

# ВСТУП

Дві найбільші загадки в усій природі – це розум і Всесвіт. Потужні технології дали нам змогу сфотографувати галактики на відстані кількох мільярдів світлових років, маніпулювати генами, що керують життям, і дослідити внутрішню будову атома, однак розум і Всесвіт досі нам не підвладні. Це найтаємничіші й найзвабливіші рубежі сучасної науки.

Якщо хочете пізнати велич Усесвіту, просто погляньте вночі на небо, осяяне мірадами зірок. Відколи наші предки вперше замилювалися розкішшю зоряного неба, ми ламаємо голову над вічними запитаннями: звідки все це взялося? Що це все означає?

Щоб усвідомити загадку розуму, варто лише подивитися в дзеркало й запитати себе: а що криється там – позаду очей? Тоді виникають наступні запитання на кшталт: чи є в нас душа? Що відбувається з нами після смерті? Хто такий врешті-решт “я”? І що найважливіше, після цього ми приходимо до головного запитання: де наше місце в цій грандіозній космічній схемі? Відомий біолог вікторіанської доби Томас Гакслі якось сказав: “Для людства питання з усіх питань, проблема, що стосується всіх інших і водночас цікавіша за будь-яку іншу, – яке місце людини в Природі та який її зв’язок із Космосом”.

Галактика Чумацький Шлях налічує 100 мільярдів зірок; приблизно стільки ж нейронів у людському мозку. Ми мусили б подолати відстань у двадцять чотири трильйони миль до першої зірки поза межами Сонячної системи, щоб знайти настільки ж складний об'єкт, як той, що носимо на плечах.<sup>1</sup> Розум і Всесвіт – це найскладніші наукові проблеми; водночас між ними існує цікавий зв'язок. З одного боку, вони діаметрально протилежні. Всесвіт – це безкраї простори відкритого космосу, де трапляються дивовижні явища – чорні діри, вибухи зірок та зіткнення галактик. Розум – це наш внутрішній світ, де живуть наші найпотаємніші надії та бажання. Розум – не далі, ніж наша наступна думка, однак якби нас попросили описати чи пояснити, що це таке, то ми б, напевно, розгубилися.

Попри таку відмінність, розум і Всесвіт пов'язані спільною історією і схожим нарративом. Обидва споконвіку були оповиті забобонами й магією. Астрологи й френологи заявляли, що знаходять суть Усесвіту в кожному сузір'ї зодіаку і в кожній гульці на голові. А читачів думок і провидців у різні часи то шанували, то проклинали.

Усесвіт і розум і надалі перетинаються в різних точках, великою мірою завдяки деяким революційним ідеям, що на них часто можна натрапити в творах наукової фантастики. Читаючи такі книжки в дитинстві, я мріяв належати до сленів – раси телепатів, яку вигадав А. Е. ван Вогт. Я захоплювався тим, як у трилогії Айзека Азімова *Заснування* мутант на ім'я Мул завдяки надзвичайним телепатичним здібностям майже здобув владу над Галактичною імперією. У фільмі *Заборонена планета* мене вражало те, як розвинута цивілізація, що випереджає нашу на мільйони років, спромоглася використати свою величезну телекінетичну силу й змінити дійсність відповідно до власних примх і бажань.

Пізніше, коли мені було приблизно десять років, на телебаченні з'явився *Чудовий Даннінгер*. Цей чоловік вражав аудиторію видовищними трюками. Його гаслом було: “Тому, хто вірить, пояснення не потрібне; хто ж не вірить, не вдовольниться жодним”. Одного дня Даннінгер заявив, що передасть свої думки мільйонам людей по всій країні. Тоді заплющив очі й почав концентруватися, сказавши, що “передає” ім'я одного з президентів Сполучених Штатів. Він попросив людей записати на поштівці ім'я, яке їм першим спало на думку, й вислати йому. Наступного тижня Даннінгер переможно заявив, що одержав тисячі поштівок з ім'ям “Рузвельт” – тим самим, яке він “передавав” по всіх Сполучених Штатах.

На мене це не справило враження. На той час заслуги Рузвельта ще добре пам'ятали ті, хто пережив Велику депресію й Другу світову війну, тож нічого дивного не сталося. (Як на мене, було б справді дивно, якби Даннінгер подумав про президента Мілларда Філлмора.)

Однак це таки розбурхало мою уяву; я не втримався й сам почав експериментувати з телепатією. Я заплющував очі, максимально зосереджувався й намагався “слухати” думки інших, а також перемішати предмети в кімнаті силою думки.

У мене нічого не вийшло.

Можливо, десь на Землі й жили телепати, але я до них не належав. Згодом я почав розуміти, що дивовижні трюки телепатів, мабуть, насправді неможливі – принаймні без сторонньої допомоги. З часом я поступово засвоїв ще один урок: щоб розкрити найбільші таємниці Всесвіту, не потрібні телепатичні чи надлюдські здібності. Потрібний лише відкритий, цілеспрямований і допитливий розум. Зокрема, щоб з'ясувати, чи можуть чудернацькі пристрої з наукової фантастики існувати в реальному житті, треба зануритися в світ сучасної фізики. Щоб чітко визначити ту межу, де можливе стає неможливим, треба знати закони фізики.

Ці дві пристрасті всі ці роки збуджували мою уяву: я хотів досягнути фундаментальні закони фізики й зрозуміти, як наука в майбутньому вплине на наше життя. Аби проілюструвати це й поділитися захватом від дослідження основних законів фізики, я написав книжки *Гіперпростір*<sup>1</sup>, *За межами Айніштайна й Паралельні Світи*. Щоб описати своє захоплення майбутнім, я написав *Візії*<sup>2</sup>, *Фізику неможливого* та *Фізику майбутнього*<sup>3</sup>. У процесі роботи над цими книжками я постійно утверджувався в думці, що людський розум залишається однією з наймогутніших і найзагадковіших сил у світі.

І справді, впродовж майже всієї історії людства ми не розуміли, що таке розум і як він працює. Давні єгиптяни, попри всі їхні славетні досягнення в мистецтві й науках, вважали, що мозок – непотрібний орган, і викидали його, коли бальзамували фараонів. Арістотель був переконаний, що душа живе в серці, а не в мозку, чия єдина функція – охолоджувати серцево-судинну систему. Інші, зокрема Декарт,

<sup>1</sup> Кайку М. *Гіперпростір* / Пер. з англ. А. Кам'янець. – Львів: Літопис, 2005. – 458 с.

<sup>2</sup> Кайку М. *Візії* / Пер. з англ. А. Кам'янець. – Львів: Літопис, 2004. – 543 с.

<sup>3</sup> Кайку М. *Фізика майбутнього* / Пер. з англ. А. Кам'янець. – Львів: Літопис, 2013. – 432 с.

думали, що душа входить у тіло через малесеньку пінеальну залозу в мозку. Проте за браком твердих доказів жодну з цих теорій не можна було довести.

“Темна епоха” тривала тисячі років, і на те були об’єктивні причини. Мозок важить лише три фунти, однак це найскладніший об’єкт у всій Сонячній системі. На нього припадає лише 2 відсотки ваги тіла, проте він має “вовчий” апетит і споживає цілих 20 відсотків загальної енергії (у новонароджених мозок споживає аж 65 відсотків енергії); водночас за мозок відповідає 80 відсотків наших генів. Науковці вважають, що всередині нашого черепа міститься 100 мільярдів нейронів і на кілька порядків більше нейронних зв’язків та ланцюжків.

У 1977 році астроном Карл Саган написав книжку *Драconi Едему*, яка принесла йому Пулітцерівську премію і в якій він підсумував усе, що було на той час відомо про мозок. Книжка була написана чудово; автор намагався описати найновіші здобутки нейробіології, яка тоді розвивалася здебільшого в трьох основних напрямках. Перший – порівняння мозку людини з мозком інших біологічних видів. Ця справа була марудна й складна, оскільки передбачала розтинання мозків тисяч тварин. Другий метод теж був непрямий – спостереження за жертвами інсультів і хвороб, які часто поводяться нестандартно через захворювання. Лише посмертний розтин міг показати, яка саме частина мозку функціонувала неправильно. Третім методом було досліджувати мозок за допомогою електродів і терпляче, крок за кроком визначати, яка частина мозку відповідає за ті чи інші функції.

Утім основні інструменти нейробіології не забезпечували системного способу дослідження мозку. Неможливо просто замовити інсультника з ушкодженням саме тієї частини мозку, яку ви хочете досліджувати. Оскільки мозок – це жива, динамічна система, розтини часто не розкривали найцікавіших особливостей, а саме: як частини мозку взаємодіють між собою, – а тим паче, як вони породжують такі різні почуття, як кохання, ненависть, ревності чи цікавість.

## ДВІ РЕВОЛЮЦІЇ

Чотириста років тому ми винайшли телескоп, і майже відразу цей новий чудесний пристрій розкрив нам суть небесних тіл. Це був найреволюційніший пристрій за всі часи. Зненацька ми побачили на

власні очі, як міфи й догми минулого розвіюються, наче вранішній туман. Замість досконалих зразків божественної мудрості ми побачили в небі щось інше: виявилось, що Місяць має кратери нерівної форми, Сонце – темні плями, Юпітер – власні місяці, Венера – фази, а Сатурн – кільця. За п'ятнадцять років з часу винайдення телескопа ми дізналися про Всесвіт більше, ніж за всю історію людства.

Подібно до винайдення телескопа, поява в середині 1990–2000-х рр. МРТ та інших новітніх методів візуалізації головного мозку змінили нейробиологію. За останні п'ятнадцять років ми дізналися про мозок більше, ніж за всю попередню історію людства, і ось нарешті розум, що колись вважався недосяжним для науки, стає центральним об'єктом досліджень.

Нобелівський лауреат Ерік Кандел з Інституту Макса Планка в Тюбінгені (Німеччина) пише: “Найцінніші здогадки стосовно природи людського розуму, що з'явилися в цей період, походять не від тих дисциплін, що традиційно досліджують розум, – філософії, психології чи психоаналізу. Натомість вони походять від злиття цих дисциплін із біологією мозку...”<sup>2</sup>

Фізики зіграли в цих досягненнях ключову роль, створивши цілу низку нових засобів з назвами-абревіатурами на кшталт МРТ (магнітно-резонансна томографія), ЕЕГ (електроенцефалографія), ПЕТ (позитронно-емісійна томографія), КТ (комп'ютерна томографія), ТЕС (транскраніальна електромагнітна стимуляція) і ГСМ (глибока стимуляція мозку), що докорінно змінили дослідження мозку. Завдяки цим пристроям ми раптом змогли побачити, як думки рухаються в живому активному мозку. Як зауважив невролог В. С. Рамачандрян з Каліфорнійського університету в Сан-Дієго, “все те, чим філософи займалися впродовж тисячоліть, ми, науковці, тепер можемо досліджувати за допомогою нейровізуалізації, а також вивчаючи пацієнтів і ставлячи їм потрібні запитання”.<sup>3</sup>

Озираючись на минуле, можу сказати, що деякі мої ранні вилазки в світ фізики перетиналися з тими технологіями, які сьогодні дають змогу науковцям досліджувати розум. Приміром, у старшій школі я дізнався про нову форму матерії, яку називають антиматерією, й вирішив виконати науковий проект на цю тему. Оскільки антиматерія – одна з найекзотичніших речовин на Землі, то мені довелося звернутися до колишньої Комісії з атомної енергії, щоб добути мізерну кількість натрію-22 – речовини, що випромінює позитивно зарядже-

ні електрони (позитрони). Заволодівши цією крихітною порцією, я зумів створити камеру Вільсона й потужне магнітне поле, що дало мені змогу сфотографувати сліди пари, залишені частинками антиматерії. На той час я ще не знав, що незабаром натрій-22 почнуть використовувати у новій технології з назвою ПЕТ (позитронно-емісійна томографія), яка відкриє нам нові приголомшливі факти про діяльність мозку.

Іншою технологією, з якою я експериментував у старшій школі, був магнітний резонанс. Я прослухав лекцію Фелікса Блоха зі Стенфордського університету – науковця, котрий 1952 року одержав Нобелівську премію з фізики разом із Едвардом Перселлом за відкриття ядерного магнітного резонансу. Доктор Блох пояснив нам, старшокласникам, що в потужному магнітному полі атоми вишиковуються вертикально, мов стрілки компаса. Якщо скерувати на ці атоми радіоімпульс точної резонансної частоти, то можна змусити їх перевернутися. Коли ж вони зрештою обернуться назад, то видадуть іще один імпульс на зразок луни, що дасть змогу ідентифікувати ці атоми. (Згодом я використав принцип магнітного резонансу, щоб сконструювати в маминому гаражі прискорювач частинок з енергією 2,3 мільйона електрон-вольт.)

Уже через кілька років, вступивши до Гарварду, я мав честь вивчати електродинаміку під керівництвом доктора Перселла. Приблизно в той самий період я знайшов собі роботу на літо й мав нагоду попрацювати з доктором Річардом Ернстом, який намагався узагальнити праці Блоха та Перселла з магнітного резонансу. Він досяг великих успіхів і зрештою одержав Нобелівську премію з фізики 1991 року за те, що заклав основи сучасної магнітно-резонансної томографії. Магнітно-резонансний томограф, своєю чергою, дав нам детальні фотографії живого мозку – навіть детальніші, ніж ПЕТ-зображення.

## **ЗБІЛЬШЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ РОЗУМУ**

Зрештою я став професором теоретичної фізики, однак моє зацікавлення розумом нікуди не поділося. Дивовижно, як лише за останні десять років досягнення в фізиці зробили реальністю деякі трюки менталізму, якими я захоплювався в дитинстві. За допомогою МРТ науковці тепер можуть читати думки, що циркулюють у нашому

мозку. Крім того, вони можуть вживити в мозок паралізованої людини чіп і під'єднати його до комп'ютера, і така людина може самою лише силою думки мандрувати інтернетом, читати й писати електронні листи, грати у відеоігри, керувати інвалідним візком, оперувати побутовими приладами чи маніпулювати механічними руками. По суті, такі пацієнти можуть робити все те саме, що й звичайна людина, тільки за допомогою комп'ютера.

Сьогодні вчені йдуть навіть далі – вони під'єднують мозок безпосередньо до екзоскелета, який ці пацієнти надягають на свої паралізовані кінцівки. Може статися так, що колись люди з паралізованими кінцівками житимуть майже нормальним життям. Крім того, екзоскелети можуть дати нам надзвичайні можливості, що допоможуть виживати в смертельно небезпечних ситуаціях. Можливо, колись наші астронавти навіть досліджуватимуть інші планети, подумки керуючи механічними сурогатами і залишаючись при цьому у своїх комфортних земних домітках.

Може статися, що колись ми навчимося, як у фільмі *Матриця*, завантажувати в мозок спогади й навички за допомогою комп'ютерів. У досліджах із тваринами науковцям уже вдавалося вносити в мозок спогади. Можливо, це лише питання часу, і колись ми зможемо вносити штучні спогади і в наш мозок – і вивчати таким способом нові предмети, знайомитися з новими місцями й опановувати нові хобі. А якщо ми навчимося завантажувати технічні навички в мозок робітників чи науковців, то це може навіть уплинути на світову економіку. Можливо, ми навіть умітимемо ділитися цими спогадами одне з одним. Імовірно, колись науковці створять такий собі “інтернет розуму”, або ж брейн-нет, за допомогою якого ми розсилатимемо думки й емоції по всьому світу електронними засобами. Навіть сні можна буде записувати у вигляді відеофайлів і розсилати “брейн-мейлом” по всьому інтернету.

Можливо, технології також допоможуть нам удосконалити наш інтелект. На сьогодні вже відбувся певний поступ у розумінні надзвичайних можливостей так званих “савантів”, чії розумові, артистичні й математичні здібності справді вражають. До того ж зараз науковці секвенують гени, що відрізняють нас від людиноподібних мавп, і це дає нам унікальний шанс краще зрозуміти еволюцію мозку. У тварин уже визначено гени, що можуть поліпшити пам'ять і підвищити розумові здібності.

Захоплення від цих революційних відкриттів та їхні перспективи такі величезні, що вони вже привернули увагу політиків. Щобільше, наука про мозок раптом стала джерелом трансатлантичного суперництва між найбільшими економічними гігантами планети. У січні 2013 року президент США Барак Обама і Європейський Союз оголосили про старт двох незалежних проектів зворотного конструювання мозку, які з часом можуть одержати багатомільярдне фінансування. Розшифрування складної нейронної мережі мозку, що колись уважалось абсолютно недосяжним для сучасної науки, тепер є метою двох потужних проектів, які, подібно до проекту *Геном людини*, докорінно змінять науку й медицину. Ці дослідження не тільки допоможуть нам по-новому зрозуміти природу мозку, а й спричинять появу нових галузей виробництва, поживлять економічну активність і відкриють нові обрії в нейробіології.

Можна припустити, що коли ми повністю розшифруємо нейронні ланцюжки мозку, то зрозуміємо точні причини психічних хвороб і, ймовірно, навчимося лікувати ці прадавні недуги. Таке розшифрування також дасть нам змогу копіювати мозок, а це вже порушує деякі філософські та етичні питання. Хто ми такі, якщо нашу свідомість можна завантажити в комп'ютер? Ми також можемо побавитися з концепцією безсмертя. Наше тіло з часом старіє і вмирає, але, можливо, наша свідомість може жити вічно?

А крім того, можливо, колись у далекому майбутньому розум звільниться від тілесних пут і блукатиме поміж зірок, як припускають деякі науковці. Можна уявити, що через багато сторіч ми зможемо записати всю нашу нейронну схему на лазерні промені й послати у далекий космос – це, мабуть, найзручніший спосіб для нашої свідомості досліджувати зірки.

Тепер відкриваються нові блискучі перспективи для наукових досліджень, що змінять долю людства. Розпочинається золотий вік нейробіології.

Роблячи ці передбачення, я користувався безцінною допомогою науковців, які великодушно дозволили мені брати в них інтерв'ю, транслювати їхні ідеї по національному радіо й навіть приводити в їхні лабораторії знімальні групи. Це науковці, які зараз закладають фундамент майбутнього розуму. Аби включати їхні ідеї в цю книжку, я висував лише дві вимоги: їхні передбачення мусять чітко відповідати законам фізики; для всіх ідей мусять існувати прототипи, що підтверджують принципову можливість їх утілення.