

СЕМ КІН

ЛОЖКА, ЩО ЗНИКАЄ

ПРАВДИВІ РОЗПОВІДІ
ПРО БЕЗУМСТВО, КОХАННЯ
ТА ІСТОРІЮ СВІТУ ВІД ПЕРІОДИЧНОЇ
СИСТЕМИ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Zn^{28}
65.384

Ho^8
164.930

O^8
15.999

C^6
12.011

Au^{79}
107.868

Ar^{18}
39.948

He^2
4.003

Tm^{69}
168.934

Sb^{51}
121.760

B^5
10.812

видавничий дім

ФАБУЛА
#PRO

На жаль, цей розділ недоступний у безкоштовному уривку.

На жаль, цей розділ недоступний у безкоштовному уривку.

На жаль, цей розділ недоступний у безкоштовному уривку.

На жаль, цей розділ недоступний у безкоштовному уривку.

На жаль, цей розділ недоступний у безкоштовному уривку.

На жаль, цей розділ недоступний у безкоштовному уривку.

На жаль, цей розділ недоступний у безкоштовному уривку.

На жаль, цей розділ недоступний у безкоштовному уривку.

На жаль, цей розділ недоступний у безкоштовному уривку.

На жаль, цей розділ недоступний у безкоштовному уривку.

На жаль, цей розділ недоступний у безкоштовному уривку.

На жаль, цей розділ недоступний у безкоштовному уривку.

На жаль, цей розділ недоступний у безкоштовному уривку.

На жаль, цей розділ недоступний у безкоштовному уривку.

На жаль, цей розділ недоступний у безкоштовному уривку.

На жаль, цей розділ недоступний у безкоштовному уривку.

На жаль, цей розділ недоступний у безкоштовному уривку.

На жаль, цей розділ недоступний у безкоштовному уривку.

На жаль, цей розділ недоступний у безкоштовному уривку.

На жаль, цей розділ недоступний у безкоштовному уривку.

На жаль, цей розділ недоступний у безкоштовному уривку.

Визнання та подяки

Спочатку я хотів би подякувати своїм найдорожчим людям. Моїм батькам, які змусили мене писати і від самого початку ніколи не запитували занадто часто, що саме я буду робити із собою. Моїй милій Полі, яка тримала мене за руку. Брату Бену та сестрі Беккі, які навчили мене пустувати. Усім іншим моїм друзям та сім'ям з Південної Дакоти й усієї країни, котрі підтримали мене та витягли з дому. І нарешті, моїм різним учителям та викладачам, які першими розповіли багато наведених тут сюжетів, не усвідомлюючи, що роблять щось настільки цінне.

Крім того, я хотів би подякувати своєму агенту Ріку Бродхеду, який уважав, що цей проєкт є чудовою ідеєю і що лише я зможу його здійснити. Багато в чому я завдячую і своєму редакторові у *Little Brown and Company* Джону Парслі, що побачив, якою може бути ця книжка, і допоміг її сформуванню. Також неоціненними були інші люди з видавництва та його оточення, зокрема Кара Ейзенпрес, Сара Мерфі, Пеггі Фройденталь, Барбара Яткола та багато не названих людей, які допомогли в розробці та вдосконаленні цієї книжки.

Я також висловлюю подяку дуже багатьом людям, які взяли участь в окремих розділах та уривках, або розповідаючи історії та допомагаючи мені розшукувати інформацію, або пропонуючи свій час, щоби щось мені пояснити. Це Стефан Фаянс; Теодор Грей з www.periodictable.com; Барбара Стюарт з Alcoa; Джим Маршалл з Університету Північного Техасу; Ерік Скеррі з Каліфорнійського університету в Лос-Анджелесі; Кріс Рід з Каліфорнійського університету в Ріверсайді; Надя Ізаксон; комунікаційна команда Chemical Abstracts service; а також співробітники Бібліотеки Конгресу. Якщо я когось не долучив до цього списку, вибачаюсь. Я вдячний всім вам дуже.

Нарешті, я висловлюю особливу подяку Дмитру Менделєєву, Лотару Юліусу Маєру, Джону Ньюлендсу, Александру Емілю Бег'є де Шанкуртуа, Вільяму Одлінгу, Густаву Гініріксу та іншим ученим, які

розробляли періодичну систему, а також тисячам інших науковців, що зробили свій внесок у ці захопливі історії про елементи.

Примітки та виправлення помилок^{22}

Вступ

с. 8, «літературу, криміналістику отрут та психологію».

Ще однією темою, про яку я дізнався за допомогою ртуті, була метеорологія. Остаточний удар дзвону заупокійної служби за алхімією пролунав наступного дня після Різдва 1759 року, коли два російські вчені, намагаючись побачити, наскільки холодною можна зробити суміш снігу та кислоти, випадково заморозили живе срібло у своєму термометрі. Це був перший зафіксований випадок твердого Hg, і з цим доказом безсмертну рідину алхіміків було вигнано до царини нормальної матерії.

Останнім часом ртуть також політизували, оскільки активісти в Сполучених Штатах енергійно ведуть кампанію проти небезпеки (абсолютно необґрунтованої) ртуті у вакцинах.

1. Географія — то є доля

с. 17, «нічим іншим, як чистим елементом».

Двоє вчених вперше спостерігали гелій (невідому спектральну лінію в жовтому діапазоні) під час затемнення 1868 року — звідси й назва елемента, від *helios*, що грецькою означає «сонце». Елемент було виділено на Землі 1895 року шляхом ретельної ізоляції гелію від гірських порід (докладніше про це див. розділ 17). Упродовж восьми років уважалося, що гелій існує на Землі лише в незначній кількості, доки 1903 року шахтарі не знайшли величезну підземну порожнину

в штаті Канзас. Вони намагалися запалити газ, який бив з отвору в землі, але їм це не вдалось.

с. 19, «значення мають лише електрони».

Аби підкреслити думку про те, що атоми є переважно порожнім простором, Аллан Блекмен, хімік із Університету Отаго в Новій Зеландії, написав 28 січня 2008 року в *Otago Daily Times*: «Розгляньмо найбільш щільний відомий елемент, іридій; його зразок розміром із тенісний м'яч важив би трохи більше 3 кг [6,6 фунта]...

Припустімо, що ми могли б якось зібрати ядра іридію якомога щільніше, усуваючи в такий спосіб більшу частину цього порожнього простору... Тоді і зразок цього ущільненого матеріалу розміром із тенісний м'яч важив би приголомшливі 7 трлн тонн [7,7 трильйона тонн США]».

Як примітка до цієї примітки: ніхто не знає, чи є іридій найщільнішим елементом. За густиною (тобто питомою масою) він настільки близький до осмію, що вчені не можуть розрізнити їх, і за останні кілька десятиліть вони змінювали один одного на місці короля гори. Зараз на вершині перебуває осмій.

с. 20, «кожну химерну помилку».

Для більш детального ознайомлення з особистостями Льюїса та Нернста (і багатьох інших, як-от Лайнус Полінг та Фріц Габер) я настійливо рекомендую «Собори науки: особистості та суперництво, які зробили сучасну хімію» Патріка Коффі. Це орієнтований на особистості звіт про найважливішу епоху сучасної хімії — між 1890 і 1930 роками.

с. 22, «найбарвистішу історію в періодичній таблиці».

Наведу інші факти про стибій.

1. Більша частина наших знань про алхімію та стибій походить із книжки 1604 року «Тріумфальна колісниця стибію»,

написаної Йоганном Тельде. Щоби прискорити публікацію своєї роботи, Тельде стверджував, що просто переклав її з тексту 1450 року, написаного монахом Василієм Валентином. Побоюючись переслідувань за свої вірування, Валентин нібито заховав цей текст у стовпі у своєму монастирі. Він залишався прихованим доти, доки «чудодійний грім» не розколов стовп за часів Тельде і дозволив тому виявити рукопис.

2. Хоча багато хто називав стибій гермафродитом, інші наполягали, що він був самою суттю жіночності.

3. У 1930-х у Китаї одна бідна провінція задовольнилася тим, що мала, і вирішила робити гроші зі стибію — то був єдиний місцевий ресурс. Але стибій м'який, легко стирається й трохи токсичний, тож монети вийшли погані, і уряд незабаром їх вилучив. І хоча тоді ці монети коштували менше цента, сьогодні вони приносять колекціонерам тисячі доларів.

2. Майже близнюки та чорна вівця

с. 31, «п'єси Шекспіра справді написав Френсіс Бекон, а не Бард».

Більш просте, але менш барвисте визначення *honorificabilitudinitatibus* — «з почесстю». Анаграмою Бекона для цього слова є «*Hi ludi, F. Baconis nati, tuiti orbi*», що перекладається як «Ці п'єси, народжені Ф[ренсісом] Беконем, збережені для світу».

с. 32, «анаконда налічує 1185 літер».

Існує певна плутанина щодо найдовшого слова, яке з'являється в «Хімічних рефератах» (*Chemical Abstracts*). Багато людей називають білок вірусу тютюнової мозаїки, C785H1220N212O248S2, однак значна частина натомість каже про «білок триптофансинтетази», родича хімічної речовини, що, як вважають люди (помилково), робить їх сонними, коли вони їдять індичку (міська легенда). Назва білка триптофансинтетази C1289H2051N343O375S8 містить 1913 літер, що на 60 % довше назви білка вірусу тютюнової мозаїки, і численні джерела — деякі видання «Книги рекордів Гіннеса», «Міський

словник» (www.urbandictionary.com), «Словник незвичних, невідомих і безглузких слів» місіс Бірн — усі називають цей триптофановий білок чемпіоном. Проте, провівши години в погано освітлених книжкосховищах Бібліотеки Конгресу, я ніколи не знаходив молекулу цього білка в *Chemical Abstracts*. Це, здається, не з'явилося у повному, прописаному вигляді. Щоб упевнитися ще раз, я відшукав наукову роботу, яка оголосила про розшифровку триптофансинтетази (котру було взято з роздруківки *Chemical Abstracts*), і там автори вирішили скоротити амінокислотну послідовність.

Отже, наскільки я можу зрозуміти, повна назва цього білка ніколи не з'являлася в друці, що, мабуть, пояснює, чому «Книга рекордів Гіннеса» згодом вилучила його як найдовше слово.

Мені вдалося двічі відстежити назву вірусу тютюнової мозаїки — спочатку на с. 967F коричневого тому, що називається *Chemical Abstracts Formula Index*, січень—червень 1964 року, потім на с. 6717F *Chemical Abstracts 7th Coll. Formulas*, C23H32 — Z, 56–65, 1962–1966. Обидві книжки є збірниками, які містять дані щодо всіх наукових робіт із хімії, опублікованих між датами на їхніх обкладинках. Це означає, на відміну від інших посилань на найдовше у світі слово (особливо в інтернеті), що назва вірусу тютюнової мозаїки з'явилася саме тоді, коли вийшли ці томи, 1964 та 1966 роки, а не 1972 року. Ба більше: 1964 року вийшла стаття про триптофансинтетазу, а також інші молекули, перелічені в цьому збірнику хімічних рефератів 1962–1966 років із більшою кількістю атомів С, Н, N, О та S, ніж у вірусу тютюнової мозаїки. То чому вони не записані? Тому що всі зазначені мною документи з'явилися після 1965 року, коли компанія *Chemical Abstracts Service* у штаті Огайо, яка збирала всі ці дані, переглянула свою систему іменування нових сполук і почала відмовлятися від надмірно засліпливих назв. Але чому ж вони так заморочувались, описуючи білок вірусу тютюнової мозаїки у збірнику 1966 року? Його можна було б порубати, але на нього нову моду не розповсюдили.

А щоби додати ще один аргумент, зауважу, що оригінальна стаття про вірус тютюнової мозаїки 1964 року була німецькою мовою. Але *Chemical Abstracts* — це англomовний документ, що відповідає

традиціям справжньої довідкової роботи Семюеля Джонсона та *OED (Oxford English Dictionary)*, і він надрукував цю назву не для демонстрації, а щоби поширювати знання, тому це, безумовно, має значення.

Ф-фу.

До речі, я дуже вдячний Еріку Шивелі, Крістал Пул Бредлі, й особливо Джиму Корнінгу з *Chemical Abstracts Service*, які допомогли мені зрозуміти все це. Вони не мусили розбиратися з моїми заплутаними запитаннями («Привіт. Я намагаюся знайти найдовше слово англійською мовою, і я не впевнений, що це...»), але вони це зробили.

До речі, окрім того, що вірус тютюнової мозаїки був першим виявленим вірусом, він також був першим вірусом, склад та структуру якого проаналізували в скрупульозний спосіб. Одні з найкращих робіт у цій галузі було зроблено Розалінд Франклін, експертом із кристалографії, яка щедро, але наївно поділилася своїми даними з Вотсоном та Кріком (див. Розділ 8). Ох, і « α » в «білку триптофансинтетази» йде від роботи Лайнуса Полінга про те, звідки білки знають, як складатися в належну форму (знову див. Розділ 8).

с. 34 «милосердно відома як тітин».

Кілька дуже терплячих душ розмістили всю амінокислотну послідовність тітину в мережі. Ось статистика: вона займає сорок сім сторінок документа *Microsoft Word* із шрифтом *Times New Roman* 12-го кегля. Він містить понад 34000 амінокислот і має 43781 випадків застосування *l*; 30710 — *y*; 27120 — *y* і лише 9229 — *e*.

с. 38 «сам собою є майже головним доказом».

З публікації програми *PBS Frontline* («На передньому краї») під назвою «Грудні імпланти на випробуванні»: «Вміст кремнію в живих організмах зменшується зі зростанням складності організму. Співвідношення кремнію та вуглецю становить 250:1 в земній корі, 15:1 в гумусі [грунт з органічними речовинами], 1:1 в планктоні, 1:100 в папороті та 1:5000 у ссавців».

с. 39 «Бардін був мозком цього спільного організму, а Браттейн — руками».

Цитата про те, що Бардін і Браттейн є спільним організмом, походить із документального фільму PBS «*Transistorized*»! («Транзистоване»!).

с. 40 «банк геніальної сперми».

Шоклі підтримував «банк геніальних сперматозоїдів», що базується в Каліфорнії; офіційно він називався «Сховище для вибору зародкового матеріалу». Він єдиний лауреат Нобелівської премії, який публічно визнав, що пожертвував власну сперму, хоча засновник банку Роберт К. Грем стверджував, що це зробили й декілька інших.

с. 43 «Нобелівську премію за свою інтегральну схему».

Інформацію про Кілбі та тиранію чисел можна прочитати в чудовій книжці «Чип: Як двоє американців винайшли мікрочип і розпочали революцію» Т. Р. Ріда. (*The Chip: How Two Americans Invented the Microchip and Launched a Revolution by T. R. Reid*).

Як не дивно, клубний діджей, який використовував нік «Джек Кілбі», 2006 року випустив компакт-диск «*Microchip EP*» із зображенням дуже старого Кілбі на обкладинці. У ньому є пісні «Нейтроній», «Байт мій шарф», «Інтегральна схема» і «Транзистор».

3. Галапагоські острови періодичної системи

с. 49 «реальність атомів».

На сьогодні нам може здатися неймовірним, що Менделєєв відмовлявся вірити в атоми, але в той час це не було такою вже незвичною думкою серед хіміків. Вони відмовлялися вірити в те, чого не могли побачити на власні очі, і ставилися до атомів як до абстракції — можливо, зручного способу ведення бухгалтерського обліку, але, безумовно, фіктивного.

с. 49 «принаймні на думку історії?».

Найкращий опис шести вчених, які змагалися за формування першого систематичного розташування елементів, можна знайти в книжці Еріка Скеррі «Періодична система» (*Eric Scerri's The Periodic Table*). Трьом іншим людям зазвичай віддають заслугу за співвинахід періодичної системи або принаймні сприяння йому.

Александр-Еміль Бег'є де Шанкуртуа, за словами Скеррі, розкрив «найважливіший крок» у розробці періодичної системи: «що властивості елементів є періодичною функцією їхніх атомних мас, за цілих сім років до того, як Менделєєв прийшов до такого ж висновку».

Геолог де Шанкуртуа намалював свою періодичну систему на спіральному циліндрі, як нарізку гвинта. Він утратив можливість отримати почесні за таблицю, коли видавець не зміг зрозуміти, як відтворити критичну гвинтову діаграму, що відображає всі елементи. Зрештою видавець здався й надрукував статтю без неї. Уявіть, що ви намагаєтеся дізнатися про періодичну таблицю, не маючи можливості її побачити! Проте справу Шанкуртуа як засновника періодичної системи взяв на себе його колега-француз Лекок де Буабодран — можливо, частково, щоби позлити Менделєєва.

Досвідчений англійський хімік Вільям Одлінг, схоже, став жертвою невезіння. Він багато чого зрозумів щодо періодичної системи, але сьогодні практично забутий. Можливо, його, що мав інші численні хімічні та адміністративні інтереси, просто випередив Менделєєв, який працював за столом як одержимий. Єдине, у чому Одлінг помилився,— це довжина періодів елементів (кількість елементів, які повинні з'явитися до того, як подібні властивості з'являться знову). Він припускав, що всі періоди мають довжину вісім, але це справедливо лише у верхній частині таблиці. Через особливості *d*-оболонки третій і четвертий рядки вимагають періоду у вісімнадцять елементів. А п'ятий і шостий рядки вимагають тридцяти двох — через *f*-оболонки.

Густав Гінріхс був єдиним американцем у списку співвідкривачів (хоча народився і не в Штатах) і єдиним, кого описували як ексцентричного дивака та геніального одинака, що випереджав свій час. Він опублікував понад три тисячі наукових статей на чотирьох мовах і вперше

вивчив і класифікував елементи за випромінюванням світла, яке виявив Бунзен. Він також грав із нумерологією та розробив періодичну спіральню-радіальну таблицю, яка розмістила багато справді стійких елементів у правильних групах. Як підсумовує Скеррі, «робота Гінрікса надзвичайно унікальна, це просто лабіринт, тож буде потрібне більш повне дослідження, перш ніж хтось наважиться висловитися щодо її справжньої цінності».

с. 52 «Earl Gray “з’їдає” столове приладдя».

Якщо вам аж кортить насолодитися цим трюком, ви можете побачити, як ложка з галію цілком зникає, на *YouTube*. Олівер Сакс також розповідає, як учиняти подібні витівки, у книжці «Дядько Вольфрам», мемуарах про своє дитинство.

с. 56 «Вулиці названо на честь мінералів та елементів».

Для деяких описів історії та геології Іттербю та деталей про сьогоденне містечко я звернувся до Джима Маршалла, хіміка та історика з Університету Північного Техасу, який був надзвичайно щедрий на свій час та допомогу. А ще він надіслав мені чудові світлини. Зараз Джим намагається відвідати місця, де вперше було виявлено кожен елемент, саме тому він поїхав до Іттербю (легкий вибір). Удачі, Джиме!

4. Звідки беруться атоми: «Ми всі зоряна матерія»

с. 61 «довели 1939 року».

Один чоловік^{23}, який допоміг розібратися в циклах синтезу в зорях, Ганс Бете, виграв за це 500 доларів США і негайно скористався ними, щоби підкупити нацистських чиновників і вивезти з Німеччини свою матір та, як не дивно, її меблі.

с. 62 «хімічно своєрідних зір».

Цікавий факт: астрономи визначили дивний клас зір, які виробляють прометій за допомогою поки незнаного процесу. Найвідоміша з них

називається зоря Пшибильського. Насправді дивним є те, що, на відміну від більшості подій синтезу глибоко всередині зір, прометій повинен створюватися на поверхні зорі. В іншому разі він, занадто радіоактивний і недовговічний, не переживе мільйони років переповзання від багатого на ядерний синтез ядра зорі до її зовнішніх шарів.

с. 62 «чи керують зорі долями людства».

Ось дві дивовижні цитати із Шекспіра, якими відкривалася стаття B^2FH :

*То зорі,
Зорі керують долею людською.*

Король Лір, акт 4, сцена 3

*Вина, шановний Бруте, не у наших зорях,
Проте у нас самих.*

Юлій Цезар, дія 1, сцена 2

с. 63 «післязалізний синтез».

Якщо бути технічно точним, зорі не утворюють заліза безпосередньо. Спочатку вони утворюють нікель, елемент двадцять вісім, сплавляючи разом два атоми кремнію, елемента чотирнадцять. Однак цей нікель нестійкий, і переважна його більшість розкладається до заліза протягом декількох місяців.

с. 66 «низьковатне, коричневе світло».

Юпітер міг би запалити синтез дейтерієм — важким воднем з одним протоном і одним нейтроном,— якби він мав у тринадцять разів більшу масу. Беручи до уваги рідкість дейтерію (1 з кожних 6500 молекул водню), це була б досить слабка зоря, але вона все одно вважалася б такою. Щоб запалити регулярний синтез водню, Юпітеру була б потрібна в сімдесят п'ять разів більша маса.

с. 67 «мікроскопічні кубики».

І щоб не поступатися дивній погоді Юпітера чи Меркурія, Марс іноді хизується «снігом» з перекису водню.

с. 70 «сидерофільний, тобто залізолюбивий, елемент».

Сидерофіли осмію та ренію також допомогли вченим реконструювати, як Місяць сформувався внаслідок катаклізму — зіткнення між дуже ранньою Землею та астероїдом або кометою. Місяць злився зі сміттям, яке було викинуто в космос.

с. 72 «пізніше названу Немезидою».

Богиня Немезида карала гордовитість. Вона подбала, щоби жодна земна істота ніколи не могла вирости надто гордою, завдаючи удару будь-кому, хто загрожував зрости могутнішим за богів. Аналогія із зорею — компаньйоном Сонця полягала в тому, що якби земні істоти (скажімо, динозаври) могли еволюціонувати до справжнього інтелекту, Немезида знищила б їх перш, ніж вони отримали б якісь шанси.

с. 74 «як на каруселі з гойдалкою».

За іронією долі, загальний рух Сонця, якщо дивитися здалеку, буде нагадувати старі хитросплетіння та епіцикли, якими давні астрономи намагалися пояснити докоперніковські уявлення про зосереджений на Землі космос (просто вже ніяк не можна називати Землю центром у наші часи). Як Мішер і протеїни, це приклад циклічності всіх ідей, навіть у науці.

5. Елементи в часи війни

с. 76 «продовжило війну до перемоги».

Більш детально про історію хімічної війни, особливо про досвід американських військ, див. «Хімічна зброя в Першій світовій війні: американський досвід, 1917–1918» майора Чарлза Е. Хеллера, частину публікацій *Leavenworth Papers*, виданих Інститутом бойових

досліджень, Коледжем командування і генеральним штабом США, Форт Лівенворт, штат Канзас, <http://www-cgsc.army.mil/carl/resources/csi/Heller/HELLER.asp>.

с. 78 «більшість із сьогоднішніх 6,7 млрд людей».

Серед багатьох інших речей, якими ми можемо завдячити аміаку Фріца Габера, є побудований Чарлзом Таунсом перший мазер на ходу, попередник лазера, у якому аміак було використано як стимулятор.

6. Заповнення таблиці... з вибухом

с. 94 «з повним і правильним переліком».

Урбен був не єдиною людиною, яку збентежив Мозлі. Апарат Мозлі також скасував претензію Масатаки Огави щодо виявлення ніппонію, сорок третього елемента (див. Розділ 8).

с. 94 «найбільш непоправних злочинів в історії».

Щодо розповідей про суворі накази та битви, які призвели до смерті Мозлі, див. «Створення атомної бомби» Річарда Родса (*The Making of the Atomic Bomb by Richard Rhodes*). Насправді, вам слід, мабуть, просто прочитати всю цю книжку, оскільки це найкращий звіт про науку ХХ століття, написаний досьогодні.

с. 95 «як “не дуже корисний”».

Стаття журналу *Time*, де згадувалося про відкриття елемента шістдесят один, також містила цей фрагмент щодо питання, як його назвати: «Один жартівник на конференції запропонував [назвати його] гровзієм на честь гучномовного генерал-майора Леслі Р. Гровза, військового керівника проєкту атомної бомби. Хімічний символ: Grr».

с. 96 «в стилі гри *Pac-Man*».

Окрім моделі ядра, що поїдає електрони в стилі *Pac-Man*, учені в той час розробили також модель «пудингу з родзинками», у якій електрони

було вбудовано наче родзинки в «пудинг» позитивного заряду (Резерфорд спростував це, довівши існування компактного ядра). Після відкриття поділу вчені розробили краплинну модель ядра, у якій великі ядра розпадаються, наче краплина води на поверхні, розщеплюючись на дві краплі. У розробці краплинної моделі вирішальне значення мала робота Лізи Майтнер.

с. 100 «чи буде конфігурація термоядерною».

Цитати з Джорджа Дайсона можна знайти в його книжці «Проект Оріон: Справжня історія атомного космічного корабля» (*Project Orion: The True Story of the Atomic Spaceship by George Dyson*).

с. 100 «методологічній мапі».

Фраза про метод Монте-Карло «одразу ніде й усюди на звичайній методологічній мапі» з'являється у творі «Образ та логіка» Пітера Луїса Галісона (*Peter Louis Galison's Image and Logic*).

7. Розширення таблиці, розширення холодної війни

с. 106 «у розділі “Міські балачки”».

У журналі *The New Yorker* від 8 квітня 1950 року з'явилася стаття, написана Е. Дж. Каном-молодшим.

с. 111 «востаннє увімкнув сигнал тривоги».

Докладніше про експерименти, що призвели до відкриття елементів з 94 до 110, а також про особисту інформацію можна дізнатися в автобіографіях Гленна Сіборга, особливо в «Пригодах в атомну епоху» (*Adventures in the Atomic Age, написаних разом із сином Еріком*). Книжка реально цікава, оскільки Сіборг був центром надзвичайно важливої науки й протягом десятиліть відігравав величезну роль у політиці. Однак, чесно кажучи, обережний стиль письма Сіборга робить її місцями дещо м'якою.

с. 114 «від отруйних нікелевих плавильень».

Інформація про відсутність дерев навколо Норильська надходить від Time.com, яка 2007 року назвала Норильськ одним із десяти найбільш забруднених міст у світі. Див.

http://www.time.com/time/specials/2007/article/0,28804,1661031_1661028_1661022,00.html.

с. 118 «доданий до періодичної системи в червні 2009 року, коперницій (Cn)».

У червні 2009 року я написав статтю для Slate.com («*Periodic Discussions*» <http://www.slate.com/id/2220300/>). Вона охоплює трохи того самого матеріалу, що в цій книжці. Стаття детально висвітлює, чому для просування коперницію від стану тимчасового елемента до повноправного члена періодичної системи знадобилося тринадцять повних років.

8. Від фізики до біології

с. 124 «за наступні двадцять років — сорок дві».

Окрім Сегре, Шоклі та Полінга, іншими дванадцятьма вченими на обкладинці Time були Джордж Бідл, Чарлз Дрейпер, Джон Ендерс, Дональд Глазер, Джошуа Ледерберг, Віллард Ліббі, Едвард Персел, Ісідор Рабі, Едвард Теллер, Чарлз Таунс, Джеймс Ван-Аллен та Роберт Вудворд.

Стаття *Time* «Люди року» містить слова Шоклі про перегони. Очевидно, він уважав їх компліментами, але його погляд на Банча мав здаватися дивним навіть у той час, а в ретроспективі він жахливий. «50-річний Вільям Шоклі — це та рідкісна порода вчених, теоретик, який не просить вибачення за величезний інтерес до практичних застосувань своєї праці. “Питання про те, наскільки дослідницька робота є чистою і наскільки вона застосовується,— говорить Шоклі,— це все одно, що запитати, скільки може мати негритянської та білої крові Ральф Банч. Важливо те, що Ральф Банч — чудова людина”».

Зі статті також видно, що легенду про Шоклі як головного винахідника транзистора вже було міцно встановлено: «Найнятий компанією Bell Telephone Laboratories одразу після закінчення *MTI* 1936 року фізик--теоретик Шоклі став одним із команди, яка знайшла застосування для того, що раніше було науковим салонним фокусом: використання кремнію та германію як фотоелектричного пристрою. Разом зі своїми партнерами Шоклі одержав Нобелівську премію за перетворення кусочків германію на перші транзистори, “освічені” маленькі кристали, які швидко замінюють вакуумні трубки в динамічній електронній промисловості країни».

с. 128 «що за кляте невезіння, це ж стаття Іди Ноддак!»

Загалом Іда Ноддак мала плямисту хімічну кар’єру. Вона допомогла знайти сімдесят п’ятий елемент, але роботу її групи з елементом сорок три було пронизано помилками. Вона передбачила поділ ядер на роки раніше, ніж будь-хто інший, але приблизно водночас почала доводити, що періодична система є марною реліквією, оскільки розмноження нових ізотопів робить її громіздкою. Незрозуміло чому, але Ноддак уважала, що кожен ізотоп є окремим елементом, до того ж намагалася переконати інших, що їм слід відмовитися від періодичної системи.

с. 129 «Причина нашої сліпоти незрозуміла».

Цитата Сегре про Ноддак та поділ походить з його книжки «Енріко Фермі: Фізик».

с. 131 «до молекули, що неправильно функціонує».

Полінг (з колегами Гарві Ітано, С. Джонатаном Сінгером та Ібертом Веллсом) визначив, що дефектний гемоглобін викликає серпоподібноклітинну анемію, пропускаючи дефектні клітини крізь гель в електричному полі. Клітини зі здоровим гемоглобіном рухалися в електричному полі в одному напрямку, тоді як серпоподібні клітини — в протилежному. Це означало, що два типи молекул мали протилежні електричні заряди, різниця, яка могла виникати лише на молекулярному рівні, атом за атомом.

Як не дивно, Френсіс Крік згодом цитував статтю, у якій Полінг виклав свою теорію про молекулярні основи серпоподібноклітинної анемії як основний вплив на нього, оскільки саме такий тип молекулярної біології — до найдрібніших подробиць — його цікавив.

с. 132 «молекулярний апендикс».

Цікаво, що біологи повільно повертаються до свого первісного погляду з часів Мішера, що білки — це вся генетична біологія та її кінець. Гени цікавили науковців десятиліттями, і вони дійсно ніколи не зникнуть. Але тепер учені усвідомлюють, що гени не можуть пояснити дивовижну складність живих істот і що там відбувається щось набагато більше. Геноміка була важливою фундаментальною роботою, але протеоміка — це та галузь, де можна заробити справжні гроші.

с. 132 «А ДНК була».

Щоби бути скрупульозним, зазначу: вірусні експерименти 1952 року із сіркою та фосфором, проведені Альфредом Герші та Мартою Чейз, не першими довели, що ДНК несе генетичну інформацію. Ця честь належить роботі з бактеріями, зробленій Освальдом Евері й опублікованій 1944 року. Хоча Евері висвітлював справжню роль ДНК, спочатку його робота не викликала широкої довіри. До 1952 року люди лише починали її сприймати, але після експериментів Герші та Чейз учені, як-от Лайнус Полінг, справді почали брати участь у роботі з ДНК.

Люди часто називають Евері, а також Розалінд Франклін, яка мимоволі сказала Вотсону та Кріку, що ДНК є подвійною спіраллю, першими серед тих, хто не отримав Нобелівської премії. Це не зовсім точно. Ці двоє померли до 1958 року, а до 1962-го Нобелівської премії за ДНК нікому не присуджували. Якби вони все ще були живими, принаймні один із них міг би її отримати.

с. 133 «Джеймс Вотсон та Френсіс Крік».

Про первинні документи, пов'язані з Полінгом та його конкуренцією з Вотсоном і Кріком, можна дізнатися на чудовому сайті, створеному

Університетом штату Орегон, який архівував і розміщував вміст сотень особистих статей та листів Полінга, а також підготував документальну історію під назвою «Лайнус Полінг і перегони за ДНК» на вебсайті <http://osulibrary.oregonstate.edu/specialcollections/coll/pauling/dna/index.html>.

с. 135 «до того, як Полінг одужав».

Після провалу з ДНК Ава Полінг, дружина Лайнуса, лихо докорила його. Припускаючи, що буде розбирати ДНК, спочатку Полінг не дуже напружувався під час своїх розрахунків, тож згодом Ава випалила йому: «Якщо [ДНК] була такою важливою проблемою, чому ти не працював над нею більше?» Навіть попри це, Лайнус її дуже любив, і, можливо, однією з причин, що він так довго пробув у Каліфорнійському технологічному і ніколи не перейшов до Берклі, хоча останній був набагато сильнішою школою на той час, стало те, що один із найвидатніших членів кафедри в Берклі професор Роберт Оппенгеймер, пізніше керівник Мангеттенського проєкту, якимось спробував спокусити Аву, що розлютило Лайнуса.

с. 136 «Нобелівську премію з фізики».

Як останній удар під дих, пізніше навіть Нобелівську премію Сегре було заплямовано звинуваченнями (можливо, необґрунтованими) у тому, що він крав ідеї, розробляючи експерименти з відкриття антипротону. Сегре та його колега Овен Чемберлен визнали, що працювали з войовничим фізиком Оресте Піччіоні над методами фокусування та спрямування пучків частинок за допомогою магнітів, але вони заперечували, що ідеї Піччіоні принесли велику користь, і тому не внесли його до списку авторів вирішальної статті. Пізніше Піччіоні допоміг відкрити антинейтрон. Після того як Сегре та Чемберлен одержали премію 1959 року, Піччіоні протягом багатьох років залишався ображеним на них і нарешті подав судовий позов у розмірі 125000 доларів США, який суддя відкинув не через відсутність у науковця права порушувати судову справу, а тому що позов було подано більше ніж за десять років після факту.

З некролога Пітчїонї в *The New York Times* від 27 квітня 2002 року: «Він зламав би ваші вхідні двері й сповістив, що в нього найкраща ідея у світі,— сказав д-р Вільям А. Венцель, старший науковий співробітник “Національної лабораторії ім. Лоуренса в Берклі”, який також працював над антинейтронним експериментом.— Знаючи Оресте, скажу: у нього було багато ідей; він викидав їх по десятку за хвилину. Деякі з них були хороші, інші — ні. Проте я відчував, що він хороший фізик, і він зробив внесок у наш експеримент».

9. Коридор отруювачів

с. 141 «моторошний перелік».

Люди все ще вмирають від отруєння талієм. 1994 року російські солдати, що працювали на старому складі зброї часів холодної війни, знайшли каністру з білим порошком, що містив цей елемент. Не маючи й гадки, що це, вони припудрили ним ноги і змішали його зі своїм тютюном. Як повідомлялося, кілька солдатів навіть нюхали його. Усі вони стикнулися з таємничою й зовсім непередбачуваною хворобою, а деякі померли. Більш сумним є те, що двоє дітей іракських пілотів-випищувачів загинули на початку 2008 року, з'ївши іменинний торт, присмачений талієм. Мотив отруєння був незрозумілим, хоча Саддам Хуссейн використовував талій під час своєї диктатури.

с. 144 «на подвір'ї своєї матері».

Різні газети в Детройті протягом багатьох років відслідковували Девіда Гана, але найбільш детальну інформацію про його історію містить стаття Кена Сільверштейна «Радіоактивний бойскаут» (*The Radioactive Boy Scout*) у журналі *Harper's* (листопад 1998). Пізніше Сільверштейн розширив статтю до однойменної книжки.

10. Візьміть два елементи, зателефонуйте мені вранці

с. 151 «ніс, тільки не срібний, а мідний — дешевший і легший».

Окрім вивчення кірки навколо фальшивого носа Браге, археологи, які його викопали, також виявили у вусах ученого ознаки отруєння ртуттю — імовірно, результат його активних алхімічних досліджень. Традиційна версія загибелі Браге полягає в тому, що він помер від розриву сечового міхура. Якось на вечірці з кимось із неповнолітніх осіб королівської родини Браге випив занадто багато, але відмовився встати й піти до туалету, бо, на його думку, було б грубістю покинути стіл перед тим, як це зробить його соціальне керівництво. Коли за кілька годин Браге повернувся додому, він уже не міг мочитися; учений помер після одинадцяти нестерпних днів. Історія стала легендою, але не виключено, що отруєння ртуттю такою ж або навіть більшою мірою сприяло загибелі астронома.

с. 151 «мають мідне покриття».

Хімічний склад американських монет: нові (з 1982 р.) центи — 97,5 % цинку, але мають тонке мідне покриття для стерилізації частин, яких ви торкаєтесь (старі мали 95 % міді); п'ять центів — 75 % міді, решта нікель; 10 центів, 25 центів та 50 центів мають 91,67 % міді, решта нікель; доларові монети (крім золотих монет спеціального випуску) мають 88,5 % міді, 6 % цинку, 3,5 % марганцю та 2 % нікелю.

с. 152 «немов човник з одним веслом».

Додаткові факти про ванадій: деякі істоти (невідомо чому) використовують ванадій у крові замість заліза, тому їхня кров набуває замість червоного кольору яблучно-зеленого або синього, залежно від істоти. Доданий у сталь ванадій значно зміцнює сплав, майже не збільшуючи ваги (подібно до молібдену і вольфраму, див. Розділ 5). Насправді Генрі Форд колись бумкнув: «Та без ванадію не було б автомобілів!»

с. 152 «змушений буде підсісти до нього».

Автобусна метафора про те, як електрони заповнюють свої оболонки по черзі, поки «когось» не змусять підсісти другим, є однією з найкращих в хімії, як усім зрозуміла й точна. Вона виникла

у Вольфганга Паулі, який сформулював свій принцип виключення 1925 року.

с. 153 «хірургічно точні удари без хірургічного втручання».

Окрім гадолінію, найкращою надією на лікування раку часто називають золото. Воно поглинає інфрачервоні промені, які в іншому разі проходять крізь тіло, і стає надзвичайно теплим. Додавання частинок із золотим покриттям до клітин пухлини може дозволити лікарям смажити пухлини, не пошкоджуючи навколишні тканини. Цей метод було винайдено Джоном Канзіусом, бізнесменом і радіотехніком, який пройшов тридцять шість циклів хіміотерапії лейкемії, починаючи з 2003 року. Він відчував таку нудоту й виснаження через хіміотерапію — і був настільки сповнений відчаю, побачивши хворих на рак дітей, з якими стикнувся в лікарні,— що вирішив: має бути кращий спосіб. Джон серед ночі придумав ідею нагрівання металевих частинок і побудував прототип машини, використовуючи жінчині сковорідки для випікання. Він випробував його, упорснувши в половину хот-догу розчин різних металів і помістивши його в камеру інтенсивних радіохвиль. Оброблена частина смажилася, а інша залишалася холодною.

с. 154 «продає його як харчову добавку».

У числі «Смітсонівського журналу» за травень 2009 р., у статті «Почесні згадки: генії, що не відбулися» описується такий собі Стен Ліндберг, сміливий хімік-експериментатор, який мав на меті «скуштувати кожен окремий елемент періодичної таблиці». У статті зазначається: «Окрім того, що Ліндберг тримав північноамериканський рекорд з отруєння ртуттю, він залишив неймовірне свідчення про тритижневий ітербієвий запій... (стаття “Страх і огида на лантаноїдах”), що вже стала класикою».

Я витратив щонайменше півгодини, жадібно вишукуючи «Страх і огида на лантаноїдах», перш ніж зрозумів, що мене ошукали. Цей твір — чиста вигадка. (Хоча хто знає? Елементи поводяться дуже дивно, і, вірогідно, від ітербію цілком можна захмеліти.)

с. 154 «самостійно вживати “препарати” на кшталт срібла».

2003 року журнал *Wired* опублікував коротку новину про відродження «срібних шахрайств щодо здоров'я» в інтернеті. Наведу красномовну цитату: «Тим часом лікарі по всій країні спостерігали сплеск випадків аргірії. “За останні півтора року я бачив шість випадків отруєння сріблом унаслідок уживання цих так званих харчових добавок,— сказав Білл Робертсон, медичний директор Центру отруень у Сіетлі.— Це були перші випадки за п'ятдесят років моєї медичної практики”».

с. 157 «ухил до молекул лише однієї руки, або хіральності».

Твердження, що на молекулярному рівні люди є виключно лівобічними, трохи натягнуте. Попри те що всі наші білки справді закручено вліво, усі наші вуглеводи, як і нашу ДНК, закручено вправо. Проте головним пунктом Пастера залишається таке: у різних контекстах наші тіла очікують і можуть обробляти лише молекули певної хіральності. Наші клітини не змогли б перекласти закручену вліво ДНК, і якби нас годували лівобічним цукром, наше тіло голодувало б.

с. 159 «і хлопець вижив».

Жозеф Мейстер, маленький хлопчик, якого Пастер урятував від сказу, став землевпорядником Інституту Пастера. Трагічно й гостро, що він усе ще був доглядачем землі 1940 року, коли німецькі солдати захопили Францію. Коли один офіцер вимагав, щоби Мейстер, чоловік із ключами, відкрив склеп Пастера, аби німці могли оглянути кістки Пастера, Жозеф скоїв самогубство, але не став співучасником цього вчинку.

с. 161 «I. G. Farbenindustrie».

Компанія, на яку працював Домагк, *IGF*, згодом стала відомим у - всьому світі виробником інсектициду «Циклон В», котрим нацисти труїли в'язнів концтаборів (див. Розділ 5). Компанію було ліквідовано незабаром після Другої світової війни, і багато кого з її директорів звинуватили як військових злочинців у Нюрнберзі (справа «США

проти Карла Крауха та ін.») за сприяння нацистському уряду в агресивній війні та жорстокому поводженні з ув'язненими та полоненими солдатами. Сьогодні серед нащадків *IGF* є фірми *Bayer* та *BASF*.

с. 163 «між хімією мертвої речовини та хімією живої речовини».

Проте Всесвіт, здається, є хіральною і на інших рівнях — від субатомного до супергалактичного. Радіоактивний бета-розпад кобальту-60 є асиметричним процесом, і космологи побачили попередні докази того, що галактики зазвичай обертаються в спіральних рукавах проти годинникової стрілки над нашим північним галактичним полюсом і за годинниковою стрілкою над Антарктикою.

с. 164 «зробили талідомід найвідомішим лікарським засобом ХХ століття».

Нещодавно кілька вчених з'ясували, чому руйнівні ефекти талідоміду не було виявлено під час клінічних випробувань. Як виявилось, з певних молекулярних причин талідомід не спричиняє вроджених вад у виводках мишей, а німецька компанія Grünenthal, що виробляла талідомід, не провела після досліджень на мишах ретельних випробувань на людях. У США препарат ніколи не було схвалено для вагітних жінок, оскільки керівник Управління з продовольства та медикаментів Френсіс Кейтлін Олдхем Келсі відмовилася підкоритися лобістському тиску, щоби проштотувати його. Але зараз історія знає багато цікавих поворотів: талідомід повертається для лікування захворювань, як-от проказа, де він надзвичайно ефективний. Він також є хорошим протипухлинним засобом, оскільки обмежує ріст пухлин, запобігаючи утворенню нових кровоносних судин,— саме тому він спричинив такі жахливі вроджені вади, бо кінцівки ембріонів не могли отримати необхідних для росту поживних речовин. Талідоміду ще доведеться подолати довгий шлях до респектабельності. Більшість урядів мають чіткі протоколи, аби впевнитися, що лікарі не дають препарат жінкам дітородного віку, бо завжди існує шанс, що вони можуть завагітніти.

с. 164 «не знають, лівобічні чи правобічні молекули робити».

Вільям Ноулз розгорнув молекулу, розірвавши подвійний зв'язок. Коли вуглець утворює подвійні зв'язки, у нього виходять лише три «руки»: дві одинарні й подвійна. Атоми вуглецю з подвійними зв'язками зазвичай утворюють трикутні молекули, оскільки трикутне розташування утримує електрони якнайдалі один від одного (120 градусів). Коли подвійний зв'язок розривається, три «руки» вуглецю стають чотирма. У цьому разі доводиться утримувати електрони якнайдалі один від одного за допомогою не плаского квадрата, а тривимірного тетраедра. (Вершини в квадраті — 90 градусів, у тетраедрі — 109,5 градусів.) Але зайва «рука» може прорости над молекулою або під нею, що, зі свого боку, надасть молекулі або лівобічну або правобічну орієнтацію.

11. Як елементи обманюють

с. 169 «у підземних прискорювачах частинок».

Один мій професор з коледжу колись дуже зацікавив мене розповіддю про те, як у 1960-х кілька людей загинули від задушення азотом у прискорювачі частинок в Лос-Аламосі за обставин, дуже подібних до аварії в *NASA*. Після смертей в Лос-Аламосі мій професор додав 5 % вуглекислого газу до газоподібних сумішей у прискорювачах, що над ними він працював, як засіб безпеки. Пізніше він написав мені: «До речі, я перевіряв це приблизно за рік, коли один із наших аспірантів зробив те саме [тобто забув викачати інертне повітря і впустити назад кисневе повітря]. Я увійшов до барокамери, заповненої інертним газом... Тобто не встиг зайти, адже, тільки-но я просунув плечі крізь отвір, як уже був у відчаї, задихаючись через команди “дихай більше!” від мого дихального центру». Зазвичай у повітрі 0,03 % CO_2 , тому одне вдихання повітря, що містило 5 % вуглекислого газу, було приблизно в 167 разів потужнішим.

с. 173 «зі збільшенням кількості дуже швидко стає токсичним».

На свій сором і збентеження, 1999 року уряд США визнав, що свідомо піддав дії високих рівнів порошкоподібного берилію майже двадцять шість тисяч учених та техніків, причому в сотні з них розвинулися хронічна берилієва хвороба та пов'язані з нею захворювання.

Більшість отруєних людей працювали в аерокосмічній та оборонній промисловості й атомній енергетиці — у галузях, стосовно яких уряд вирішив, що вони занадто важливі, щоби їх зупинити або притримати, тому не вдосконалив стандарти безпеки й не розробив альтернативи берилію. У вівторок, 30 березня 1999 року, *Pittsburgh Post-Gazette* опублікувала на перших шпальтах довгу й жахливу презентацію. Вона отримала назву «Десятиліття ризику», але один із підписів краще передає суть історії: «Смертельний альянс: як промисловість та уряд обирали зброю проти робітників».

с. 174 «як-от магній і кальцій».

Однак учені з Центру хімічних відчуттів Monell у Філадельфії вважають, що, окрім солодкого, кислого, солоного, гіркого та пікантного (умами), люди мають і окремий, унікальний смак кальцію. Вони точно знайшли його в мишей, а деякі люди також реагують на збагачену кальцієм воду. То яким є смак кальцію? З повідомлення про висновки: «Кальцій має кальцієвий смак,— сказав [провідний учений Майкл] Тордофф.— Немає кращого слова для цього. Він трохи гіркий, можливо, навіть трохи кислуватий. Але там намішано набагато більше, оскільки існують справжні рецептори для кальцію».

с. 175 «звичайного піску».

Кислі смакові рецептори також можуть розряджатися. Вони здебільшого реагують на іон водню, H^+ , але 2009 року вчені виявили, що ці рецептори також можуть відчутти смак вуглекислого газу. (CO_2 поєднується з H_2O , утворюючи слабку кислоту H_2CO_3 , тож, можливо, саме тому ці смакові рецептори оживають.) Лікарі виявили це, оскільки деякі ліки, що відпускають за рецептом, мають побічний ефект — пригнічують здатність відчувати смак CO_2 . Отриманий медичний стан відомий як «блюз шампанського», оскільки всі газовані напої мають відповідний смак.

12. Політичні елементи

с. 184 «і вбила П'єра».

П'єр, можливо, і так не прожив би довго. Якось Резерфорд згадував, що спостерігав за П'єром Кюрі, коли той робив захопливий експеримент з радієм, котрий світився в темряві. Але в слабкому зеленому сяйві пильний Резерфорд помітив шрами, що вкривали набряклі й запалені пальці П'єра, і побачив, як тому важко було брати пробірку та маніпулювати нею.

с. 185 «від свого бурхливого особистого життя».

Детальніше про Марію Кюрі можна дізнатися з чудової книжки Шейли Джонс «Квантова десятка» (*The Quantum Ten*), яка розповідає про дивовижно суперечливі та примхливі перші дні квантової механіки близько 1925 року.

с. 185 «пляшки з водою, попередньо просоченою радієм та торієм».

Найвідомішою жертвою радієвого захоплення став сталевий магнат Ебен Баєрс, який щодня протягом чотирьох років випивав пляшку радієвої води «Радітор», переконаний, що це забезпечить йому щось на кшталт безсмертя. Як наслідок, він змарнів і помер від раку. Баєрс не був більш фанатичним щодо радіоактивності, ніж інші люди; він просто мав кошти купувати стільки води, скільки бажав. Журнал *Wall Street Journal* прокоментував його смерть заголовком «Радієва вода працювала чудово, поки не відвалилася щелепа».

с. 189 «щодо місця цього елемента в таблиці».

Про справжню історію відкриття гафнію можна дізнатися з книжки Еріка Скеррі «Періодична система» — детального й чудово документованого звіту про піднесення періодичної системи, що містить часто дивні філософії та світогляди людей, які її заснували.

с. 190 «особливу важку воду».

Гевеші проводив експерименти з важкою водою на собі, а також на золотих рибках і зрештою вбив кількох із них. Гілберт Льюїс також використовував важку воду в останній відчайдушній спробі отримати Нобелівську премію на початку 1930-х. Льюїс знав, що відкриття Гарольдом Юрі дейтерію — важкого водню з додатковим нейтроном — виграє Нобелівську премію, і це було відомо всім іншим ученим світу, зокрема самому Юрі. (Після здебільшого туманної кар'єри, яка містила глузування з боку його тещі, Гарольд повернувся додому одразу після виявлення дейтерію й сказав дружині: «Люба, наші проблеми закінчилися»).

Льюїс вирішив домогтися цієї гарантованої премії, дослідивши впливи води, отриманої з важкого водню, на біологічні об'єкти. Інші мали таку ж ідею, але фізичний факультет Берклі, який очолював Ернест О. Лоуренс, випадково мав найбільший у світі запас важкої води. У команди був резервуар з водою, яку вони роками використовували в експериментах з радіоактивністю, і в ньому накопичилася відносно велика кількість важкої води (кілька унцій). Льюїс благав Лоуренса дозволити йому відфільтрувати важку воду, і той погодився — за умови, що Льюїс поверне її після експериментів, оскільки це може виявитися важливим і в дослідженнях самого Лоуренса.

Льюїс порушив обіцянку. Виділивши важку воду, він вирішив дати її миші й подивитися, що станеться. Одним дивовижним ефектом важкої води, як і води в океані, є такий: що більше ви її п'єте, то сильніше відчуваєте спрагу, оскільки організм не може її метаболізувати. Гевеші проковтнув важку воду в незначних кількостях, тому його тіло цього не помітило, але миша Льюїса за кілька годин випила всю важку воду і зрештою загинула. Убивство миші навряд чи було справою, гідною Нобелівської премії, і Лоуренс ледь не вмер, коли дізнався, що паршива тварина випила і... е-е... виділила всю його дорогоцінну важку воду.

с. 192 «член комітету заблокував його кандидатуру з особистих причин».

Син Казімежа Фаянса Стефан Фаянс, який зараз є почесним професором внутрішньої медицини медичного факультету

Мічиганського університету, люб'язно надіслав мені інформацію електронним листом:

«1924-го мені було шість років, але ще тоді і, звичайно, в наступні роки я почув від свого батька деякі аспекти історії з Нобелівською премією. Що стокгольмська газета опублікувала заголовок “К. Фаянс отримає Нобелівську премію” (я не знаю, чи це було з хімії або фізики) — це не чутки, а факт. Пам'ятаю, побачив примірник тієї газети. Я також пам'ятаю, як бачив у цій газеті фото мого батька, що йшов повз будівлю в Стокгольмі (можливо, зроблене раніше) у дещо офіційному вбранні, але не [офіційному] на той час... Я чув, що впливовий член комітету заблокував нагороду моєму батькові з особистих причин. Чи це були чутки, чи той дійсний факт, неможливо дізнатися, не переглянувши протоколи засідань. Я вважаю, що вони таємні. Насправді я знаю, що мій батько розраховував отримати Нобелівську премію, бо про це йому натякали деякі відомі люди. Він розраховував отримати її в наступні роки... але цього ніколи не сталося, як відомо».

с. 192 «“протоактиній” закріпився».

Фактично Майтнер і Ган назвали свій елемент «протоактиній», і лише 1949 року вчені скоротили його, вилучивши зайве «о».

с. 195 «дисциплінарної упередженості, політичної тупості, необізнаності та поспіху».

У випуску *Physics Today* за вересень 1997 року («Нобелівська повість про повоєнні несправедливості» Елізабет Кроуфорд, Рут Левін Сайм та Марка Вокера) є чудовий аналіз Майтнер, Гана та присудження Нобелівської премії. Стаття є джерелом цитати про те, що Майтнер утратила премію через «дисциплінарну упередженість, політичну тупість, необізнаність та поспіх».

с. 196 «особливі правила іменування елементів».

Після того як для елемента запропоновано ім'я, воно отримує лише одну можливість на появу в періодичній таблиці. Якщо докази щодо

елемента розпадаються або якщо Міжнародний союз фундаментальної та прикладної хімії (*IUPAC*) винесе рішення проти такої назви, вона потрапляє до чорного списку. Це може здатися задовільним стосовно Отто Гана, але це також означає, що ніхто ніколи не може назвати елемент «жоліотієм» на честь Ірен або Фредеріка Жоліо-Кюрі, оскільки така назва колись була офіційною кандидатурою для елемента сто п'ять. Незрозуміло, чи має «гіорсій» ще один шанс. Можливо, назва «алгіорсій» підійшла б, хоча *IUPAC* ненавидить використання разом імен та прізвищ і фактично одного разу відхилив «нільсборій» на користь простого «борій» для елемента сто сім — рішення, яке не сподобалося західнонімецькій команді, яка виявила цей елемент, оскільки «борій» занадто схоже на «бор» і «барій».

13. Елементи як гроші

с. 201 «в Колорадо в 1860-х».

Той факт, що в горах Колорадо було виявлено сполуки золота з телуром, відображений у назві місцевого шахтарського містечка — Телурайд, штат Колорадо.

с. 205 «це називається флуоресценція».

Щоби пояснити деякі легко (і часто) плутані терміни, «люмінесценція» — це загальний термін для речовин, які поглинають та випромінюють світло, а «флуоресценція» — це миттєвий процес, описаний у цьому розділі. «Фосфоресценція» подібна до флуоресценції — вона складається з молекул, що поглинають високочастотне світло й випромінюють низькочастотне світло, але молекули, що фосфоресцирують, поглинають світло подібно до акумуляторної батареї та продовжують світитися ще довго після вимкнення світла. Очевидно, що назви «флуоресценція» та «фосфоресценція» походять від елементів періодичної системи фтору та фосфору — двох найвидатніших елементів у молекулах, які вперше продемонстрували ці риси хімікам.

с. 209 «за вісімдесят років, під час революції кремнієвих напівпровідників».

Закон Мура стверджує, що кількість кремнієвих транзисторів на мікро-чипі подвоюватиметься кожні вісімнадцять місяців — дивно, але це справедливо з 1960-х. Якби закон стосувався алюмінію, за два десятиліття після запуску Alcoa виробляла би 400 000 фунтів алюмінію на день, а не 88 000. Тож алюміній порався добре, але недостатньо добре, щоби перемогти свого сусіда в періодичній таблиці.

с. 209 «володів акціями Alcoa на суму 30 млн доларів».

Існують певні розбіжності щодо величини багатства Чарлза Голла - після його смерті. Тридцять мільйонів доларів — це верхня межа діапазону оцінок. Причиною плутанини може бути те, що Голл помер 1914 року, але обсяг його майна було встановлено лише за чотирнадцять років. Третина його майна дісталася Коледжу Оберлін.

с. 209 «орфографічна розбіжність».

Окрім відмінностей між мовами, інші розбіжності в орфографії трапляються з цезієм, який британці схильні писати «*caesium*» замість «*cesium*», та сіркою, чию назву «*sulfur*» багато людей все ще пишуть «*sulphur*». Ви можете довести, що елемент сто десять повинен писатися «менделєєвій», а не «менделевій», а елемент сто одинадцять — «*röntgenium*», а не «*roentgenium*».

14. Художні елементи

с. 211 «Сибіл Бедфорд могла писати».

Цитата з роману Сибіл Бедфорд «Спадщина».

с. 212 «скільки хобі».

Говорячи про дивні захоплення, я не можу не поділитися цим у книжці, сповненій вигадливих історій про елементи. Наведена нижче

анаграма виграла приз спеціальної категорії за травень 1999 року на вебсайті Anagrammy.com, і, як на мене, ця «подвійна анаграма» — загадка слова тисячоліття. Перша половина прирівнює тридцять елементів періодичної таблиці до тридцяти інших елементів:

водень + цирконій + олово + кисень + реній + платина + телур +
+ тербій + нобелій + хром + залізо + кобальт + вуглець + алюміній +
+ рутеній + кремній + ітербій + гафній + натрій + селен + церій +
+ манган + осмій + уран + нікель + празеодим + ербій + ванадій +
+ талій + плутоній

=

азот + цинк + родій + гелій + аргон + нептуній + берилій + бром +
+ лютецій + бор + кальцій + торій + ніобій + лантан + ртуть + фтор +
+ бісмут + актиній + срібло + цезій + неодим + магній + ксенон +
+ самарій + скандій + європій + берклій + паладій + стибій + тулій.

Це досить дивно, навіть якщо кількість закінчень *-ий* трохи пом'якшила труднощі. Фокус полягає в тому, що в разі заміни кожного елемента його атомним номером анаграма все одно балансує:

1 + 40 + 50 + 8 + 75 + 78 + 52 + 65 + 102 + 24 + 26 + 27 + 6 + 13 + 44 +
+ 14 + 70 + 72 + 11 + 34 + 58 + 25 + 76 + 92 + 28 + 59 + 68 + 23 + 81 +
94

=

7 + 30 + 45 + 2 + 18 + 93 + 4 + 35 + 71 + 5 + 20 + 90 + 41 + 57 + 80 +
+ 9 + 83 + 89 + 47 + 55 + 60 + 12 + 54 + 62 + 21 + 63 + 97 + 46 + 51 + 69

=

1416.

Як зазначив автор анаграми Майк Кіт, «це найдовша з усіх колишніх побудованих подвійно-правильних анаграм (з використанням хімічних елементів або будь-якого іншого набору цього типу, наскільки мені - відомо)».

Крім цього, є також незрівнянна пісня Тома Лерера «The Elements». Він адаптував мелодію з «*I Am the Very Model of a Modern Major-General*» Гілберта і Саллівана, і в ній він називає кожен елемент

періодичної таблиці за жваві вісімдесят шість секунд. Подивіться це на *YouTube*: «Тут є стибій, арсен, алюміній, селен...»

с. 213 «плутоністами».

Плутоністів іноді також називали вулканістами, за іменем бога вогню Вулкана. Цей псевдонім підкреслював роль вулканів у формуванні гірських порід.

с. 215 «зі стовпців Деберайнера».

Деберайнер назвав свої групи елементів не тріадами, а спорідненостями, частиною своєї більшої теорії хімічних спорідненостей — терміном, що надихнув Гете (який часто відвідував лекції Деберайнера в Єні) на назву «Виборні спорідненості».

с. 216 «за кілька дюймів від величності».

Ще одним величним дизайном, натхненним елементами, є дерев'яний періодичний стіл — журнальний столик, побудований Теодором Гресем. Стіл має зверху понад сто слотів, у яких Грей зберігає зразки кожного елемента, зокрема багато виключно штучних. Звичайно, у нього є лише незначні кількості. Його зразки францію та астата, двох найрідкісніших природних елементів, насправді є шматками урану. Аргумент Грея полягає в тому, що десь глибоко всередині цих шматків є принаймні кілька атомів кожного з них, що є правдою і, чесно кажучи, відповідає загальній картині, бо вчені отримали мізерну кількість цих елементів. До того ж, оскільки більшість елементів — це сірі метали, їх у будь-якому разі важко відрізнити.

с. 218 «рутеній почав закривати кожен *Parker 51* із 1944 року».

Детальніше про металургію ручки *Parker 51* можна прочитати в статті «Хто була ця людина?» Даниеля А. Зазове та Л. Майкла Фульца, що з'явилася восени 2000 року у випуску *Pennaut*, домашньому виданні організації американських колекціонерів ручок (*PSA*). Стаття є прекрасним прикладом оповіді відданого аматора — збереження незрозумілого, але чарівного шматочка американської історії. До

інших ресурсів інформації про ручку *Parker* належать Parker51.com та Vintagepens.com.

Знаменитий наконечник *Parker 51* насправді складався з 96 % рутенію та 4 % іридію. Компанія рекламувала перо як виготовлене з надміцного «платенію», мабуть, щоб увести в оману конкурентів, примусивши їх думати, що ключовою складовою є дорога платина.

с. 219 «який компанія все-таки надрукувала».

Ось текст листа, що Твен надіслав *Remington* (компанія надрукувала дослівно):

«Панове! Будь ласка, не використовуйте мого імені в жодний спосіб. Будь ласка, не розголошуйте той факт, що я є власником машини. Я повністю перестав користуватися нею з тієї причини, що ніколи не міг написати нікому листа, бо у відповідь мене обов'язково просять не лише описати машину, але й розповісти, якого прогресу я досяг в її використанні тощо, тощо. Я не люблю писати листи, і тому я не хочу, аби люди знали, що я є власником цього маленького жартівника, котрий породжує цікавість. З повагою, Семюель Л. Клеменс».

15. Елемент божевілля

с. 225 «патологічна наука».

Заслуга створення терміна «патологічна наука» належить хіміку Ірвінгу Ленгмюру, який виголосив про це промову в 1950-х. Дві цікаві примітки про Ленгмюра. Він був тим молодшим, яскравішим колегою, чия Нобелівська премія та нахабство за обідом могли змусити Гілберта Льюїса вбити себе (див. Розділ 1). Пізніше Ленгмюр став одержимий контролем погоди за допомогою засівання хмар — заплутаного процесу, який надзвичайно близький до того, щоби стати патологічною наукою. Навіть великі не застраховані.

Написавши цей розділ, я дещо відійшов від наданого Ленгмюром опису патологічної науки, який був досить вузьким і формальним. Інший погляд на значення патологічної науки походить від Деніса

Руссо, який 1992 року написав для *American Scientist* найвищої якості статтю під назвою «Тематичні дослідження в патологічній науці». Однак я також віддаляюся й від Руссо, здебільшого щоби додати науки на кшталт палеонтології, що не настільки керована даними, як інші, більш відомі випадки патологічної науки.

с. 226 «Філіп помер у морі».

Філіп Крукс, брат Вільяма, загинув на судні, що проклало деякі з перших трансатлантичних кабелів для телеграфних ліній.

с. 227 «надприродних сил».

Вільям Крукс мав містичний, пантеїстичний, похідний від Спінози погляд на природу, у якому все бере участь в «єдиному виді матерії». Це, вірогідно, пояснює, чому він гадав, що зможе спілкуватися з привидами та духами, оскільки був частиною того самого матеріалу. Однак, якщо замислитися, ця думка досить дивна, оскільки Крукс створив собі ім'я, відкриваючи нові елементи — які за визначенням є різними формами матерії!

с. 229 «з манганом та мегалодоном».

Більш докладно про зв'язок між мегалодоном та манганом написав Бен С. Реш, який восени 1998 року опублікував у *The Cryptozoology Review* (що за слово — «криптозоологія»!) статтю, де оцінюється, наскільки неможливою є думка, що мегалодон вижив, і переглянув цю тему 2002 року.

с. 230 «розпочалася з мангану».

Стосовно іншого дивного зв'язку між елементами та психологією Олівер Сакс зазначає в «Пробудженні», що передозування мангану може завдати шкоди людському мозку та спричинити той самий вид хвороби Паркінсона, який він лікував у своєму шпиталі. Звичайно, це рідкісна причина хвороби Паркінсона, і лікарі не зовсім розуміють, чому цей елемент націлений на мозок замість, як більшість токсичних елементів, переслідувати інші життєво важливі органи.

с. 232 «дюжину африканських слонів-самців».

Розрахунок маси слонів-самців зроблено в такий спосіб. За даними зоопарку Сан-Дієго, найбільший із колись зафіксованих слонів важив приблизно 24000 фунтів (майже 11 тонн). Люди та слони складаються з однієї основної речовини — води, тому їхня густина однакова. Щоби з'ясувати відносний об'єм, якби в людей був апетит до паладію, ми можемо просто помножити масу 250-фунтової людини (113 кг) на 900 і розділити це число (225000) на масу слона. Це дає 9,4 слона — проковтнутого. Але пам'ятайте, що то був найбільший слон за всю історію, який мав заввишки 13 футів (приблизно 4 м) біля плечей. Вага звичайного слона-самця ближче до 18 000 фунтів, що дає приблизно дюжину проковтнутих тварин.

с. 235 «кращий і стисліший опис патологічної науки».

Статтю Девіда Гудштейна про холодний синтез було озаглавлено «Що б не сталося з холодним синтезом?». Вона з'явилася восени 1994 року у випуску *American Scholar*.

16. Шлях хімії, шлях нижче нуля

с. 244 «звинуватити неупереджену хімію виявилось простіше».

Теорія, згідно з якою олов'яна чума прирекла Роберта Фолкона Скотта, схоже, виникла в статті *The New York Times*, хоча ця стаття висунула гіпотезу, що невдалими були самі банки-контейнери, у яких команда Скотта зберігала продукти харчування та інші припаси. Лише згодом люди почали звинувачувати у розпаді олов'яний припій. Існує також неймовірно багато варіацій того, що саме, за твердженнями істориків, Скотт використовував для припою: ідеться і про шкіряні пломби, і про чисте олово, і про олов'яно-свинцеву суміш тощо.

с. 244 «вирушають у вільне плавання».

Плазма насправді є найпоширенішою формою матерії у Всесвіті, оскільки вона є основною складовою зір. Ви можете знайти плазму (хоч і дуже холодну) у верхів'ях земної атмосфери, де космічні промені

сонця іонізують ізольовані молекули газу. Ці промені допомагають створювати на крайній півночі моторошні природні світлові шоу, відомі як полярне сяйво. Такі швидкісні зіткнення також породжують антиматерію.

с. 244 «суміш двох станів».

Інші колоїди, крім желе,— це туман, збиті вершки та деякі типи кольорового скла. Тверді піни, згадані в Розділі 17, у яких газову фазу вкраплено по твердому тілу, також є колоїдами.

с. 245 «кристал із ксеноном».

Бартлетт провів вирішальний експеримент із ксеноном у п'ятницю, і підготовка забрала в нього цілий день. Коли вчений розбив скляну плумбу й побачив, як відбувається реакція, було вже після 19:00. Його це так схвилювало, що він вискочив у коридор свого лабораторного корпусу і почав гукати колег. Але всі вони вже поїхали додому на вихідні, тож він мусив святкувати наодинці.

с. 248 «Роберта Шріффера».

У моторошній кризі похилого віку один із тріо БКШ, Шріффер, убив двох людей, паралізував одну людину та поранив ще п'ятьох у жахливій автомобільній катастрофі на каліфорнійській трасі. Після дев'яти штрафів за перевищення швидкості сімдесятичотирирічного Шріффера тимчасово позбавили прав, але він таки вирішив проїхати на своєму новому спортивному «мерседесі» із Сан-Франциско до Санта-Барбари і мчав зі швидкістю далеко за тризначною позначкою. Попри такі цифри, він якось зумів заснути за кермом і врізався у фургон зі швидкістю 111 миль/год (178 км/год). Він мав бути засуджений до восьми місяців окружної тюрми, доки родини жертв не дадуть свідчень, але суддя сказав, що Шріффер «повинен скуштувати смаку в'язниці штату». Associated Press цитує його колишнього колегу Леона Купера, який із недовірою бурмотів: «Це не той Боб, з яким я працював... Це не той Боб, якого я знав».

с. 251 «майже».

Кінець безкоштовного уривку. Щоби читати далі, придбайте, будь ласка, повну версію книги.

На жаль, цей розділ недоступний у безкоштовному уривку.