

**Натисніть тут, щоб
купити книгу на сайті
або замовляйте за телефоном:
(0352) 51-97-97, (067) 350-18-70,
(066) 727-17-62**

КЛАСИКИ ПОПУЛЯРИЗАЦІЇ НАУКИ
Країна Перельманія

Я.І. Перельман

ЗАХОПЛЮЮЧА ФІЗИКА

Книга 2

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



ТЕРНОПІЛЬ
НАВЧАЛЬНА КНИГА — БОГДАН

Серію «Класики популяризації науки» засновано 2007 року

Перельман Я.І.

П27 Захоплююча фізика . Кн. 2 / Я.І. Перельман ; пер. з рос. В.О. Тадеєва ; за ред. В.О. Тадеєва. — Тернопіль: Навчальна книга – Богдан, 2021. — 416 с. : іл. — Серія «Класики популяризації науки».

ISBN 978-966-10-6444-6

«Захоплююча фізика» Я. І. Перельмана — одна з найзахопливіших книг про фізику в історії людства. Автор працював над нею понад чверть століття, постійно удосконалюючи для кожного наступного видання. Востаннє за життя автора книга вийшла 13-м виданням у 1936 р., однак відтоді не втратила своєї принадності — ні для тих, хто тільки-но починає знайомитися з фізикою, ні для читачів «зі стажем».

Книга перекладена багатьма мовами світу, однак ніколи не виходила в повному обсязі, оскільки автор постійно додавав до неї нові сюжети й вилучав ті, які вважав менш актуальними. 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 2 «Захоплюючої фізики», як і Книга 1, 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 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 видавництва*

- © Тадеєв В.О., переклад, анотація, передмова, примітки, загальна редакція, ідея художнього оформлення, 2021
- © Навчальна книга – Богдан, виключна ліцензія на видання, оригінал-макет, 2021

ISBN 978-966-408-435-9 (серія)
ISBN 978-978-966-10-6444-6



ПЕРЕДМОВА ПЕРЕКЛАДАЧА І РЕДАКТОРА

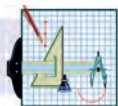
Автор популярної книги повинен прагнути перетворювати відчуття цікавості на активну допитливість, яка спонукає читача від цієї книги перейти вже до ґрунтовнішого наукового джерела.

Я.І. Перельман
До методики наукової популяризації

Книга 2 «Захоплюючої фізики» Я.І. Перельмана (1882–1942), як і Книга 1, теж присвячена цікавим розповідям про різноманітні фізичні явища та їхні прояви в довідці, дозвіллі, у техніці, на виробництві, в науці та мистецтві. У ній так само багато головоломок, парадоксів, несподіваних зіставлень і хитромудрих фізичних запитань. Водночас, вона не є прямим продовженням Книги 1. Як наголошував сам автор у своїй передмові, ця книга названа другою лише тому, що укладена після першої. Насправді ж це — інша книга, яка стосується тих самих розділів фізики, що й перша (за єдиним винятком «Магнетизму й електрики»), але демонструє для цього інші приклади. Звідси важливий для читача висновок — читати ці книги можна абсолютно незалежно одну від одної і в будь-якому порядку. Однак мусимо відразу ж застерегти: почавши читати одну з них, ви неодмінно почнете шукати й іншу (звісно, якщо ще її не маєте). Бо це справді «ЗАХОПЛЮЮЧА» книга — одна з найзахопливіших книг про фізику в історії людства.

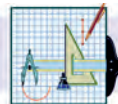
Книга перекладена багатьма мовами, однак ніколи раніше не виходила в повному обсязі, оскільки автор постійно додавав до неї нові сюжети, а ті, що вважав менш актуальними, вилучав. Траплялися й характерні для тих часів цензурні втручання та «корекції». Цей український переклад є першим повним виданням, у якому зібрано все, що коли-небудь виходило під заголовком «Захоплююча фізика» Я.І. Перельмана. Він присвячується 100-літньому ювілею книги (перше видання Книги 1 вийшло у 1913 р., перше видання Книги 2 — у 1916 р.).

У повоєнні роки (після закінчення німецько-радянської війни) книга видавалася вже без участі автора (останнє прижиттєве 13-е видання вийшло у 1936 р.). Її редакторами в різний час були відомі фізики А.Б. Млодзеевський (1883–1959) (видання 14–15 — 1947 і 1949 рр.), В.О. Угаров (1922–1977) (видання 16–20 — 1960, 1965, 1972, 1976 і 1979 рр.) та О.В. Митрофанов (нар. 1945 р.) (видання 21–23 — 1982, 1986 і 1991 рр.). Вони вносили чимало слушних приміток, уточнень та коментарів, які ми теж зберігаємо. Зберігаємо й усі авторські примітки, навіть якщо вони дуже застаріли — наприклад, вказують на літературні джерела 1930-х років. Водночас, у тих випадках, коли редактори без достатніх причин втручалися в оригінальний текст (наприклад, вилучали або видозмінювали окремі речення чи абзаци, а інколи й цілі сюжети), ми без жодного сумніву повертали авторський варіант. Усі такі випадки зафіксовані в редакторських примітках безпосередньо в тексті або в окремому додатку про видозміни у змісті, що подається в кінці.



Яків Ісидорович Перельман
Фото 1929 р.
(Barron Hilton Pioneers of Flight Gallery)¹⁾

¹⁾ У жодному із джерел радянської і пострадянської доби це фото Я.І. Перельмана не публікувалося повністю.



Отже, на відміну від «канонізованих» радянських видань 1950–1980-х років, які масово продовжують тиражуватися й досі, у цьому виданні зібрані й відновлені всі сюжети Книги 2 з усіх її попередніх видань. Зокрема, — й ті, що подавалися лише в перших виданнях, а тому були недоступними для масового читача щонайменше останніх три чверті століття.

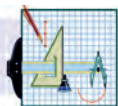
Нами додано й чимало ілюстрацій. Багатий і кваліфіковано виконаний ілюстративний матеріал — це теж одна з яскравих граней «Захоплюючої фізики». Особливо це стосується Книги 1. У Книзі 2 рисунків було істотно менше, можливо, через те, що чимало з її сюжетів інтенсивно додавалися в останніх прижиттєвих виданнях, коли рисунки «не встигали» за текстом. Тому ми взяли на себе сміливість до певної міри компенсувати цей недолік за рахунок відповідно підібраної книжної графіки та фотоматеріалів, але намагаючись водночас не виходити за сюжетні і стилістичні «межі» епохи автора. Оригінальні ж чорно-білі ілюстрації наші художники перевели у кольоровий формат (хоча вони взяті з різних видань, але пронумеровані наскрізною нумерацією; ті ж, що додані редактором, — номерів не мають). Додані й численні портрети учених і митців, а також основні відомості про них.

Про всі інші важливі аспекти, які можуть бути корисними для читача перед початком читання цієї книги, дуже влучно і майстерно розповів сам автор у своїй передмові, а доповнили редактори попередніх видань. Усе це подається далі. Долучився й автор цих рядків у своїй передмові до Книги 1 (зокрема, у ній йдеться про видання «Захоплюючої фізики» українською мовою)¹⁾.

Сподіваємося, що істотне збільшення обсягу книги внаслідок усіх зазначених удосконалень, а також через розкішну верстку та багате художнє оформлення, не тільки не викличе нарікань читачів, а й буде належно ними оцінене.

В. О. Тадеєв

¹⁾ Зазначмо принагідно, що Книга 1 «Захоплюючої фізики» виходила у видавництві «Навчальна книга-Богдан» і в розширеному варіанті — з додатком розлогого біографічного нарису (150 с.) про автора книги Я.І. Перельмана та його плідну і багатогранну 40-літню діяльність з популяризації фізико-математичних наук.



Губанову Векселевичу
Аркадий Гензелиновичу
Гуманову
автору
1916. 14/5 *Меремин*

Я. И. ПЕРЕЛЬМАНЪ

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА

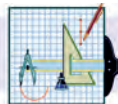
ПАРАДОКСЫ, ГОЛОВОЛОМКИ, ЗАДАЧИ, ОПЫТЫ,
ЗАМЫСЛОВАТЫЕ ВОПРОСЫ И РАЗСКАЗЫ
ИЗЪ ОБЛАСТИ ФИЗИКИ

КНИГА ВТОРАЯ

Съ 120 рисунками

ИЗДАНИЕ П. П. СОЙКИНА. ПЕТРОГРАДЪ
1916

Титульна сторінка 1-го видання
Книги 2 «Захоплюючої фізики» з автографом автора, 1916 р.
(Російська національна бібліотека в Санкт-Петербурзі)



ПЕРЕДМОВА АВТОРА ДО 1-ГО ВИДАННЯ КНИГИ 2 «ЗАХОПЛЮЮЧОЇ ФІЗИКИ» 1916 Р.

Ця книга є самостійною збіркою, яка не задумувалася як продовження першої книги «Захоплюючої фізики»; вона названа «другою» лише тому, що написана пізніше від першої. Успіх першої збірки спонукав автора опрацювати решту накопиченого в нього матеріалу, і в такий спосіб укладалася ця друга або, точніше, інша книга, що охоплює ті самі розділи шкільної фізики.

Друга книга «Захоплюючої фізики», як і перша, призначається для читання, а не для вивчення. Її мета — не так повідомити читачеві нові знання, як допомогти йому «дізнатися те, що він знає», тобто поглибити й оживити вже наявні в нього основні відомості з фізики, навчити свідомо розпоряджатися ними і спонукати до різнобічного застосування. Досягається це, як і в першій збірці, розглядом барвистого намиста з головоломок, хитромудрих запитань, цікавих задач, забавних парадоксів, несподіваних зіставлень із царини фізики, що належать до кола повсякденних явищ або почерпнутих із популярних творів художньої та науково-фантастичної літератури. Матеріалом із літературних джерел укладач користувався особливо часто, вважаючи його найбільш відповідним щодо цілей збірки: залучені уривки із широковідомих романів Жуль Верна, Герберта Веллса, Курда Лассвіца та ін. Фантастичні сюжети, крім їхньої принадності, можуть відіграти неабияку роль у викладанні, виконуючи роль наочних і привабливих ілюстрацій; вони вже знаходили собі місце навіть у шкільних підручниках. «Їхня мета, — пише наш відомий педагог В.Л. Розенберг¹⁾, — вивільнити розум від пут звички і прояснити одну з граней явища, розуміння якого затемнюється звичайними умовами, які вриваються у свідомість учня незалежно від його волі, внаслідок звички».

Укладач прагнув, наскільки вмів, надавати викладу цікавої форми, додаючи предмету привабливості, не зупиняючись іноді і перед тим, щоб черпати інтерес збоку. Він керувався тією психологічною аксіомою, що *інтерес до предмета підвищує увагу*, увага полегшує *розуміння* її, отже, сприяє більш свідомому *засвоєнню*.

Усупереч звичаю, усталеному для таких збірок, у «Захоплюючій фізиці» доволі мало місця відводиться опису забавних і ефектних фізичних *дослідів*. У нас уже є достатньо таких збірок; крім цього, освітнє значення таких матеріалів не завжди безперечне. Не кажучи вже про те, що досліди зазвичай вдаються лише найбільш заповзятим і терплячим читачам, залишаючи в інших відчуття розчарування й прикрозців за зіпсовані речі, — при цьому центр уваги мимоволі переноситься на роботу рук, а не на діяльність розуму; як наслідок, нерідко створюється ґрунт для насадження непродуманого, суто формального ставлення до фізичного *пояснення*. Тим часом, головна мета «Захоплюючої фізики» — спонукати діяльність *наукової уяви*, привчити читача *мислити в душі* фізичної науки і закласти в його пам'ять численні асоціації між фізичними знаннями і найрізноманітнішими явищами життя, з усім тим, із чим він зазвичай стикається.

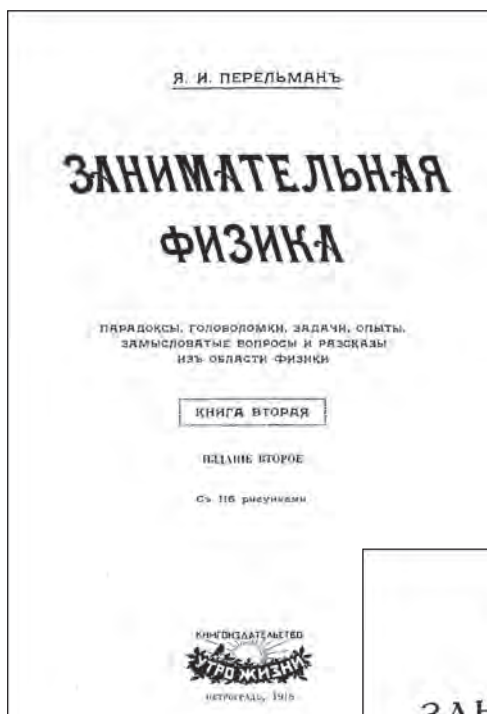
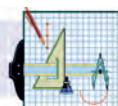
Для збудження інтересу до фізичних *обчислень* в деякі сюжети цієї збірки введено числові дані (чого в першій книзі автор уникав).

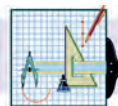
Загалом, ця друга книга «Захоплюючої фізики» за підбором матеріалу призначається для дещо більш підготовленого читача, ніж перша, — хоча відмінність в цьому аспекті між обома книгами така незначна, що їх можна читати в будь-якій послідовності й незалежно одну від одної²⁾.

¹⁾ У передмові до своєї книги «Первые уроки физики» (СПб, 1913). — *Прим. авт.*

Про В.Л. Розенберга див. примітку в Книзі 1 нашого видання «Захоплюючої фізики» (розд. 2, сюжет «Скільки важить тіло, коли воно падає?»). — *Прим. ред.*

²⁾ Укладач із вдячністю прийме всі зауваження щодо недоліків книги, про бажані в ній зміни й узагалі всі зауваги, які можуть виникнути під час читання. (Адреса для листів: Петроград, Стремянная, 12, Якову Исидоровичу Перельману). — *Прим. авт.*





ПРО ПЕРЕДМОВИ АВТОРА ДО ВИДАНЬ 2 – 12 КНИГИ 2 «ЗАХОПЛЮЮЧОЇ ФІЗИКИ» 1918–1935 рр.

У 2-му виданні 1918 р. повністю повторювалася передмова до 1-го видання¹⁾, а після цього додавався такий абзац:

«Випускаючи книгу другим виданням (перше видання вийшло на початку 1916 р.²⁾), автор вніс у її текст необхідні виправлення, відповідно до зауважень, зроблених критикою і читачами. Деякі параграфи, надміру абстраговані, вилучені й замінені на інші. Друге видання доповнене сюжетами про прозорі препарати проф. Шпальтегольца, про охоронне забарвлення, про захисний колір та ін.».

І підпис: Я. П. Серпень, 1918 р.

Передмови до 3–5-го видань 1920–1922 рр. містили вже це доповнення до 2-го видання та коротенькі повідомлення на кшталт:

«Третє видання передруковано з другого без істотних змін».

Для 6-го, і стереотипного з ним 7-го, видань 1924 р. книга була істотно перероблена, і це знайшло своє відображення в передмові: 1-й абзац передмови до 1-го видання залишився без змін, 2-й і 3-й були істотно скорочені, а решта — вилучені. Натомість повідомлялось про проведену роботу з удосконалення книги:

«Ця книга «Захоплюючої фізики», що вийшла першим виданням восени 1916 р., була дещо перероблена для другого видання (1918 р.); надруковані ж протягом 1920–1922 рр. у доволі великій кількості примірників (55 000) 3-є, 4-є і 5-є її видання відтворювалися майже без змін.

Навпаки, це 6-е видання виходить в істотно оновленому вигляді. Весь текст був заново відредагований, виправлений, освіжений і доповнений багатьма новими сторінками (додано понад 20 нових сюжетів), окрім перенесених із першої книги. Крім того, повністю поновлений ілюстративний матеріал, оскільки всі ілюстрації попередніх видань, почерпнуті з іноземних книг і журналів, були замінені спеціально заготовленими рисунками, вдумливо і ретельно виконаними художником Ю.Д. Скалдіним³⁾.

При переробці тексту укладач скористався багатьма зауваженнями рецензентів, котрі з великою увагою поставились до його книги, а також вказівками читачів, які ділилися письмово своїми побажаннями, сумнівами, здивуваннями. Розраховуючи і в майбутньому на таку цінну для автора увагу критики і на відгуки читачів⁴⁾, укладач висловлює попереднім рецензентам і кореспондентам свою щирю вдячність.

Я. П.»

Втім, у наступних виданнях про «історію» перших видань уже не повідомлялося, а, починаючи з 11-го видання, не згадувалося і про «рецензентів». Натомість додавався 5-й абзац із перших видань, а також повідомлялося, що 3-ї книги «Захоплюючої фізики» не існує.

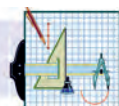
Підсумком стала передмова до останнього 13-го прижиттєвого видання, яка в дещо скороченому вигляді подавалася в усіх наступних повоєнних радянських перевиданнях. Нижче вона подається повністю.

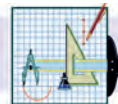
¹⁾ Цікава деталь: по її завершенню вказувалася дата *Серпень, 1916 р.* У 1-у виданні цієї деталізації не було. — *Прим. ред.*

²⁾ Це не зовсім узгоджується з подальшими повідомленнями на цю тему; зокрема, у передмові до 6-го видання вказується, що 1-е видання з'явилося в осени 1916 р. — *Прим. ред.*

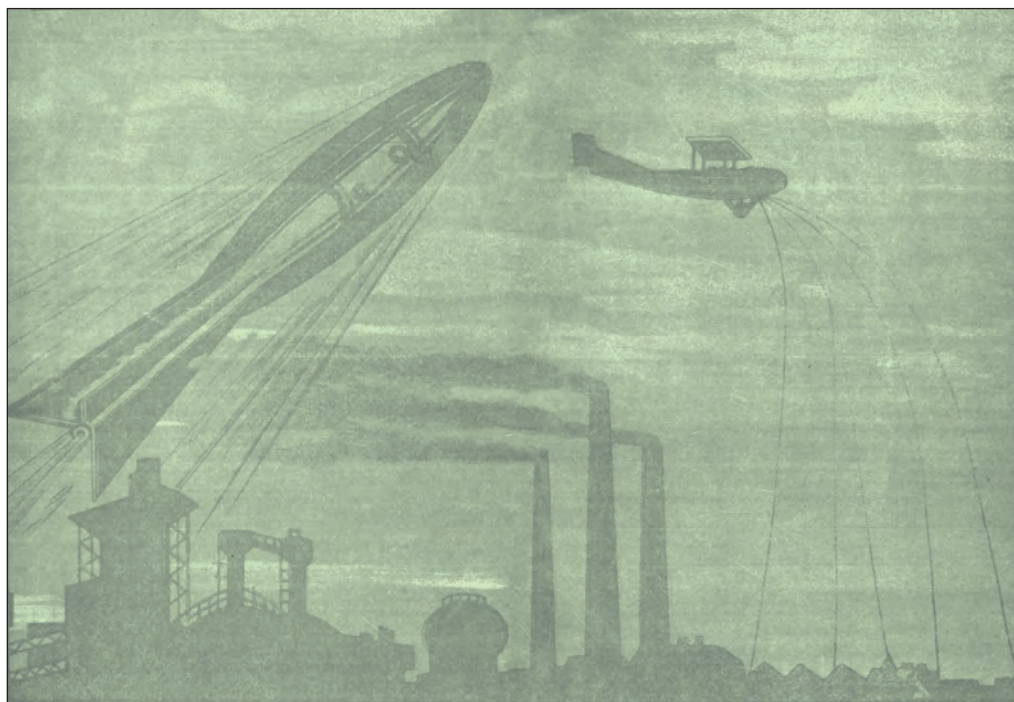
³⁾ Див. про нього у виданні Книги 1 «З додатком біографічного нариса та коментарів» видавництва «Навчальна книга – Богдан» (2017 р., с. СХХХVI – СХХХVII). — *Прим. ред.*

⁴⁾ Тут у примітці вказувалася адреса для кореспонденції: Редакція журналу «В мастерской природы», Якову Исидоровичу Перельману. — *Прим. ред.*

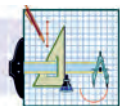




Титульні сторінки українських видань:
1925 р. (переклад з 5-го видання) і 1935 р. (переклад з 11-го видання)



Форзац українського видання 1935 р.
Це єдине відоме нам видання книг Я.І. Перельмана, яке мало форзаци



Я. И. ПЕРЕЛЬМАН

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА

ПАРАДОКСЫ, ГОЛОВОЛОМКИ,
ЗАДАЧИ, ОПЫТЫ, ЗАМЫСЛОВАТЫЕ
ВОПРОСЫ И РАССКАЗЫ
ИЗ ОБЛАСТИ ФИЗИКИ

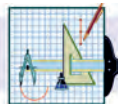
КНИГА ВТОРАЯ

*ИЗДАНИЕ ТРИНАДЦАТОЕ,
ПЕРЕРАБОТАННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ*

РИСУНКИ И ОБЛОЖКА
ХУД. Ю. Д. СКАЛДИНА



**Молодая Гвардия 1936
Ленинградское отделение**



ПЕРЕДМОВА АВТОРА ДО 13-ГО (ОСТАННЬОГО ПРИЖИТТЄВОГО) ВИДАННЯ КНИГИ 2 «ЗАХОПЛЮЮЧОЇ ФІЗИКИ» 1936 Р.

Ця книга є самостійною збіркою, яка не задумувалася як пряме продовження першої книги «Захоплюючої фізики».

Успіх першої збірки спонукав автора опрацювати решту накопиченого в нього матеріалу, і в такий спосіб уклалися ця друга або, точніше, і нша книга, що охоплює ті самі розділи фізики.

У пропонованій книзі, як і в першій, укладач прагне не так повідомити нові знання, як оживити й освіжити ті найпростіші відомості з фізики, які читач уже має. Мета книги — спонукати діяльність наукової уяви, привчити мислити в дусі фізики і розвинути звичку до різнобічного застосування своїх знань. Тому в «Захоплюючій фізиці» опису ефектних дослідів відводиться другорядна роль; а на перший план виносяться фізичні головоломки, цікаві задачі, повчальні парадокси, хитромудрі запитання, несподівані зіставлення з царини фізичних явищ і т. ін. У пошуках такого матеріалу укладач звертається до явищ життя, до царини техніки, до природи, до сторінок науково-фантастичних творів; словом, до всього, що, перебуваючи за межами підручника і фізичного кабінету, здатне привернути увагу допитливого читача, яким є наш радянський читач¹.

Призначаючи книгу не для вивчення, а для читання, укладач намагався, скільки вмів, надати викладу і зовнішньо цікавої форми, зважаючи на те, що інтерес до предмета підвищує увагу, посилює роботу думки і, отже, сприяє більш свідомому засвоєнню.

Для збудження інтересу до фізичних розрахунків в окремі сюжети цієї збірки уведено обчислювальний матеріал (чого у першій книзі майже не робилося).

Загалом, ця друга книга «Захоплюючої фізики» за підбором матеріалу призначається для дещо більш підготовленого читача, ніж перша, — хоча відмінність в цьому аспекті між обома книгами така незначна, що їх можна читати в будь-якій послідовності й незалежно одну від одної.

Для цього видання в книгу введено чимало нових сюжетів і рисунків. Доданий список книг, рекомендованих для подальшого читання².

Третьої книги «Захоплюючої фізики» не існує. Замість неї автором укладені такі книги:

«Захоплююча механіка»,
«Чи знаєте ви фізику?»,

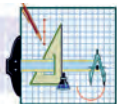
і, крім цього, окрема книга, присвячена питанням астрономії:

«Захоплююча астрономія».

Я. Перельман

¹ Останнє «уточнення», вочевидь, за «рекомендацією» ідеологічної цензури, внесене у 12-у виданні. — Прим. ред.

² У 12-у виданні в цьому місці зазначалося: «Додані також запитання „Захоплюючої фізики“». — Прим. ред.



ПРО ПЕРЕДМОВИ РЕДАКТОРІВ ДО ПОВОЄННИХ ВИДАНЬ 14 - 23 КНИГИ 2 «ЗАХОПЛЮЮЧОЇ ФІЗИКИ» 1947–1991 рр.

Редактором 14-го і 15-го видань 1947 і 1949 рр. був Анатолій Болеславович **Млодзеевський** (1883–1959) — російський радянський фізик, випускник Московського університету (1906 р.), викладач (з 1917 р.), а з 1923 р. і до глибокої старості — професор цього університету (професорами також були його батько — відомий математик Болеслав Корнелійович Млодзеевський (1858–1923) та дід — доктор медицини Корнелій Якович Млодзеевський (1818–1865)). Був авторитетним спеціалістом із так званої геометричної термодинаміки та історії фізики. Користувався славою неперевершеного лектора й демонстратора. Написав низку підручників з фізики для вищої школи, найпоширенішими з яких у свій час були «Молекулярная физика» (1-е видання 1929 р.; останнє 5-е — 1941 р.) і «Термодинамика» (1-е видання 1939 р., 2-е — 1948 р.)¹⁾.

Окремої своєї передмови А.Б. Млодзеевський не робив, але заслуговує на відзначення той факт, що він не вилучив жодного слова з передмови автора до останнього прижиттєвого видання²⁾. Було додано також коротку, але вельми інформативну анотацію:

«Книга написана відомим популяризатором та педагогом і містить, як зазначено в підзаголовку³⁾, парадокси, головоломки, задачі, досліди, хитромудрі запитання та розповіді з царини фізики. Книга за характером викладу і за обсягом знань, які передбачаються в читача, розрахована на учнів середньої школи, а також на осіб, що займаються самоосвітою в такому ж обсязі».

У підготовці 16-го видання, як зазначено в короткому повідомленні «Від видавництва», «брав участь доцент В.О. Угаров».

Угаров Володимир Олександрович (1922–1977) — радянський фізик-теоретик, випускник Московського університету (1944 р.). Чільне місце в його діяльності займала редакторська, викладацька та популяризаторська робота. Був членом редколегії, а потім і відповідальним секретарем авторитетного наукового журналу «Успехи физических наук». Значного поширення у свій час набув його підручник для педагогічних вишів «Специальная теория относительности» (вид. 1969 і 1977 рр.), а також серія укладених ним збірників статей відомих учених: «Школьникам о современной физике»⁴⁾.

У кінці згаданого короткого повідомлення «Від видавництва», яке, вочевидь, маємо трактувати як передмову самого редактора, зазначалося:

«Здійснюючи нове перевидання «Захоплюючої фізики», видавництво не ставило собі за мету докорінну переробку тексту книги, яка вже себе зарекомендувала. Під час редагування в авторському тексті лише замінені застарілі цифри і положення, вилучені проекти, які себе не виправдали, поновлена і виправлена частина рисунків, зроблені окремі доповнення в тексті і примітки».

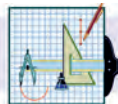
Насправді втручання були набагато глибшими, починаючи зі скорочення передмови автора. Тому в середовищі фізичної інтелігенції 1960–1980-х років культивувалися переваги «старіших» видань «Захоплюючої фізики». Частково ці запити на повернення до автентичних текстів були реалізовані в 21–23-х виданнях 1982–1991 рр.

¹⁾ Джерело: Ржевкин С. Н. Анатолій Болеславович Млодзеевський (к семидесятипятилетию со дня рождения) // Успехи физических наук, 1958, т. 66, вып. 1, с. 144–146. — Прим. ред.

²⁾ Чого, на жаль, не скажеш про сам зміст книги: було допущено багато втручань ідеологічно-цензурного характеру, особливо у 15-у виданні. — Прим. ред.

³⁾ В усіх наступних виданнях (починаючи з 16-го) підзаголовок не подавався. — Прим. ред.

⁴⁾ Джерело: Памяти Владимира Александровича Угарова // Успехи физических наук, 1978, т. 124, вып. 2, с. 358–360. — Прим. ред.



А.Б. Млодзеевський



В.О. Угаров



О.В. Митрофанов¹⁾

Редактором цих видань «Захоплюючої фізики» був московський фізик і популяризатор науки Олександр Вікторович **Митрофанов** (нар. 1945 р.)²⁾. У 1969 р. він закінчив знаменитий Фізтех (Московський фізико-технічний інститут) і був одним з останніх аспірантів Нобелівського лауреата П.Л. Капіци в академічному Інституті фізичних проблем. Нині він є провідним спеціалістом Лабораторії рентгенівської астрономії Сонця Фізичного інституту ім. П.М. Лебедева в Москві. Окрім професійної діяльності, займався викладанням фізики та публікацією науково-популярних статей у фізико-математичному журналі для школярів «Квант», уклав та переклав відомий збірник «Образованный ученый» (М.: Наука, 1979. — 160 с.) про підготовку молодих фізиків у Великій Британії.

Ось що писав О.В. Митрофанов у своїй передмові до 21-го видання (подаємо її повністю):

Друга книга «Захоплюючої фізики» є самостійним збірником цікавих нарисів, укладеним невтомним популяризатором науки, письменником і педагогом Яковом Ісидоровичем Перельманом (1882–1942).

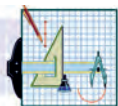
У чому секрет успіху «Захоплюючої фізики» в нас у країні і за рубежом? У 1924 р. О. Д. Хвольсон, автор п'ятитомного підручника з фізики, писав про Я.І. Перельмана: «Автор здобув цілком заслужену славу своїми популярними творами, перше місце серед яких займає «Захоплююча фізика». Ця, справді захоплююча, книга цікава навіть для спеціаліста-фізика. У ній зібрано об'ємний і різноманітний матеріал, його виклад легкий і бездоганний».

Ще й зараз книга читається легко і з цікавістю, хоча відтоді дуже багато чого змінилося в системі наших знань і фізичних уявлень.

Двадцять перше видання «Захоплюючої фізики» підготовлене видавництвом до сторіччя від дня народження Я.І. Перельмана. Редакція прагнула зберегти авторський текст, була навіть зроблена спроба повернутися до більш старих, прижиттєвих видань автора. Доповнення й примітки редактора подані в кінці книги.

¹⁾ Автопортрет (2013 р.). Надісланий автором спеціально для цього видання. — *Прим. ред.*

²⁾ Під час підготовки до видання Книги 1 «Захоплюючої фізики» ми не раз зверталися до О.В. Митрофанова за різноманітними порадами і щоразу отримували їх. Але ще більше важливо його моральна підтримка нашого проекту. — *Прим. ред.*

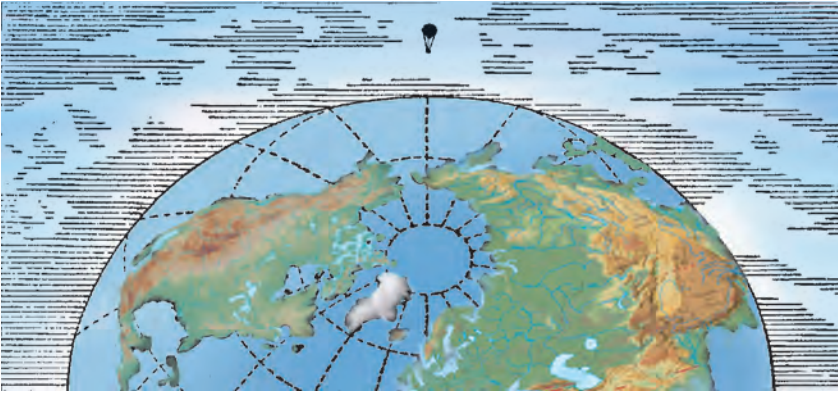


Титульні сторінки 15-го, 16-го, 20-го і 21-го видань

Колись Я.І. Перельман зазначив¹⁾, що «Захоплююча фізика» написана не для того, щоб залишити допитливого читача усім задоволеним. Навпаки, її завдання — «викликати в нього спрагу до знань, породити бажання для подальшого читання». І ми сподіваємося, що ця книга буде із цікавістю прийнята нашими сучасниками — молодими читачами, допитливими і спраглими до знань, перед якими ще не раз постане у повсякденному житті дивовижний світ фізичних явищ.

О. В. Митрофанов

¹⁾ Див. його «Що читати далі» в кінці книги. — Прим. ред.



РОЗДІЛ ПЕРШИЙ

ОСНОВНІ ЗАКОНИ МЕХАНІКИ

НАЙДЕШЕВШИЙ СПОСІБ ПОДОРОЖУВАТИ

Дотепний французький письменник XVII ст. Сірано де Бержерак (1619–1655) у своїй сатиричній «Історії держав та імперій на Місяці» (1652 р.) розповідає, з-поміж іншого, про такий дивовижний випадок, який, начебто, з ним трапився. Займаючись фізичними дослідженнями, він одного разу незбагненним способом був піднятий разом зі своїми пляшечками з росою високо в повітря¹⁾. Коли ж через кілька годин йому вдалося спуститися знову на

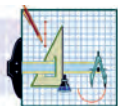


Сірано де Бержерак.
Гравюра XVII ст.



Політ Сірано де Бержерака,
піднятого пляшечками з росою

¹⁾ Оскільки роса піднімається в повітря завдяки тому, що притягується сонячним теплом, — гадав дотепний винахідник, — то, набравши достатньо цього продукту в пляшечки і обвішавшись ними, можна буде піднятися високо в небо і навіть долетіти до Місяця. Однак здіймався він занадто стрімко і замість наближення до Місяця почав віддалятися від нього. Довелося потроху розбивати пляшечки, щоб знову спуститися на Землю. — *Прим. ред.*



Землю, то, на своє здивування, він опинився вже не в рідній Франції і навіть не в Європі, а на материку Північної Америки, в Канаді! Проте свій несподіваний переліт через Атлантичний океан французький письменник вважає цілком природним. Він пояснює його тим, що, поки мимовільний мандрівник був відокремлений від земної поверхні, наша планета продовжувала, як і раніше, обертатися із заходу на схід; ось чому, коли він спустився, то під його ногами замість Франції опинився вже материк Америки...

Здавалося б, який дешевий і простий спосіб мандрувати! Варто лише піднятися над Землею і протриматися в повітрі хоча б декілька хвилин, аби спуститися вже зовсім в іншому місці, далеко на захід. Замість того, щоб затівати виснажливі подорожі через материки й океани, можна нерухомо повисіти над Землею й дочекатися, поки вона сама підставить мандрівнику місце його призначення.

На жаль, цей дивовижний спосіб не більше, ніж фантазія. По-перше, піднявшись у повітря, ми, по суті, ще не відокремлюємося від земної кулі: ми залишаємося зв'язаними з її газоподібною оболонкою, зависаємо в її атмосфері, яка теж бере участь в обертанні Землі навколо осі (рис. 1). Повітря — точніше, його нижні густіші шари — обертається разом із Землею, захоплюючи із собою все, що в ньому є: хмари, аероплани,

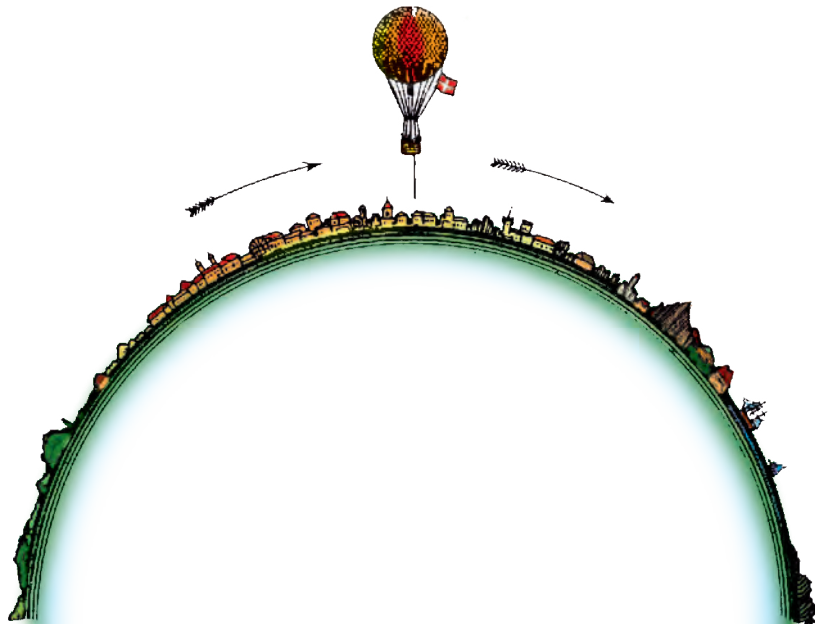
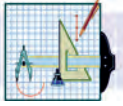


Рис. 1. Чи можна з аеростата бачити, як під нами обертається Земна куля? Художнику тут довелося знехтувати точним масштабом. Якби він захотів зобразити Землю відповідно до розмірів аеростата, то йому потрібний був би аркуш паперу завширшки десять кілометрів



всіх літаючих птахів, комах тощо. Якби повітря не брало участі в обертанні земної кулі, то, стоячи на Землі, ми постійно відчували б неймовірно сильний вітер, у порівнянні з яким найстрашніший ураган мав би здаватися ніжним повіюванням¹⁾. Адже зовсім неважливо: чи стоїмо ми на місці, а повітря рухається повз нас, чи, навпаки, повітря нерухоме, а ми переміщаємося в ньому; в обох випадках ми відчуваємо однаково сильний вітер. Автомобіліст, який мчить зі швидкістю 100 км/год, відчуває дуже сильний зустрічний вітер навіть при зовсім тихій погоді.

Це по-перше. По-друге, якби навіть ми змогли піднятися у верхні шари атмосфери, або якби Земля зовсім не була оточена повітрям, нам і тоді не вдалося б скористатися тим дешевим способом мандрування, про який фантазував французький сатирик. Справді: відриваючись від поверхні рухомої Землі, ми продовжуємо за інерцією рухатися з попередньою швидкістю, тобто з тією, з якою під нами рухається Земля. Коли ж ми знову опускаємося вниз, то опиняємося в тому самому місці, від якого раніше відірвалися, аналогічно до того, як, підскачовиши у вагоні рухомого поїзда, ми опускаємось на попереднє місце. Щоправда, ми будемо рухатися за інерцією прямолінійно (по дотичній), а «місце під нами» — по дузі; але для невеликих проміжків часу це майже не впливає на результат.

«ЗЕМЛЕ, ЗУПИНИСЬ!»

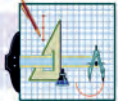
У відомого англійського письменника Герберта Веллса є фантастичне оповідання про те, як якийсь конторник творив чудеса²⁾. Всупереч очікуванням, доволі обмежений і малоосвічений молодик був од природи наділений дивовижним даром: варто було йому лише висловити якесь бажання, — як воно одразу здійснювалося. Втім, як виявилось, цей спокусливий дар не приніс ні герою розповіді, ні іншим людям нічого, крім неприємностей. Для нас особливо повчальний кінець цієї історії.

Після надміру затяжної нічної гулянки конторник-чудодій, побоюючись заявитися додому на світанку, надумав скористатися своїм даром, щоб продовжити ніч. А як це зробити? Потрібно наказати небесним світилам призупинити свій біг. Конторник не одразу наважився на такий

¹⁾ Швидкість урагану — 40 м/с, або 144 км/год. А земна куля на широті, наприклад, Ленінграда несла б нас крізь повітря зі швидкістю 230 м/с, або 828 км/год! — *Прим. авт.*

В найсильніших тропічних циклони вітер досягає швидкості 110 м/с. Найбільша швидкість вітру була зафіксована в 1934 р. у США. Вона становила 115,6 м/с (416 км/год). Цей факт наводиться в книзі: Оксанович Л. В. Невидимый конфликт. — М.: Стройиздат, 1981, с. 27. — *Прим. ред. 21-го–23-го вид.*

²⁾ Це оповідання так і називається: «Людина, яка могла творити чудеса» («The Man Who Could Work Miracles», 1898). В українському перекладі більше відоме під назвою «Чудотворець». — *Прим. ред.*



незвичайний подвиг, і коли приятель порадив йому зупинити Місяць, то, уважно поглянувши на небо, задумливо сказав:

— Мені здається, він занадто далеко для цього... Як ти гадаєш?

— Але чому ж не спробувати? — наполягав Мейдіг (так звали приятеля, — *Я. П.*). — Місяць, звісно, не зупиниться, ти тільки припиниш обертання Землі. Хід часу зупиниться. Сподіваюсь, це нікому не нашкодить!

— Гм, — сказав Фотерінгей (конторник, — *Я. П.*). — Гаразд, спробую. Ну...

Застібнувшись на всі ґудзики, він став у владну позу, розпростер руки над світом й урочисто наказав:

— Земле, зупинись! Перестань обертатися!

Не встиг він доказати цих слів, як приятелі вже летіли сторч головою зі швидкістю кількох дюжин миль за хвилину.

Незважаючи на це, він продовжував думати, оскільки думка інколи майже не потребує часу. Менше ніж за секунду він встиг і подумати, і висловити про себе наступне бажання:

— Що б не трапилося, нехай я буду живий і неушкоджений!

Не можна не визнати, що це побажання було висловлене якраз вчасно, оскільки костюм Фотерінгея, внаслідок тертя об повітря, вже почав займатися¹⁾. Ще кілька секунд, — і він упав на якусь свіжоскопану землю, а навколо нього, не чинячи йому ніякої шкоди, летіло величезне каміння, уламки будинків, різні металеві предмети (рис. 2); летіла і якась нещасна корова, а потім розбилась під час удару об землю. Довкола стояв страшенний шум. Ні досі, ні опісля Фотерінгей не чув нічого схожого. Вітер дув з такою силою, що він не міг навіть підвести голови, щоб озирнутися довкола. Признатись, він про це й не думав, — настільки приголомшило його все те, що відбувалося.

— Господи! — вигукнув він уривчастим голосом. — Що скоїлося? Буря, чи що? Адже ніч була така тиха! То Мейдіг в усьому винуватий. І навіть що я його послухав! Де ж то він тепер? Мабуть, я щось не так зробив!

Роззирнувшись, наскільки давав змогу вітер і розвіяні фалди піджака, він продовжував:

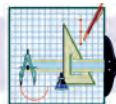
— А на небі, здається, все в порядку. Ось і Місяць. Як і раніше, прямо над головою. Ну, а все решта... де ж місто? Де будинки й вулиці? Звідки, врешті, взявся вітер? Я не наказував бути вітру.

Фотерінгей спробував звестись на ноги, але це виявилось абсолютно неможливим, і тому він подався вперед рачки, притримуючись за каміння та горбки. Йти, зрештою, не було куди, бо наскільки можна було побачити з-під фалд піджака, закинутих вітром на голову чудодія-плазуна, все довкола було суцільною руїною.

— Щось таке у всесвіті серйозно зіпсувалося, — подумав він, — а що саме — Бог його зна.

Справді, зіпсувалось. Ні будинків, ні дерев, ні якихось живих істот — нічого не було видно. Лише безформні руїни та різноманітні уламки валялися довкола, ледве помітні посеред суцільного урагану пилу, піднятого

¹⁾ Не забудьмо, що він рухався відносно повітря зі швидкістю револьверної кулі. — *Прим. авт.*

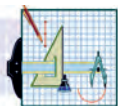


вітром. Грім і блискавка при абсолютно ясному небі довершували картину, що постала перед винуватцем усієї цієї катавасії.



Рис. 2. Що сталося б, якби Земля раптово перестала обертатися навколо своєї осі

Сам винуватець, звісно, не розумів, у чому річ. А пояснювалось усе дуже просто. Зупинивши Землю раптово, Фотерінгей не подумав про інерцію, тимчасом як вона при раптовій зупинці кругового руху неминуче мала скинути з поверхні Землі все, що на ній було. Ось чому будинки, люди, дерева, тварини — взагалі все, що не було нерозривно зв'язане з головною масою земної кулі, полетіло по дотичній до її поверхні зі



швидкістю, яка перевищує швидкість ядра при вильоті з дула гармати¹⁾. А потім усе це знову падало на Землю, розбиваючись у друзки.

Фотерінгей не знав, у чому річ, але він умить збагнув, що здійснене ним чудо було не дуже вдалим, а тому в нього одразу з'явилась глибока відраза до всіх чудес, і він зарікся не творити їх більше. Але спочатку потрібно було якось виправити те лихо, якого він накоїв. А лихо було не малим. На додачу до свого жаху, Фотерінгей бачив, що воно навіть збільшується. Справді, буря лютішала, хмари пилу зовсім закривали Місяць, і вдалині було чути шум від наближення води; Фотерінгей навіть бачив при світлі блискавки суцільну водяну стіну, яка зі страшенною швидкістю насувалася на те місце, де він лежав.

— Мейдіге! Мейдіге! — закричав він. — Де ти?

Але, не діждавшись жодної відповіді і розуміючи, що доводиться діяти на свій страх і на свою відповідальність, не порадившись з досвідченими людьми, він став рішучим.

— Стій! — загорлав він, звертаючись до води. — Ані руш далі!

Потім повторив те саме розпорядження для грому, блискавки й вітру. Усе стихло.

— Стривайте хвилику, — сказав Фотерінгей, — дайте мені зібратися з думками... Що ж мені тепер робити?

Присівши навпочіпки, містер Фотерінгей задумався.

— Як би це знову не натворити якого-небудь рейваху, — подумав він, а потім сказав: — ага..., по-перше, коли здійсниться все, що я зараз накажу, нехай я втрачу здатність творити чудеса і стану таким, як усі звичайні люди. Не люблю чудес. Це занадто небезпечна іграшка. А, по-друге, нехай все буде по-старому: те ж місто, ті ж люди, ті ж будинки, і я сам такий самий, як був тоді. Доволі чудес, не хочу більше».

ЛИСТ ІЗ ПОВІТРЯНОЇ КУЛІ

Уявіть собі, що ви сидите в корзині повітряної кулі, яка швидко летить над землею. Внизу — знайомі місця. Зараз ви пролетите над садибою свого товариша (рис. 3). «Добре було б надіслати йому вітання», — спадає вам на думку. Ви швиденько записуєте декілька слів на аркушику із записної книжки, прив'язуєте записку до камінця і, дочекавшись моменту, коли знайомий сад буде якраз під вашими ногами, впускаєте камінець.

Ви, звісно, абсолютно впевнені, що камінець упаде прямісінько в сад біля будинку. Проте він падає зовсім не туди, хоч сад і будинок розміщені якраз під вами! Стежачи за його падінням з корзини повітряної кулі, ви побачили б дивне явище: камінець опускається вниз, але водночас і далі залишається під кулею, немовби ковзаючи по прив'язаній до неї невидимій нитці. І коли він долетить до землі, то буде

¹⁾ Сучасні гармати надають ядрам набагато більшу швидкість. — Прим. авт.

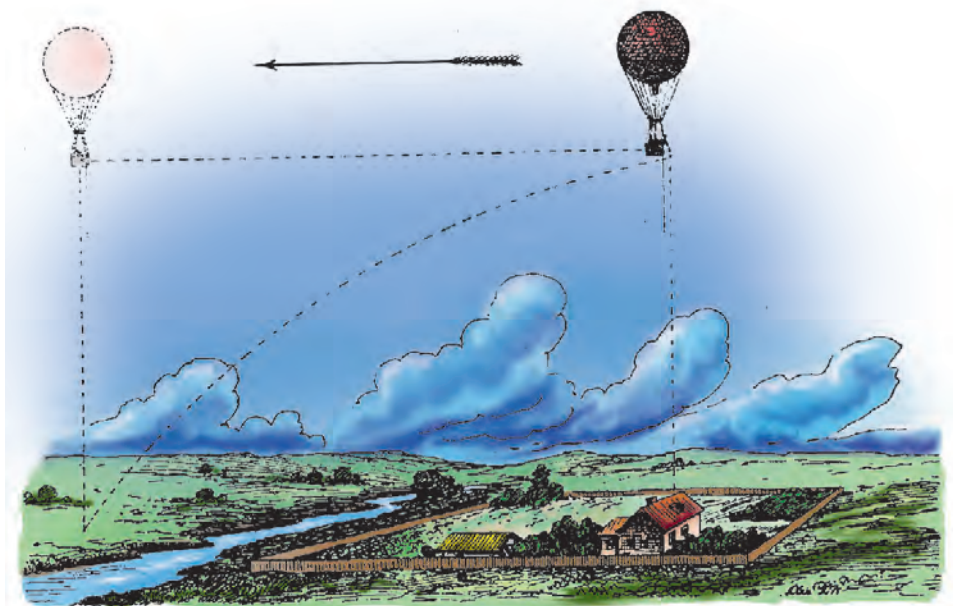
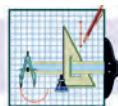


Рис. 3. Якщо з повітряної кулі під час її лету випустити камінець, то він падатиме не вертикально вниз, а по кривій лінії, весь час залишаючись під повітряною кулею

далеко попереду від того місця, яке ви намітили. Тут проявляється той самий закон інерції, який заважає нам скористатися спокусливою порадою Сірано де Бержерака дешево подорожувати за його методом.

Поки камінець був у корзині повітряної кулі, він летів разом з нею. Ви його скинули, — але, відокремившись від кулі і падаючи вниз, камінець не втрачає своєї початкової швидкості, а, падаючи, продовжує рухатися в повітрі у тому ж напрямку. Обидва рухи, вертикальний і горизонтальний, додаються, — і в результаті камінець летить униз по кривій лінії, залишаючись увесь час під кулею (якщо тільки, звісно, сама куля не змінить раптово напрямку або швидкості свого польоту). Камінець летить, по суті, так само, як летить горизонтально кинуте тіло, — наприклад, куля, що вилетіла з горизонтально спрямованої гвинтівки: під впливом горизонтального поштовху і притягання землі, тіло описує дугоподібний шлях, який в кінці кінців впирається в землю.¹⁾

Відхилення від вертикальної лінії може бути дуже істотним, якщо на місці повітряної кулі буде аероплан і летітиме він високо з великою швидкістю (рис. 4). У тиху погоду камінь, кинутий з аероплана, що летить на висоті 1 000 м зі швидкістю 100 км/год, падає метрів на 400 попереду від того місця, яке знаходиться прямовисно під аеропланом.

¹⁾ Зауважимо, що все сказане тут було б абсолютно правильним, якби не було опору повітря. Насправді ж цей опір гальмує і вертикальне, і горизонтальне переміщення каменя, а тому камінь не залишатиметься весь час під повітряною кулею, а трохи відставатиме від неї. — Прим. ред. 14-го–15-го вид.

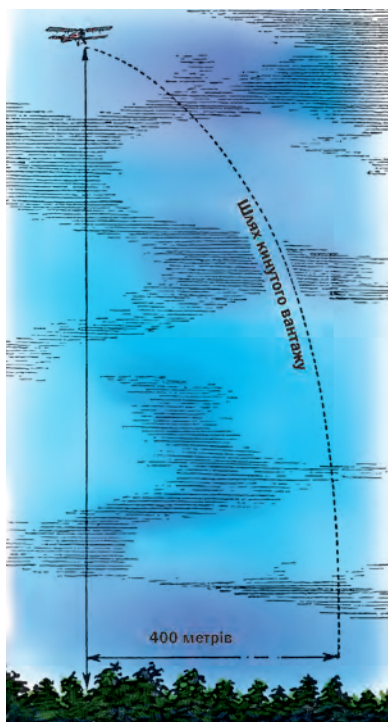
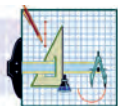


Рис. 4. Камінь, кинутий з літака, падає не прямовисно, а по кривій

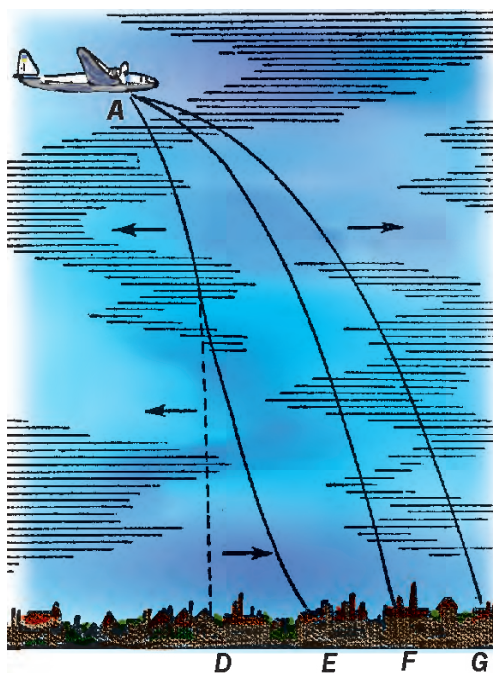


Рис. 5. Шляхи, по яких падають бомби, скинуті з літака: AF — у тиху погоду; AG — при попутному вітрі; AD — при зустрічному вітрі; AE — при вітрі, зустрічному вгорі і попутному вниз

Розрахунок (якщо знехтувати опором повітря) нескладний. Із формули $S = \frac{gt^2}{2}$ для шляху при рівномірно прискореному русі ми одержимо, що $t = \sqrt{\frac{2S}{g}}$. Отже, з висоти 1 000 м камінь повинен падати протягом

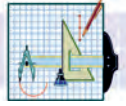
$$t = \sqrt{\frac{2 \times 1000}{9,8}} \approx 14 \text{ с.}$$

За цей час він встигне переміститись у горизонтальному напрямі на відстань

$$\frac{100000}{3600} \times 14 \approx 390 \text{ м.}$$

БОМБОМЕТАННЯ

Після щойно сказаного стає зрозумілим, яке важке завдання у військового льотчика, якому потрібно скинути бомбу на визначене місце: йому доводиться брати до уваги і швидкість літака, й умови падіння важкого тіла в повітрі, і, крім того, швидкість вітру. На рис. 5 схематично зображені різні шляхи, які описує скинута бомба при тих чи інших умовах.



Якщо вітру немає, то скинута бомба летить по кривій AF ; чому так, — ми пояснили вище. При попутному вітрі бомба відноситься вперед і рухається по кривій AG . При зустрічному вітрі помірної сили, якщо він угорі і вниз однаковий, бомба падає по кривій AD . Якщо ж, як це часто буває, вітер внизу протилежний вітрові вгорі (внизу — попутний, а вгорі — зустрічний), то крива падіння змінює свій вигляд і набуває форми лінії AE .¹⁾

БЕЗУПИННА ЗАЛІЗНИЦЯ

Коли ви стоїте на нерухомій платформі вокзалу і повз неї мчить кур'єрський поїзд, то вскочити у вагон на ходу, звичайно, дуже важко. Але уявіть собі, що платформа під вами також рухається, і до того ж — з такою самою швидкістю і в той самий бік, що й поїзд. Чи важко буде вам тоді увійти до вагона?

Зовсім ні: ви увійдете так само спокійно, як коли б вагон стояв нерухомо. Справді, коли і ви, і поїзд рухаєтесь в один бік з однаковою швидкістю, то відносно вас поїзд абсолютно нерухомий. Правда, колеса його обертаються, але вам здаватиметься, що вони крутяться на місці. Строго кажучи, і всі ті предмети, які ми зазвичай вважаємо нерухомими, наприклад, поїзд, що стоїть біля вокзалу, — рухаються разом з нами навколо осі земної кулі і навколо Сонця; однак на практиці ми на цей рух зовсім не зважаємо²⁾.

Отже, цілком реально зробити так, аби поїзд, проходячи повз станцію, приймав і висаджував пасажирів на повному ходу, не зупиняючись.

Такі облаштування часто монтуються на виставках, аби дати змогу публіці швидко і зручно оглядати всі приваби, розкинуті на великій території. Наприклад, на Міжнародній архітектурній виставці в Лейпцигу, восени 1913 р., крайні пункти виставкової території були сполучені із залізницею своєрідною безкінечною стрічкою; при цьому пасажирів могли в будь-який момент і в будь-якому місці входити до вагонів і виходити з них на повному ходу поїзда.

Схеми цього цікавого облаштування зображені на рис. 6 і 7. На рис. 6 літерами A і B позначені крайні станції. На кожній станції міститься кругла нерухома платформа, оточена великим обертовим кільцеподібним диском. Навколо оберткових дисків обох станцій обходить канат, до якого причіплені вагони. Тепер простежте, що відбувається

¹⁾ У виданнях 14–15 у цьому місці подавалося таке доповнення редактора:

«Трохи інакший вигляд має бомбометання з так званих пікіруючих бомбардувальників. Ці літаки бомблять не з горизонтального польоту, а з положення «пікірування» на ціль: літак «падає» на ціль під кутом, що дуже наближається до прямого. Це дає можливість льотчикові прицілюватись напрямом падіння літака. До того ж бомби скидаються з меншої висоти на виході з пікірування. Все це підвищує точність бомбометання». — *Прим. ред.*

²⁾ Див. мою «Захоплюючу механіку» (розд. 1). — *Прим. авт.*

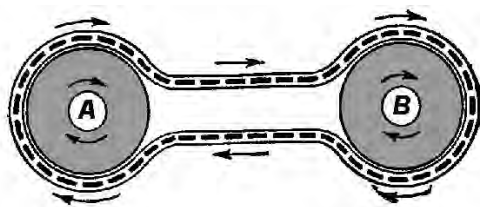
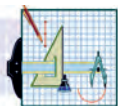


Рис. 6. Схема безупинної залізниці між станціями А і В.
Так була влаштована «безупинна» залізниця на Лейпцизькій виставці.
Схему облаштування вокзалу подано на наступному рисунку

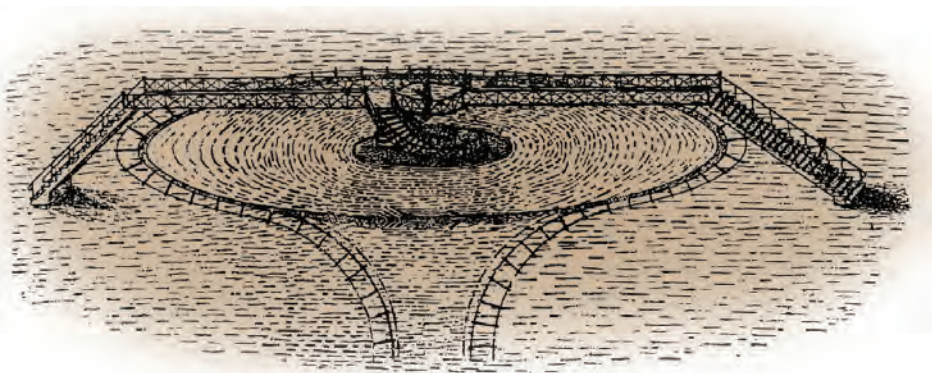
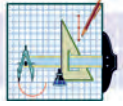


Рис. 7. Вокзал на безупинній залізниці.
Над круглою посадковою платформою, яка постійно обертається, перекинута галерея, по якій пасажери спокійно переходять із внутрішнього нерухомого круга на зовнішню територію поза залізницею

під час обертання диска. Вагони обходять навколо дисків з такою самою швидкістю, з якою обертаються зовнішні краї платформ; отже, пасажири без щонайменшого остраху можуть переходити з платформ у вагони або, навпаки, виходити з поїзда. Вийшовши з вагона, пасажир іде обертотним диском до центра круга, поки дійде до нерухомого майданчика; а перейти із внутрішнього краю рухомого диска на нерухомий майданчик уже неважко, оскільки тут при малому радіусі круга доволі мала й кругова швидкість обертання¹⁾. Діставшись внутрішньої нерухомої платформи, пасажир лишається тільки перейти містком на територію поза залізницею (рис. 7).

Розміри кругів і швидкість їхнього обертання були вибрані так, що зовнішні краї дисків пробігали 4 м/с (близько 15 км/год), а внутрішній край рухався зі швидкістю всього метр за секунду. При такій швидкості, — а точніше сказати б, при такій повільності, — можна було, звісно, безпечно переходити на платформу.

¹⁾ Легко зрозуміти, що точки внутрішнього краю рухаються значно повільніше, ніж точки зовнішнього краю, бо за той самий час описують значно менший коловий шлях. — Прим. авт.



Відсутність частих зупинок дає величезний виграш у часі й витраті енергії. Наприклад, у міських трамваях багато часу і майже дві третини всієї енергії витрачається на поступове прискорення руху під час рушання із зупинок і на сповільнення при підході до зупинок¹⁾. Про те, що це теж потребує витрати енергії, багато хто забуває. А тим часом уже Декарт абсолютно резонно зауважив, що потрібно не менше сили (енергії) для зупинки човна на плаву, ніж для його розгону.

На залізничних станціях можна було б обійтись навіть без спеціальних рухомих платформ, аби приймати і висаджувати пасажирів на повному ході поїзда. Уявіть, що мимо звичайної нерухомої станції мчить кур'єрський поїзд; ми хочемо, щоб він, не зупиняючись, прийняв тут нових пасажирів. То нехай ці пасажирів займуть поки що місця в іншому поїзді, який стоїть на запасній паралельній колії, і нехай цей поїзд почне рухатися вперед, розвиваючи таку саму швидкість, як і кур'єрський. Коли обидва поїзди опиняться поруч, вони будуть немовби нерухомими один відносно одного: достатньо перекинути містки, які з'єднували б вагони обох поїздів, — і пасажирів допоміжного («тимчасового») поїзда зможуть спокійно перейти в кур'єрський. Зупинки на станціях, як бачите, стануть зайвими.

«Така теорія. Здійснення цього проекту на практиці, мабуть, дуже клопітке; тому таких облаштувань ще ніде не будувалося», — писав я у перших виданнях «Захоплюючої фізики»²⁾. Але з 1924 року я вже міг додати, що описаний проект реалізований в Америці і саме в тому вигляді, в якому він тут викладений: на залізничних станціях влаштовується паралельна колія завдовжки 1–2 км, якою курсують трамвайні вагони, що приймають і висаджують пасажирів кур'єрського поїзда на повному ході. Те, що в 1922 р. було тільки темою для винахідників, у 1924 р. вже втілювалося в життя! Повчальний факт для тих, хто в розгляді наукових фантазій схильний бачити тільки безплідну гру розуму...

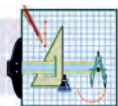
На цей проект схожий інший, висунутий в 1936 р. у США: проект надземної дороги із двох суміжних платформ, що рухаються з різною швидкістю. «Перша платформа, — повідомлялося в газетах, — рухається зі швидкістю до 20 км/год і щохвилини зупиняється рівно на 10 с. Її рух узгоджений з рухом другої платформи — реальним поїздом

¹⁾ Втрат енергії на гальмування можна уникнути, якщо при гальмуванні перемикає електро-двигуни трамвая так, щоб вони працювали як динамомашини, повертаючи струм у мережу. У деяких містах, наприклад, в Шарлоттенбурзі (передмістя Берліна), завдяки цьому витрату енергії на трамвайний рух удалося знизити на 30%. — *Прим. авт.*

Цей прийом набув широкого застосування на електрифікованій трасі Владивосток – Москва. — *Прим. ред. 16-го–20-го вид.*

Зараз цей прийом іноді застосовується на електрифікованих залізницях. Він дає істотну економію електроенергії на тих ділянках доріг, де можливі часті зупинки поїздів. — *Прим. ред. 21-го–23-го вид.*

²⁾ У виданнях 1–5, що виходили у 1916–1922 рр. — *Прим. ред.*



із сидіннями. Цей поїзд-платформа рухається зі швидкістю 26 км/год, але час від часу сповільнює свій хід і проходить з тією самою швидкістю, що й перша платформа. Коли швидкості обох платформ зрівнюються, пасажери можуть перейти з рухомої платформи на платформу-поїзд, який після цього прискорює хід».

ПОПЕРЕДЖЕННЯ КАТАСТРОФ

Цікавим прикладом застосування закону відносного руху може служити запатентований недавно на Заході пристрій, за допомогою якого винахідник сподівається уникати зіткнення автомобілів з поїздами у місцях перехрещення шосе із залізничною колією. Біля переїздів облаштовується особливий в'їзний майданчик, настил якого з наближенням поїзда починає автоматично рухатися назад на роликах, аналогічно до нескінченного ремня. Швидкість руху настилу перевищує найбільшу швидкість автомобіля; тому автомобіль, який опинився на такому рухомому майданчику, буде віднесений ним назад, якою б не була його швидкість. Після проходження поїзда рух настилу припиняється — і автомобіль безперешкодно переїжджає через колію.

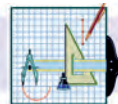
ВУЛИЦІ МАЙБУТНЬОГО

На законі відносного руху ґрунтується й інше удосконалення, яке досі застосовувалося лише на виставках: так звані «рухомі тротуари». Вперше вони були реалізовані на виставці в Чикаго у 1893 р., а потім — на Всесвітній Паризькій виставці 1900 р.

Ось рисунок такого застосування (рис. 8). Ви бачите п'ять замкнутих смуг-тротуарів, що рухаються за допомогою спеціального механізму — одна



Рис. 8. Рухомі тротуари



всередині іншої і з різною швидкістю. Крайня смуга рухається доволі повільно — зі швидкістю всього 5 км/год; це звичайна швидкість пішохода і, зрозуміло, стати на смугу, що так повільно повзе, неважко. Поряд з нею, всередині, біжить друга смуга, зі швидкістю 10 км/год. Спочити на ній безпосередньо з нерухомої вулиці було б небезпечно, але перейти з першої смуги — простіше простого. Справді, відносно цієї першої смуги, яка повзе зі швидкістю 5 км/год, друга, що біжить зі швидкістю 10 км/год, так само повзе зі швидкістю лише 5 км/год; отже перейти з першої смуги на другу так само легко, як перейти із землі на першу смугу. Третя смуга рухається зі швидкістю уже 15 км/год, але перейти на ній з другої смуги, звісно, неважко. Так само легко перейти із третьої смуги на наступну четверту, яка біжить зі швидкістю 20 км/год, і, нарешті, з неї — на п'яту, яка мчить уже зі швидкістю 25 км/год. Ця п'ята смуга доставляє пасажирів до того пункту, який йому потрібний. Тут, спокійно переходячи зі смуги на смугу в зворотному порядку, він сходить на нерухому вулицю.

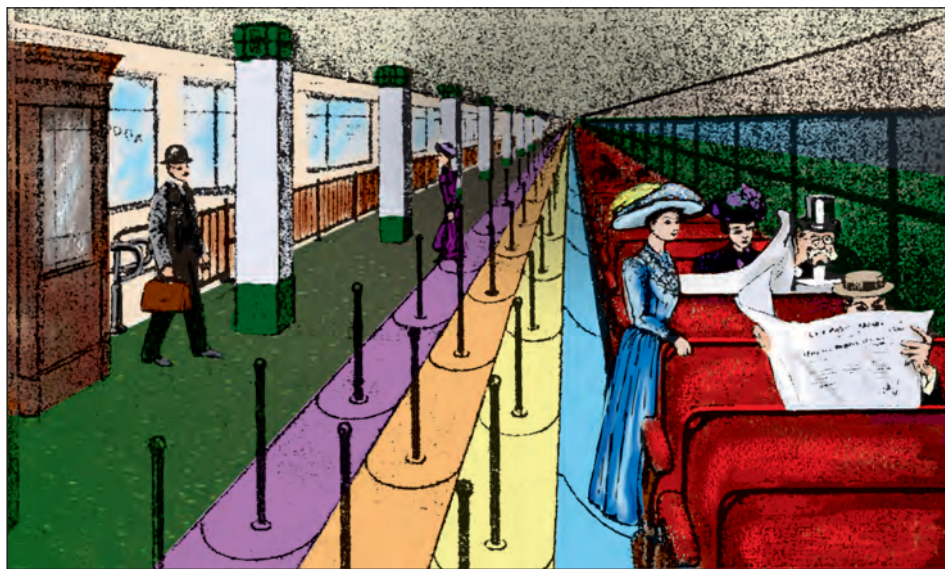
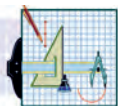


Рис. 9. Рухомі вулиці-поїзд під землею (Нью-Йорк).

Перед тим, як потрапити з нерухомої платформи в поїзд, пасажир проходить через три смуги, що рухаються вперед, кожна трохи швидше за попередню

Досі такі рухомі тротуари влаштовувалися лише тимчасово, на кілька місяців, для обслуговування великих виставок. Але в майбутньому, можна сподіватися, у великих містах почнуть влаштовувати і постійно діючі об'єкти такого виду. Зокрема, такий проект свого часу (як повідомляли журнали 1923 р.) передбачалося реалізувати в Нью-Йорку в підземному тунелі (рис. 9). Його мета — уникнути



надмірного скупчення пасажирів на залізничних станціях, — цілком буде досягнута, оскільки сідати в поїзд можна буде у будь-якому місці, не чекаючи його зупинки.

Відповідно до проекту, ця підземна залізниця мала мати вигляд безперервної кругової стрічки з влаштованими на ній сидіннями для пасажирів. Стрічка мала рухатися зі швидкістю 20 км/год. До неї мали примикати ще три допоміжні стрічки, які полегшують перехід з нерухомої платформи на стрічку-поїзд. Їхні швидкості — 15, 10 і 5 км/год. Пасажиру, який хоче сісти в поїзд, неважко ступити з нерухомої платформи на першу стрічку (тримаючись за один з її вертикальних поручнів); так само легко перейти з неї на другу стрічку, потім на третю, і, нарешті, сісти в поїзд. До слова, обчислено, що завдяки економії енергії на зупинки поїзда, неперервна дорога обійдеться дещо менше від доріг звичайного типу¹⁾.

НЕ ЗОВСІМ ЗРОЗУМІЛИЙ ЗАКОН

Жоден із трьох основних законів механіки не викликає, мабуть, стільки непорозумінь, як знаменитий «третій закон Ньютона» — закон дії і протидії. Всі його знають, уміють навіть в деяких випадках правильно застосовувати, — і все ж мало хто вірить в його істинність. Можливо вам, читачу, пощастило одразу зрозуміти цей закон, — але я, признаюсь, належною мірою збагнув його лише через десяток років після того, як уперше з ним ознайомився. Розмовляючи з різними людьми, що мали стосунок до механіки, я не раз переконувався, що більшість з них визнає правильність цього закону лише з істотними застереженнями. Вони охоче припускають, що закон істинний для тіл нерухомих, але не можуть збагнути, як можна застосовувати його до взаємодії рухомих тіл...

«Дія, — говорить цей закон, — завжди рівна і протилежна протидії». Це означає, наприклад, що коли кінь тягне воза (або сани — *ред.*) (рис. 10), то й віз тягне коня назад з такою самою силою. Але якщо це так, то тоді входить, що віз повинен залишатися на місці: чому ж усе-таки він рухається? Чому ці сили не зрівноважують одна одну, якщо вони рівні?

Такі звичайні непорозуміння, пов'язані з цим законом. Отже, закон неправильний? Ні, він, безумовно, правильний; ми тільки неправильно його розуміємо. Сили не врівноважують одна одну просто через те, що прикладені до різних тіл: одна — до воза, інша — до коня. Ці сили рівні, так, — але хіба однакові сили завжди чинять однакову дію? Хіба рівні сили надають усім тілам однакові швидкості (прискорення)?

¹⁾ Мені невідомо, чи був реалізований цей проект. — Прим. авт. до 11-го–13-го вид.

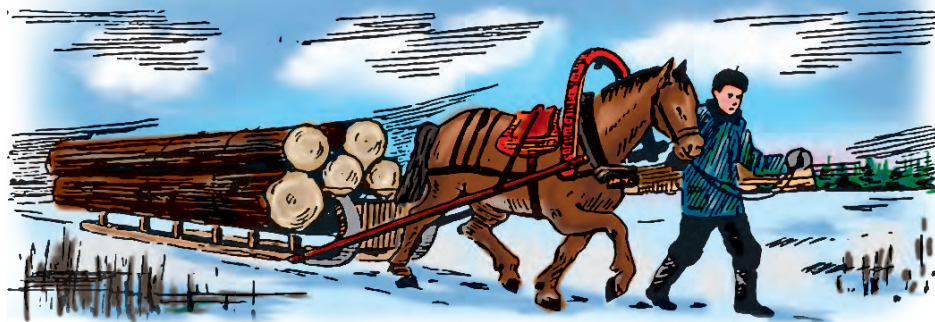
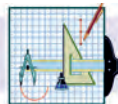


Рис. 10. Кінь тягне сани, а не сани коня

Хіба дія сили на тіло не залежить також від самого тіла, від величини того «опору», який воно чинить силі?

Якщо подумаєте про це, то вам одразу стане зрозумілим, чому кінь все ж таки тягне воза, хоча віз тягне його назад з такою самою силою. Сила, що діє на віз, і сила, що діє на коня, у кожний момент рівні; але оскільки віз значно легше змусити котитися, ніж тягнути назад коня, який впирається в землю, то цілком зрозуміло, що віз рухається в бік коня, а не кінь задкує до воза.

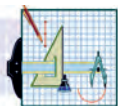
Пояснимо це на числовому прикладі. Нехай кінь тягне воза із силою 20 пудів¹⁾; отже, і віз тягне до себе коня із силою 20 пудів. Для того, аби надати возові деякої швидкості, сили у 20 пудів достатньо; але її далеко не достатньо, щоб надати якоїсь швидкості коню назад, коли той уже почав рухатись вперед. Натягуючи посторонки і відштовхуючись ногами від землі, кінь загалом розвиває силу не 20 пудів, а більшу — скажімо, пудів 30. Частина цієї сили — 10 пудів — забезпечує рух уперед самому коневі, а інша — 20 пудів, долає опір воза і приводить його в рух. Закон рівності дії і протидії тут не порушується: сила 20 пудів, що прикладена до воза, викликає рівну протидіючу силу з боку воза, а сила в 10 пудів, з якою кінь відштовхується від землі, викликає рівну протидію з боку землі.

Подумайте і про те, що якби віз не чинив протидії рушійній силі коня, то... можна було б обійтися і без коня: найменша сила мала б привести воза в рух. Кінь для того й потрібний, щоб переборювати протидію воза.²⁾

¹⁾ Пуд — стара російської одиниця вимірювання ваги. 1 пуд = 40 фунтам = 1 280 лотам = 3 840 золотникам. Відповідно до «Положення про міри та ваги 1899 року», 1 пуд $\approx$ 16,38 кг. — Прим. ред.

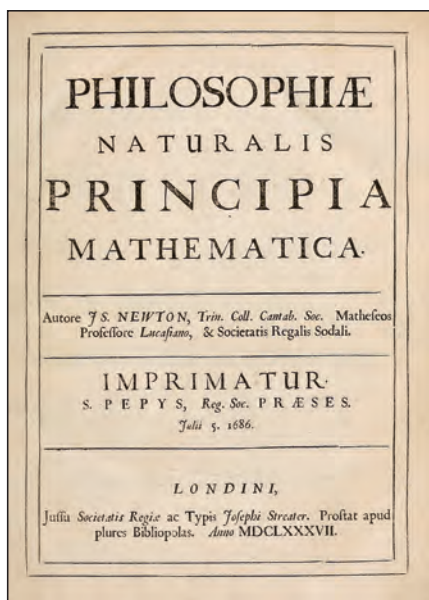
²⁾ При рівномірному русі воза потрібно прикладати деяку силу (це функція коня), щоб долати силу тертя, яка протидіє руху воза.

Пояснення парадоксу «кінь — віз», подане тут Я.І. Перельманом, потребує уточнення. Звісно, сили прикладені до різних тіл: до коня і до воза. Але ж між конем і возом існує жорсткий зв'язок — упряж. Тому з цього погляду їх можна розглядати як єдине тіло. Рух коня з возом легко пояснити, якщо ми звернемо увагу на те, як діє земля, тобто реакція опори, на ці



Усе це засвоювалося б краще і породжувало би менше непорозумінь, якби закон формулювався не у звичайній короткій формі: «дія рівна протидії», а, наприклад, так: «сила протидіюча рівна силі діючій». Адже рівні тут тільки сили, — а дії (якщо розуміти, як зазвичай розуміють, під «дією сили» переміщення тіла) зазвичай не бувають рівними, бо сили прикладенні до різних тіл.¹⁾

Так само, коли полярний лід здавлював корпус пароплава «Челюскін», його борт тиснули на лід з такою самою силою. Катастрофа сталася тому, що потужний лід виявився здатним витримати такий натиск, не руйнуючись, а корпус судна, хоч і сталевий, не був суцільним тілом, і тому піддався цій силі, яка зім'яла й розчавила його. (Детальніше про фізичні причини загибелі «Челюскіна» розповідається в окремому сюжеті в наступному розділі).



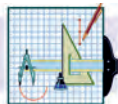
Ісаак Ньютон і титульна сторінка 1-го видання його
«Математичних начал натуральної філософії» (1687 р.)

Навіть падіння тіл строго підпорядковується закону рівності дії і протидії²⁾. Яблуко падає на Землю через те, що його притягує земна куля;

два об'єкти. Якби не було опори під ногами коня, а кінь відштовхувалася б від воза, то скільки б він не силкувався і скільки б їздовий не поганяв його батогом, цей комічний екіпаж нікуди б не поїхав (див. далі сюжет «Чи можна рухатися без опори?»). — Прим. ред. 21-го–23-го вид.

¹⁾ Із російських підручників з фізики для трудової школи вдале, на мій погляд, формулювання закону протидії подається в підручнику проф. А. Й. Бачинського: «Якщо яке-небудь тіло діє з певною силою на інше тіло, то й те інше тіло діє на перше із силою, рівною за величиною, але напрямленою у протилежний бік». — Прим. авт.

²⁾ Хоч не одразу видно ці обидві сили. Але все стає зрозумілим, якщо пригадати, що падіння є рухом під дією сили тяжіння. Сила тяжіння є силою взаємодії тіла і Землі. Отже, рівні, але протилежно спрямовані сили прикладені до тіла і до Землі. — Прим. ред. 14-го–15-го вид.



але з такою самою силою і яблуко притягає до себе нашу планету. Власне кажучи, яблуко і Земля падають одне на одне, але швидкість цього падіння для них різна. Рівні сили взаємного притягання надають яблуку прискорення 10 м/сек^2 , а земній кулі — у стільки разів менше, у скільки разів маса Землі більша за масу яблука. Звісно, маса земної кулі у неймовірну кількість разів більша за масу яблука, і тому Земля набуває такого мізерного переміщення, що практично його можна вважати рівним нулю. Тому ми й говоримо, що яблуко падає на Землю, замість того, щоб сказати: «яблуко й Земля падають одне на одного»¹⁾.

ВІД ЧОГО ЗАГИНУВ СВЯТОГОР-БОГАТИР?

Пригадуєте народну билину про Святогора-богатиря²⁾, який надумав підняти Землю? Архімед, якщо вірити переказам, хоч і не був багатирем, також готовий був здійснити такий подвиг і вимагав лише точки опори для свого важеля. Трохи згодом ми побесідуємо про те, який непередбачений сюрприз очікував би на геніального математика, якби йому надали цю заповітну точку опори. Але Святогор був сильний і без важеля. Він шукав лише, за що вхопитися, до чого прикласти богатырські руки: «Коли б я тяги знайшов, за які вхопитися, — одна в землі, а друга — в небі, то я б і всю Землю підняв!». Нагода трапилась, богатыр знайшов на землі «суму перекидну», якої «не зрушити, не зворухнути, не підняти», в якій зосереджена вся тяжа земна.

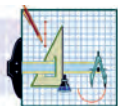
Злізає Святогор із доброго коня,
Ухопив він суму обома руками,
Підняв суму вище колін:
І по коліна Святогор у землю вгруз,
А по білому лицю не сльози, а кров тече.
Де Святогор угруз, тут і встати не зміг.
Тут і кончина йому була.

Якби Святогору був відомий закон дії і протидії, то збагнув би, що коли він упирається ногами в землю, то його богатырська сила, прикладена до землі, викличе рівну, а отже, й таку ж величезну протидіючу силу, яка його самого може втягнути в землю.

У кожному разі, з билини видно, що народна спостережливість давно помітила протидію, яку чинить земля, коли на неї обпираються. Люди неусвідомлено застосовували закон протидії за тисячоліття до

¹⁾ Про закон протидії див. також мою «Захоплюючу механіку» (розд. І). — *Прим. авт.*

²⁾ **Святогор** — міфічний богатыр-велетень у дохристиянській міфології східних слов'ян. Уособлював нестримні первісні природні сили. До нашого часу дійшло кілька билинних сюжетів про нього. — *Прим. ред.*



того, як Ісаак Ньютон уперше проголосив його в своїй невмирущій книзі «Математичні начала натуральної філософії» (тобто фізики).



Святогор силкується підняти важку суму.
Картина художника І.В. Симакова (1917 р.)

ЧИ МОЖНА РУХАТИСЯ БЕЗ ОПОРИ?

Під час ходьби ми відштовхуємось ногами від землі або від підлоги; всі знають, що по дуже гладенькій підлозі або по льоду, від якого нога не може відштовхнутись, ходити неможливо. Паровоз під час руху відштовхується «ведучими» колесами від рейок: якщо рейки змастити мастилом, то паровоз не зрушить з місця¹⁾. Пароплав відштовхується від води лопатями гвинта. Аероплан відштовхується від повітря також за допомогою гвинта — пропелера. Словом, хоч би в якому середовищі не рухався предмет, він обпирається об нього

¹⁾ Іноді навіть (під час ожеледиці) для того, щоб зрушити поїзд з місця, ведучі колеса паровоза посипають піском зі спеціального пристрою. Коли ще на початку розвитку залізниць колеса і рейки робили зубчастими, то й виходили саме з того, що колеса повинні відштовхуватися від рейок. — *Доповн. ред. 14-го–15-го вид.*