидання: В. Г а м п с о н, К. Ш е ф ф е р «Парадоксы природы. Книга в помощь юношеству для объяснения явлений, по-видимому, противоречащих повседневному опыту». — Пер. с нем. — Москва: Либроком, 2010. — 200 с. Оригінальне видання англійською мовою під назвою «Paradoxes of nature and science» by W. Hampson вийшло з друку в 1906 р. «Задача — не жарт» — не єдиний сюжет, запозичений Я.І. Перельманом із книги В. Гампсона. З інших одразу впадають в око сюжети «Незвичайного візка» (розділ 2), «Бумеранга» (розділ 3), «Чортової петлі» (розділ 3 у книзі 2). Запозичених дрібніших фрагментів значно більше. — *Прим. ред.*

<sup>2)</sup> Звісно, в оригінальному сюжеті В. Гампсона не йшлося про російські міста, то вже Я.І. Перельман так його переінакшив. Читаємо в англійському виданні у висновку В. Гампсона про рух коліс залізничного вагона, що мають радіус 18 дюймів (від осі до стику з рейкою) і висоту реборди 3 дюйми: «Thus, when an express train is travelling northwards towards Doncaster at the rate of sixty miles an hour, every wheel of every carriage has at every moment a part of its flange-rim which is travelling backwards towards King's Cross at the rate of ten miles an hour». Отже, тут йдеться про рух поїзда з Лондона (від залізничного вокзалу Кінгс-Кросс) до Донкастера (міста у графстві Південний Йоркшир): «Якщо експрес прямує на північ до Донкастера зі швидкістю 60 миль за годину, то на кожному колесі кожного вагона у кожну мить є частинка його реборди, котра прямує назад до Кінгс-Кросса зі швидкістю 10 миль за годину». Цікаво, що в німецькому виданні «Парадоксів природи» в обробці К. Шеффера поїзд «змушений» був прямувати вже з Берліна до Гамбурга. — *Прим. ред.*